

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE ENMIENDAS INORGÁNICAS Y ORGÁNICAS EN SUELOS
CONTAMINADOS CON NÍQUEL (Ni) CULTIVADOS CON PALMA DE ACEITE (*Elaeis
guineensis* Jacq) EN EL ESTOR, IZABAL, GUATEMALA.**

RAÚL ELIAZAR LEMUS GARZA

GUATEMALA, FEBRERO 2016

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE ENMIENDAS INORGÁNICAS Y ORGÁNICAS EN SUELOS
CONTAMINADOS CON NÍQUEL (Ni) CULTIVADOS CON PALMA DE ACEITE (*Elaeis
guineensis* Jacq) EN EL ESTOR, IZABAL, GUATEMALA.**

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

POR

RAÚL ELIAZAR LEMUS GARZA

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA
COMO INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, FEBRERO 2016

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

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br. Juan José Caná Aguilar
VOCAL QUINTO	MEH. Rut Raquel Curruchich Cúmez
SECRETARIO ACADÉMICO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, FEBRERO 2016

Guatemala, febrero 2016

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: **“Evaluación de enmiendas inorgánicas y orgánicas en suelos contaminados con níquel (Ni) cultivados con palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en El Estor, Izabal, Guatemala”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,
“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Raúl Eliazar Lemus Garza

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios: Creador omnipotente, por concederme la dicha de vivir, fortaleza, salud y sabiduría para alcázar mis metas, reconociendo que sin él no soy nada.

Mis padres: Raúl Irineo Lemus Sandoval e Irma Yolanda Garza Girón, por ser padres cariñosos y por haber inculcado en mí el afán de luchar siempre para alcanzar las metas propuestas.

Mis hermanas: Fulvia, Yeimy, Ana Maria, Delmy, Sindy y Karla Lemus Garza por su apoyo a lo largo de mi carrera y que este éxito sea dividido entre nosotros, gracias.

Mis hermanos: Ariel Alexander Lemus Garza, mi eterno amigo y compañero, quien siempre me ha apoyado durante la formación de mi vida profesional y en especial a mi hermano Herminio Antonio Lemus Garza (Q.E.P.D) quien me enseñó a ser fuerte ante las situaciones difíciles de la vida.

Mis Tíos y Primos: por compartir conmigo sus experiencias y sus consejos emotivos, gracias.

AGRADECIMIENTOS

A:

MI CASA DE ESTUDIOS: La Universidad de San Carlos de Guatemala en especial a la Facultad de Agronomía, por haberme dado las herramientas necesarias para facilitar mi formación como Ingeniero Agrónomo.

MIS CATEDRATICOS: gracias por haber compartido conmigo sus conocimientos adquiridos a lo largo de sus carreras.

MI SUPERVISOR: Ing. Cesar Linneo, por haberme brindado su confianza y apoyo durante el transcurso del EPS.

MI ASESOR: Dr. Aníbal Sacbajá por su constante aporte de conocimientos, consejos y colaboración en la realización de esta investigación.

NATURACEITES: Por la oportunidad de realizar mi EPS dentro de un ambiente de profesionalismo.

MIS AMIGOS: Con los que compartí gratos momentos y que han demostrado su amistad, gracias por brindarme su cariño.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	ix
 CAPÍTULO I:	
 DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN DEL DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA DE NATURACEITES S. A., EN LA REGIÓN POLOCHIC EL ESTOR, IZABAL, GUATEMALA.....	
	1
1.1. PRESENTACIÓN	2
1.2. MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1. Localización	3
A. Macro localización	3
B. Micro localización	3
1.2.2. Vía de acceso	4
1.2.3. Precipitación	5
1.2.4. Temperatura y velocidad del viento	5
1.2.5. Latitud y longitud.....	5
1.2.6. Suelos.....	5
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. General.....	6
1.3.2. Específicos	6
1.4. METODOLOGÍA	7
1.4.1. Fase inicial de gabinete	7
1.4.2. Fase de recopilación de información	7
1.4.3. Fase de gabinete final	8
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
1.5.1. Descripción general de la empresa	8
1.5.2. Visión.....	9
1.5.3. Departamento Técnico Agrícola	9
A. Organigrama.....	9

	Página
B. Descripción del Departamento Técnico Agrícola	9
1.5.4. Área de investigación	10
A. Descripción de cada experimento establecido	10
1.5.5. Problemas encontrados	13
1.6. CONCLUSIONES.....	15
1.7. RECOMENDACIONES	15
1.8. BIBLIOGRAFÍA	16
CAPÍTULO II	
EVALUACIÓN DE TRES ENMIENDAS INORGÁNICAS Y ORGÁNICAS EN SUELOS CON CONCENTRACIONES ALTAS DE NÍQUEL (Ni) EN PLANTACIONES DE PALMA DE ACEITE (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq) EN FINCA RÍO ZARCO, EL ESTOR, IZABAL.....	17
2.1. PRESENTACIÓN.....	18
2.2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	19
A. Taxonómica y morfología	19
B. Requerimientos climáticos.....	22
C. Requerimientos, deficiencias y funciones de los nutrientes.....	23
D. Ácido Fosfónico-Ácido Carboxílico	28
E. Compost	29
2.2.2. MARCO REFERENCIAL	30
A. Ubicación Geográfica	30
B. Antecedentes.....	30
2.3. OBJETIVOS	32
2.3.1. General.....	32
2.3.2. Específicos	32
2.4. HIPÓTESIS	32
2.5. METODOLOGÍA	33
2.5.1. Variedad evaluada.....	33
2.5.2. Materiales evaluados.....	33
2.5.3. Diseño experimental	33

	Página
2.5.4. Tratamientos.....	33
2.5.5. Medición de las variables	34
A. Niveles de níquel en el suelo	34
B. Niveles de níquel en el follaje	34
C. Parámetros de crecimiento	35
2.5.6. Manejo agronómico	35
2.5.7. Aplicación de productos evaluados	35
2.5.8. Análisis de la información	36
2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
2.6.1. Concentraciones de níquel, hierro y zinc (mg.kg ⁻¹) en el suelo.	37
2.6.2. Niveles de, hierro, manganeso, zinc y níquel en el tejido vegetal.	43
2.6.3. Parámetros de crecimiento y mosaico.....	46
2.7. CONCLUSIONES.....	49
2.8. RECOMENDACIÓN	49
2.9. BIBLIOGRAFÍA	50
2.10. ANEXOS.....	52
CAPÍTULO III	
SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA NATURACEITES, S.A. EI ESTOR,	
IZABAL, GUATEMALA.....	
3.1. SERVICIO I.....	55
3.1.1. PRESENTACIÓN	55
3.1.2. MARCO CONCEPTUAL.....	56
A. Taxonomía de Calyptocephala gerstaeckeri.....	56
B. Generalidades de Chysomelidae.....	56
C. Ciclo de vida	57
D. Biología del insecto.....	59
E. Trampas cromotrópicas	60
3.1.3. OBJETIVOS.....	62
A. General.....	62
B. Específicos	62
3.1.4. Metodología.....	62

	Página
A. Procedimiento de establecimiento	62
B. Procedimiento de toma de datos	64
C. Análisis de datos.....	64
D. Materiales y equipo.....	65
3.1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
3.1.6. CONCLUSIONES	67
3.1.7. RECOMENDACIONES.....	67
3.1.8. BIBLIOGRAFÍA.....	68
3.2. SERVICIO II	69
3.2.1. PRESENTACIÓN	69
3.2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	71
A. Taxonomía <i>Syngonium podophyllum</i>	71
B. Descripción	71
C. Requerimientos climáticos.....	72
D. Control de malezas.....	72
E. Métodos de control de malezas	73
F. Herbicidas	73
3.2.3. OBJETIVOS.....	76
A. General.....	76
B. Específicos	76
3.2.4. METODOLOGÍA.....	76
A. Descripción de tratamientos	76
B. Distribución de tratamientos	78
C. Material y equipo	78
D. Procedimiento de establecimiento	78
E. Procedimiento de aplicación	78
F. Procedimiento de toma de datos	79
3.2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
A. Análisis comparativo	80
B. Análisis económico	81
3.2.6. CONCLUSIÓN.....	82

	Página
3.2.7. RECOMENDACIONES.....	82
3.2.8. BIBLIOGRAFÍA.....	83
3.2.9. ANEXOS.....	84
3.3. SERVICIO III.....	87
3.3.1. PRESENTACIÓN	87
3.3.2. OBJETIVOS.....	87
A. General.....	87
B. Específicos	87
3.3.3. METODOLOGÍA.....	88
A. Fase de campo.....	88
B. Fase de gabinete.....	88
3.3.4. RESULTADOS	89
A. Manual de seguridad y aplicación de Ácido Fosfórico	89
B. Capacitación de seguridad y aplicación de Ácido Fosfórico	95
3.3.5. EVALUACIÓN.....	97
3.3.6. BIBLIOGRAFÍA.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de las plantaciones de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> Jacq), inserto logotipo de Naturaceites indicando la ubicación correspondiente.....	3
Figura 2: Fincas de la empresa Naturaceites en la Región Polochic.	4
Figura 3: Vía de acceso terrestre para la Finca Pataxte, Naturaceites.	5
Figura 4: Organigrama del Departamento Técnico Agrícola de la empresa Naturaceites.	9
Figura 5. Inflorescencia masculina de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> Jacq).....	21
Figura 6. Inflorescencia femenina de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> Jacq).....	21
Figura 7. Fruto de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> Jacq).	22
Figura 8. Escala de mosaico en las hojas de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> Jacq).....	26

	Página
Figura 9. Mapa de las fincas de la empresa Naturaceites.	30
Figura 10. Concentración de níquel en el suelo evaluado en dos muestreos pre y post aplicación de tratamientos.	40
Figura 11. Concentración de zinc en el suelo evaluado en dos muestreos pre y post aplicación de tratamientos.	41
Figura 12. Correlación de Ni y Zn en los diferentes estratos y fechas de muestreo.	42
Figura 13. Línea de regresión lineal con su respectivo R^2 y modelo lineal entre la concentración de Ni y Zn en el suelo.	42
Figura 14. Concentración de níquel foliar obtenido en dos muestreos pre y post aplicación de tratamientos.	45
Figura 15. Concentración de zinc foliar obtenido en dos muestreos pre y post aplicación de tratamientos.	46
Figura 16. Mosaico presente en la fase inicial y final de la evaluación.	48
Figura 17A. Marcación de las palmas evaluadas.	52
Figura 18A. Plato de palmas evaluadas antes de la aplicación.	52
Figura 19A. Suelo con toxicidad de níquel (Naturaceites).	52
Figura 20A. Preparación del zinc elemental para la aplicación.	52
Figura 21A. Preparación de zinc elemental.	53
Figura 22A. Aplicación de zinc y Ácido Fosfónico + Ácido Carboxílico.	53
Figura 23A. Aplicación de compost previamente pesado.	53
Figura 24A. Mosaico evaluado.	53
Figura 25. Huevo recién colocado (A) y Huevo con embrión ya formado.	57
Figura 26. Seis instares larvales de <i>Calyptocephala gerstaeckeri</i>	58
Figura 27. Pupa exarata de <i>Calyptocephala gerstaeckeri</i>	58
Figura 28. Adulto de <i>Calyptocephala gerstaeckeri</i>	59
Figura 29. Área necrótica provocada por <i>Pestalotia sp.</i>	60
Figura 30. Daño en estado avanzado de <i>Calyptocephala gerstaeckeri</i>	60
Figura 31. Trampa cromotrópica con los cuadros marcados para facilitar conteo de insectos.	62
Figura 32. Establecimiento de las trampas en campo.	63
Figura 33. Colocación del pegamento en las trampas cromotrópicas.	63

Figura 34. Resultado grafico del porcentaje de captura de <i>Calyptocephala gerstaeckeri</i>	66
Figura 35. Promedio de capturas de <i>Calyptocephala gerstaeckeri</i> y de insectos varios.....	66
Figura 36. Resultados gráficos durante 120 días control de la evaluación.....	80
Figuras 37a, 37b, 37c, 37d, 37e, 37f, 37g, 37h y 37i: Comportamiento de <i>Syngonium podophyllum</i> durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 1.....	84
Figura 38a, 38b, 38c, 38d, 38e, 38f, 38g, 38h y 38i: Comportamiento de <i>Syngonium podophyllum</i> durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 2.....	84
Figura 39a, 39b, 39c, 39d, 39e, 39f, 39g, 39h y 39i: Comportamiento de <i>Syngonium podophyllum</i> durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 3.....	85
Figura 40a, 40b, 40c, 40d, 40e, 40f, 40g, 40h y 40i: Comportamiento de <i>Syngonium podophyllum</i> durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 4	85
Figura 41a, 41b, 41c, 41d, 41e, 41f, 41g, 41h y 41i: Comportamiento de <i>Syngonium podophyllum</i> durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 5.....	86
Figura 42. Página 1 del manual de aplicación de ácido fosfórico.....	89
Figura 43. Página 2 del manual de aplicación de ácido fosfórico.....	90
Figura 44. Página 3 del manual de aplicación de ácido fosfórico.....	91
Figura 45. Página 4 del manual de aplicación de ácido fosfórico.....	92
Figura 46. Página 5 del manual de aplicación de ácido fosfórico.....	93
Figura 47. Página 6 del manual de aplicación de ácido fosfórico (check-list).....	94
Figura 48. Orden para vestir y retirar el equipo de protección.....	95
Figura 49. Capacitación de aplicación de ácido fosfórico.....	96
Figura 50. Demostración de cómo vestir y desvestir el equipo de seguridad en la capacitación.	96

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición química de AQUAMILD®.	28
Cuadro 2. Composición nutritiva del compost obtenido del raquis desfrutado de la palma de aceite (<i>E. guineensis</i> Jacq).	29
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados con su respectiva dosis.	34
Cuadro 4. Resultados obtenidos del análisis químico de suelo.	37
Cuadro 5. Medias de las concentraciones obtenidas en el análisis químico de suelo.	38
Cuadro 6. Análisis de varianza de las propiedades pH, M.O. y los índices de Cu, Fe, Mn, Zn y Ni de las diferentes profundidades del suelo.	39
Cuadro 7. Prueba de comparación de medias Tukey para análisis químico de suelo.	39
Cuadro 8. Concentración de Fe, Mn, Zn y Ni (mg.kg^{-1}) expresados en materia seca.	43
Cuadro 9. Análisis de varianza de las concentraciones de Fe, Mn, Zn y Ni en hojas de palma.	44
Cuadro 10. Prueba de comparación de medias Tukey para la concentración de Fe foliar.	44
Cuadro 11. Datos obtenidos de la toma de parámetros de crecimiento en campo.	46
Cuadro 12. Análisis de varianza de los parámetros de crecimiento obtenidos en campo.	47
Cuadro 13. Prueba de comparación de medias Tukey para parámetros de crecimiento.	47
Cuadro 14. Boletas de registro para la toma de datos en campo.	64
Cuadro 15. Resultados de las capturas acumuladas por cada muestreo.	65
Cuadro 16. Descripción de los productos químicos a utilizar tanto los de uso convencional como los propuestos.	75
Cuadro 17. Descripción de los tratamientos evaluados.	77
Cuadro 18. Tratamientos distribuidos bajo un diseño de bloques completamente al azar.	78
Cuadro 19. Análisis de costos/tratamiento.	81

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el apoyo de la empresa Naturaceites, S.A. en unión con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala durante el periodo de febrero a noviembre de 2014 realizando actividades de diagnóstico, investigación y servicios. En el contenido se incluyen los resultados obtenidos del diagnóstico realizado en el Departamento técnico agrícola de la empresa, investigación y servicios realizados durante el EPS.

Con el diagnóstico realizado en el Departamento Técnico Agrícola se logró adquirir una idea amplia de los objetivos, prácticas agrícolas, investigaciones y los problemas en cada una de las jefaturas que conforman el departamento, determinando los principales problemas de la empresa. De ahí surgió la necesidad de llevar a cabo una investigación, sobre la aplicación de productos orgánicos e inorgánicos en el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).

La investigación se llevó a cabo en Finca Río Zarco ubicada en el Estor Izabal y consistió en evaluar enmiendas inorgánicas y orgánicas en suelos contaminados con níquel, con el fin de determinar la concentración de níquel en el suelo y en el tejido vegetal, para esto se utilizó el diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Realizándose en los meses de febrero a noviembre de 2014. Los resultados no muestran diferencia significativa para las variables respuesta concentración de níquel en el suelo, concentración de níquel en el tejido vegetal y parámetros de crecimiento.

Los servicios realizados consistieron en la evaluación de cinco trampas cromotrópicas de diferentes colores para la captura de *Calyptocephala gerstaeckeri*, evaluación de diferentes mezclas de productos químicos para control de la maleza *Syngonium podophyllum* y la elaboración de manual de seguridad y capacitación para la aplicación de ácido fosfórico.



1.1. PRESENTACIÓN

Dentro de la región Polochic El Estor, Izabal se encuentra establecida una de las plantaciones de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) de la empresa Naturaceites, la cual cuenta con una extensión de 6,100 ha, siendo esta región la que representa la mayor producción de fruta.

Debido a la importancia y a la extensión territorial que ha abarcado el cultivo, Naturaceites ha implementado dentro del departamento técnico agrícola el área de investigación agrícola.

El área de investigación es encargada de realizar pruebas de productos e insumos agrícolas y de crear nuevas metodologías en diferentes actividades dentro de la empresa para disminuir costos y tiempo, siempre y cuando se mejore la productividad.

El área de investigación se centra en dos pilares muy importantes, sanidad y nutrición vegetal, dentro de sanidad vegetal se observa el apareamiento de plagas y enfermedades y los mecanismos para su prevención, en cuanto a nutrición vegetal se observa las deficiencias en los diferentes partes de la finca, por medio de análisis visual y posteriormente análisis químico, físico del suelo y follaje para luego dar las recomendaciones idóneas para el programa de fertilización.

1.2. MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Localización

A. Macro localización

La empresa Naturaceites se encuentra ubicada en diferentes partes de Guatemala, oficinas centrales en la ciudad de Guatemala, plantaciones de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) en a) Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz b) San Luis, Peten y c) región Polochic, El Estor, Izabal (ver figura 1). Plantas extractoras en la Finca Pataxte, El Estor, Izabal y en Fray Bartolomé de las Casas.

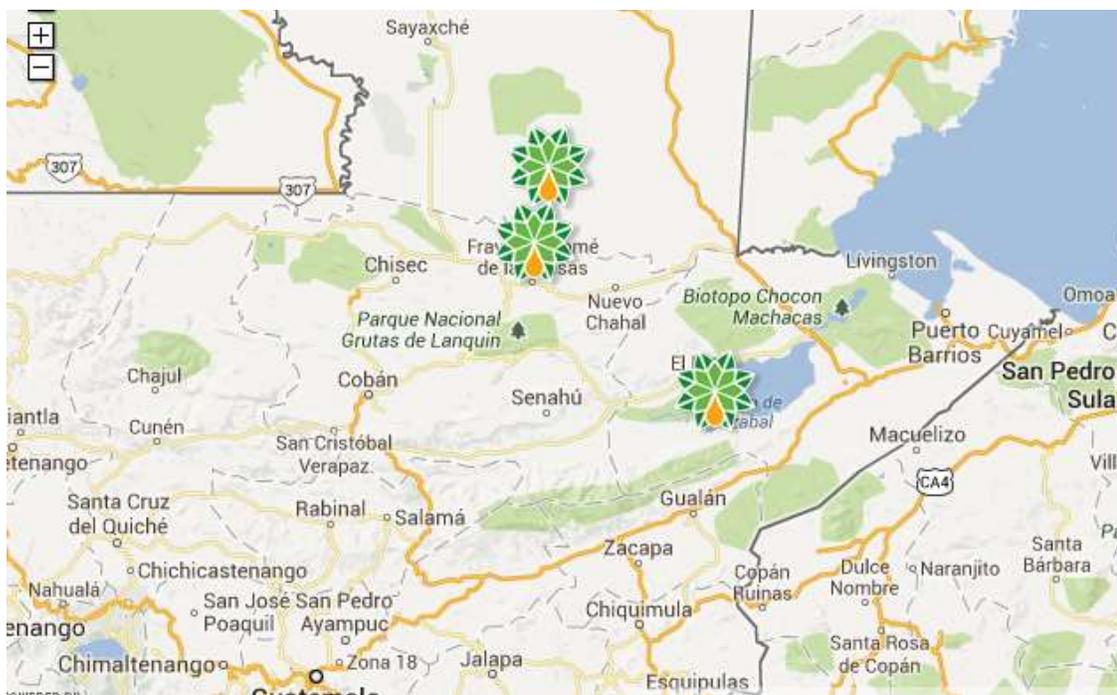


Figura 1: Ubicación de las plantaciones de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq), inserto logotipo de Naturaceites indicando la ubicación correspondiente.

Fuente: <http://www.naturaceites.com/agroindustrial>

B. Micro localización

La plantación correspondiente a la región Polochic se encuentra en las fincas Pataxte, Río Zarco, Chabiland, El Chapín, Guaritas, La Cabaña, Panacté y Sejú (ver figura 2), sin embargo el área de investigación de dicha región solo tiene experimentos establecidos en las fincas de Pataxte, Río Zarco y Panacté.

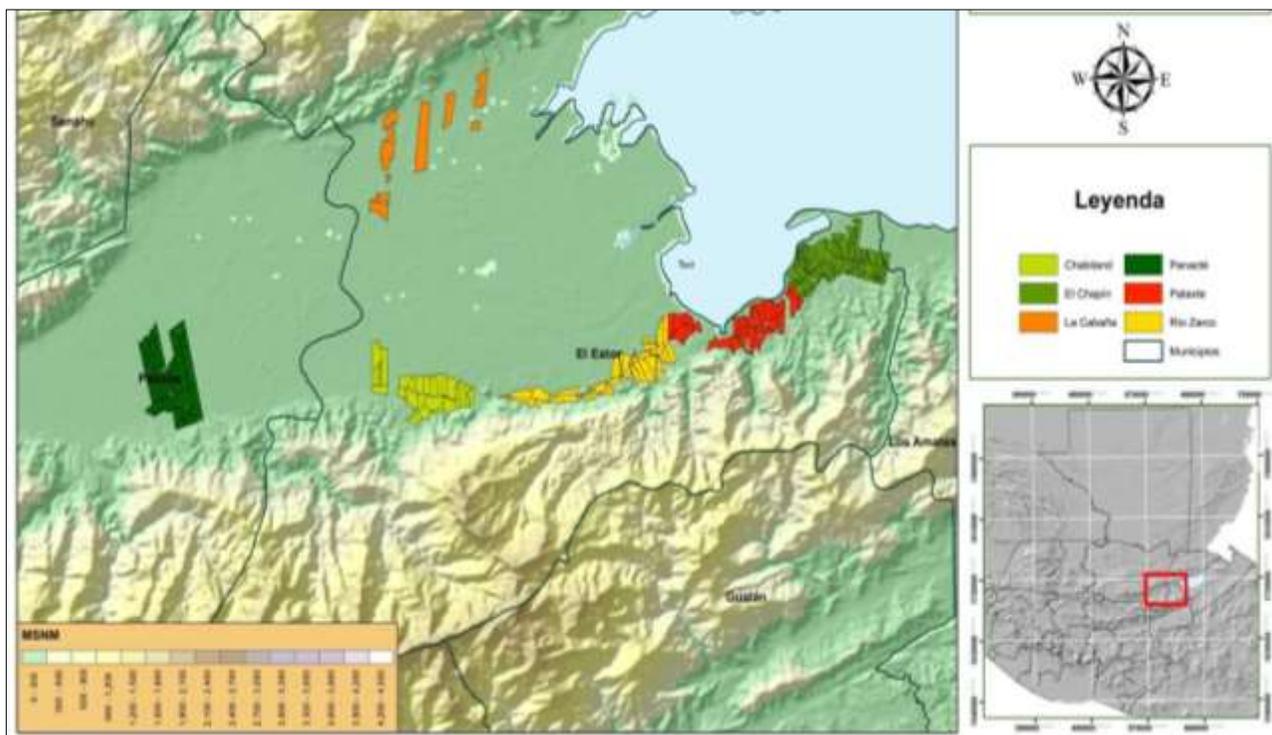


Figura 2: Fincas de la empresa Naturaceites en la Región Polochic.

Fuente: Departamento Técnico Agrícola, Naturaceites.

1.2.2. Vía de acceso

La finca Pataxte donde se encuentra ubicado el casco central de Naturaceites está ubicada en la Región Polochic. Para ingresar al casco central se utiliza las vías terrestre, acuática y aérea. Para ingresar por medio de la vía terrestre es necesario llegar a la aldea Mariscos del municipio de Los Amates, Izabal donde se termina el camino asfaltado luego son aproximadamente treinta kilómetros de terracería (ver figura 3), por otro lado la vía acuática es debido a que la finca se encuentra opuesta al municipio de El Estor, Izabal por presencia del lago de Izabal y vía aérea, la empresa cuenta con su propia pista de aterrizaje.



Figura 3: Vía de acceso terrestre para la Finca Pataxte, Naturaceites.

Fuente: Desarrollo Organizacional, Naturaceites.

1.2.3. Precipitación

Según la estación meteorológica de Naturaceites la precipitación anual promedio del área es de 3907.68mm para Pataxte, 2398.76 mm para Panacté y 4490.72 mm para Río Zarco.

1.2.4. Temperatura y velocidad del viento

En la zona donde se encuentra la empresa Naturaceites (región Polochic) temperatura mínima anual es de 20.7 °C y la máxima anual es de 33.1 °C. Y la velocidad del viento es 2.0 Km/h (INSIVUMEH).

1.2.5. Latitud y longitud

La ubicación geográfica de la planta que se encuentra establecida en la finca Pataxte, El Estor, Izabal es latitud 15.372 - 15.387 y longitud 89.193 – 89.286.

1.2.6. Suelos

Según Simmons 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. La vegetación natural consiste de un bosque alto con maleza baja y densa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Conocer la situación actual del área de Investigación de la empresa Naturaceites, ubicada en la Región Polochic, El Estor, Izabal, Guatemala.

1.3.2. Específicos

- Identificar principales problemas que afectan los resultados en los experimentos establecidos.
- Determinar si existe alguna variación en los procesos ya establecidos para el muestreo y para el análisis de muestras.
- Plantear diferentes propuestas para la solución de los problemas identificados dentro del área de investigación.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Fase inicial de gabinete

- Se realizó una visita a los diferentes experimentos ya establecidos por el área de investigación de Naturaceites dentro de la región Polochic.
- Se recabó cuáles son las variables que se están evaluando en cada uno de los experimentos, las metodologías utilizadas para la recolección de muestras, análisis de muestras y la fase de gabinete que consiste en discutir resultados y dar las respectivas recomendaciones.
- Se indagó si para cada experimento se tenía los manuales metodológicos específicos.

1.4.2. Fase de recopilación de información

- Se realizó un reconocimiento de cada uno de los experimentos en el campo, y la recolección de mapas de cada una de las fincas donde se establecieron los experimentos.
- Se realizó una comparación de los manuales metodológicos ya existentes, con el proceso que actualmente se usa en dichos experimentos.
- El personal fue entrevistado con cada uno de los responsables de las diferentes actividades que se realizan en los experimentos.
- La recolección de información de aspectos meteorológicos se realizó tomado datos de las estaciones meteorológicas de la empresa, las cuales se encuentran distribuidas estratégicamente en toda la región Polochic.
- La observación de aspectos topográficos, climáticos, sanidad y nutrición vegetal de cada uno de los experimentos y fincas aledañas se realizó de forma directa.

1.4.3. Fase de gabinete final

- Luego de realizar la recopilación de los datos se realizó un ordenamiento de los mismos y la unificación para una posterior discusión.
- Se realizaron las recomendaciones necesarias para la solución de los problemas encontrados.

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1. Descripción general de la empresa

En el año 2002 representó el primer año de producción para Naturaceites, la cual es una empresa dedicada al cultivo, producción, extracción, refinamiento y comercialización de aceite comestible, manteca y margarina a base de fruto de palma (*E. guineensis* Jacq) y otros aceites vegetales (Naturaceites, 2014).

Actualmente Naturaceites 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 clientes (Naturaceites, 2014).

Naturaceites cuenta con cinco centros de distribución en el país y uno en El Salvador, trabaja bajo un modelo de negocios incluyente de arrendamiento, productores independientes y plantaciones propias (Naturaceites, 2014).

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 (Naturaceites, 2014).

1.5.2. 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 (Naturaceites, 2014).

1.5.3. Departamento Técnico Agrícola

A. Organigrama

En la figura 4 se describe el organigrama de la empresa Naturaceites, S.A.

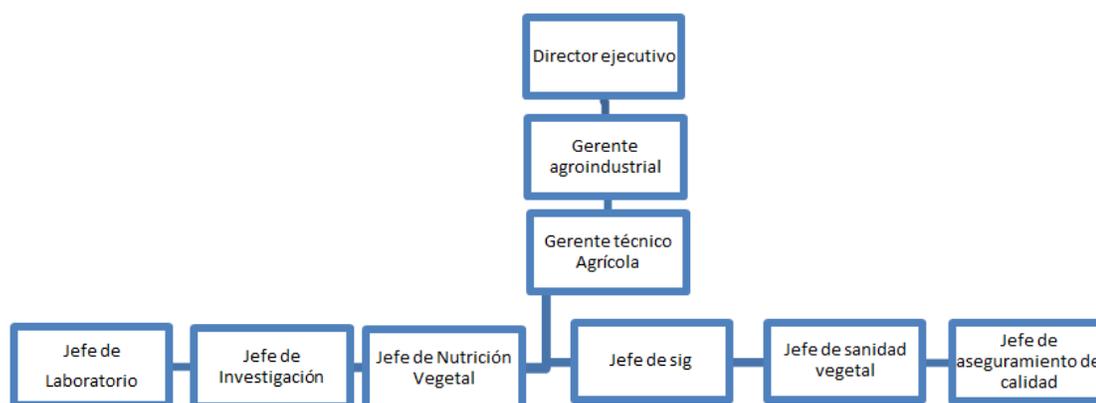


Figura 4: Organigrama del Departamento Técnico Agrícola de la empresa Naturaceites.

Fuente: Departamento Técnico Agrícola.

B. Descripción del Departamento Técnico Agrícola

Es el encargado de generar la información específica para cada una de las actividades que corresponden al manejo de la plantación de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq), para lograr dicho trabajo el departamento se divide en diferentes áreas las cuales son:

- Área de investigación
- Área de nutrición vegetal
- Área de sanidad vegetal

- Área de aseguramiento de calidad
- Naturalab (Gamboa, 2014)

1.5.4. Área de investigación

Es el área del Departamento Técnico Agrícola que valida la utilización de nuevos productos químicos y biológicos, también la implementación de nuevas metodologías para la reducción de tiempo y costos para la empresa. Esta área es la que une las otras cuatro áreas debido a que existe experimentos ya establecidos dedicados a la nutrición y a la sanidad vegetal y para ambos casos son necesarios algunos análisis de laboratorio y sobre todo el control de calidad. Además el área de investigación es encargada de generar recomendaciones generales para diferentes aplicaciones de productos químicos y/o productos biológicos, también para las diferentes aplicaciones de fertilizantes que se llevan a cabo dentro de la plantación de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) (Escobar, 2014).

Dentro de los experimentos ya establecidos por el área de investigación del Departamento Técnico Agrícola de Naturaceites están:

- Balance de formulas
- Potencial de respuesta
- Aplicación de silicio
- Viveros saquijá.

A. Descripción de cada experimento establecido

a) Balance de formulas

- Propósito: aumentar la eficiencia y rendimiento de producción de la palma, con la interacción balanceada de nutrientes, de manera que no existan limitantes entre nutrientes que provoquen deficiencia o incremento de nutrientes en la palma.
- Variables a evaluar: tasa de emisión de hojas, altura y diámetro del tallo, largo del entrenudo, número de hojas verdes, largo del peciolo y del raquis, área de la

sección del peciolo, número de folíolos por hoja, largo del folíolo central, ancho del peciolo central, conteo de racimos y peso de racimos cosechados.

- Recurso humano: ocho personas de campo y encargado de investigación agrícola.
- Ubicación: finca Panacté, sección 2 parte 7 y 8.

b) Potencial de respuesta

- Propósito: determinar la dosis de fertilizante adecuada, para establecer el mayor potencial de la palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).
- Variable: tasa de emisión de hojas, altura y diámetro del tallo, largo del entrenudo, número de hojas verdes, largo del peciolo y del raquis, área de la sección del peciolo, número de folíolos por hoja, largo del folíolo central, ancho del peciolo central, conteo de racimos y peso de racimos cosechados.
- Recurso humano: tres personas de campo y responsable de investigación agrícola.
- Ubicación: finca Panacté, sección 2 parte 8

c) Vivero Saquijá

- Orgánica premier
 - Propósito: determinar el efecto que produce la incorporación de los productos Súper Mg Fe Zn y A-physum, dentro del programa de fertilización que tiene Naturaceites, sobre el crecimiento de las plantas de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) en fase de vivero.
 - Variable: altura de la planta, número de hojas verdaderas emitidas por planta, diámetro de base, largo de hojas (a medir donde inician los folios de la planta), longitud de raíces (a medir la raíz más larga de la planta) y volumen de raíces.

- Recurso humano: una persona de campo y encargado de investigación agrícola.
- Ubicación: vivero Saquijá, Panzos, Alta Verapaz.
- POTENZSIL
 - Propósito: determinar el efecto que produce la incorporación de diferentes productos hechos a base de silicato de potasio, esta formulado en presentación líquida para que la asimilación del ingrediente activo sea efectiva, este producto se incorporara dentro del programa de fertilización que tiene Naturaceites, para determinar y evaluar el efecto que tiene sobre el crecimiento de las plantas de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) en fase de vivero.
 - Variable: altura de la planta, número de hojas verdaderas emitidas por planta, diámetro de base, largo de hojas (a medir donde inician los folios de la planta), longitud de raíces (a medir la raíz más larga de la planta), volumen de raíces y peso seco de raíces.
 - Recurso humano: una persona de campo y encargado de investigación agrícola.
 - Ubicación: vivero Saquijá, Panzos, Alta Verapaz.
- VEDAGRO
 - Propósito: determinar el efecto que produce la incorporación del producto VEDAGRO dentro del programa de fertilización que tiene Naturaceites, sobre el crecimiento de las plantas de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) en fase de vivero.
 - Variable: altura de la planta, número de hojas verdaderas emitidas por planta, diámetro de base, largo de hojas (a medir donde inician los folios de

la planta), longitud de raíces (a medir la raíz más larga de la planta), volumen de raíces y peso seco de raíces.

- Recurso humano: una persona de campo y encargado de investigación agrícola.
- Ubicación: vivero Saquijá, Panzos, Alta Verapaz.

d) Aplicación de silicio

- Propósito: sustituir dosis de fertilizante con silicio y determinar la dosis que genere mejores resultados debido a la principal función del silicio, convertir los nutrientes en material disponible para la planta, por lo tanto se pueden reducir las concentraciones de fertilizante a aplicar.
- Variable: tasa de emisión de hojas, altura del estipe, largo del entrenudo, raquis, peciolo, diámetro del estipe, numero de hojas verdes, área de la sección trasversal del peciolo, número de folíolos por hoja, largo de folíolo central y ancho de folíolo central.
- Recurso humano: dos personas de campo, encargado de investigación agrícola.
- Ubicación: finca Pataxte, sección 1, pante 9.

1.5.5. Problemas encontrados

- Dentro del experimento balance de fórmulas se realiza una aplicación de ácido fosfórico del cual no se tiene un manual de seguimiento para cumplir con la seguridad de los aplicadores.
- En la aplicación del ácido fosfórico no se cuenta con algún extractor al vacío para la respectiva medición del ácido, por lo cual la pérdida del mismo es evidente.

- Los manuales actuales no están revalidados desde su creación y probablemente exista algún procedimiento realizado en campo que aún no está incluido en dicho manual.
- El personal de campo que está directamente con el área de investigación es escaso, debido que hay aplicaciones que demandan más personal del que está asignado.

1.6. CONCLUSIONES

- Se identificó los cuatro problemas más sobresalientes del área de investigación agrícola de la empresa Naturaceites siendo estos: 1) No existe manual de seguridad para la aplicación de ácido fosfórico, 2) no se cuenta con extractor de ácido fosfórico 3) manuales existentes no están actualizados 4) poco personal de campo designado a investigación.
- No existe variación alguna con el análisis de muestras con respecto a los procesos establecidos en diferentes manuales.
- Se plantearon cuatro diferentes recomendaciones con el fin de solucionar cada problemática encontrada en los diferentes experimentos ya establecidos.

1.7. RECOMENDACIONES

- Realizar un manual de actividades propuestas que conlleven a la seguridad de los aplicadores de ácido y también realizar un check-list para no olvida colocar algún equipo de seguridad.
- Colocar un extractor al vacío en el recipiente que contiene el ácido fosfórico y así evitar derramamientos.
- Realizar una visita a cada experimento cuando se estén realizando y realizar una validación de los manuales.
- Delegar más trabajadores de campo para el área de investigación cuando así sea el caso.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Escobar, FV. 2014. Investigación agrícola (entrevista). Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico Agrícola.
2. Gamboa, V. 2014. Laboratorio agrícola y compostera (entrevista). Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico Agrícola.
3. Googlemaps.com. 2014. Latitud y longitud de la finca Pataxte (en línea). Guatemala. Consultado 21 feb 2014. Disponible en <https://www.google.com.gt/maps/place/15%C2%B022'25.8%22N+89%C2%B016'07.7%22W/@15.4254584,-89.2777444,11z/data=!4m2!3m1!1s0x0:0x0>
4. GREPALMA (Gremial de Palmicultores de Guatemala, GT). 2014. Generalidades de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) (en línea). Guatemala. Consultado 21 feb 2014. Disponible en http://www.grepalma.org/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=53
5. Naturaceites, GT. 2014. Historia y visión de Naturaceites (en línea). Guatemala. Consultado 20 feb 2014. Disponible en <http://www.naturaceites.com/historia>
6. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.



2.1. PRESENTACIÓN

El cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq), es de importancia económica ya que genera alrededor de 25,000 empleos permanentes y más de 100,000 empleos indirectos en Guatemala. Actualmente, hay establecidas 130,000 ha en el país (Grepalma, 2014), esto lo convierte en un monocultivo. Dentro del manejo del cultivo el aspecto nutricional es de suma importancia en el desarrollo y producción de la palma.

La nutrición de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq), es sustancial debido a que la planta tiene una alta demanda durante los primeros 25 años de crecimiento (IPNI, 2009). Los elementos más requeridos por la planta son el nitrógeno ($114 - 193 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y el potasio ($149 - 279 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), sin embargo, los macronutrientes P, Mg, Ca y S son requeridos por la planta en menores cantidades y los micronutrientes como: B, Cu, Zn, Mn, Fe y Mo son demandados en cantidades trazas para procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración y crecimiento vegetativo (Fairhurst y Härdter, 2003). Cuando los nutrientes se encuentran en altas concentraciones en los suelos, algunos de ellos provocan toxicidad en las plantas, tal es el caso del níquel en los suelos de la finca Rio Zarco (242.11 ha) de la empresa Naturaceites S.A en el valle del Polochic, El Estor, Izabal, donde se reportaron concentraciones de $45 - 174 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ extraídos con la solución extractora Mehlich III. Orihuela., *et al* (1998), indica que concentraciones superiores a $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de níquel en el suelo provocaron daños en el crecimiento vegetativo, clorosis foliar y disminución del rendimiento productivo en el cultivo de perejil (*Petroselinum crispum*).

Con el objetivo de amortiguar el efecto de las concentraciones de níquel en el suelo y por ende en el tejido vegetal se evaluaron cinco tratamientos con tres repeticiones, bajo un diseño experimental bloques al azar. Se realizaron muestreos de suelo y tejido vegetal al inicio de la investigación (junio) y al final (diciembre), a las muestras se les determinó las concentraciones de los elementos Ni, Fe, Zn y Mn, además, se realizó la toma de parámetros de crecimiento. Se concluye que no existe diferencia significativa en la concentración de níquel en el suelo y tejido vegetal por efecto de los tratamientos evaluados, sin embargo, el tratamiento 4 (aplicación de Zinc), presentó mejores resultados en los parámetros de crecimiento y la disminución de la presencia de mosaico.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. MARCO CONCEPTUAL

A. Taxonómica y morfología

a) Clasificación botánica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Arecales

Familia: Arecaceae.

Sub-Familia: Arecoideae

Género: *Elaeis*

Especie: *Elaeis guineensis* Jacq (Infoagro, 2009).

b) Descripción

Palmera monoica con tronco erecto solitario que puede alcanzar más de 40 m de altura en estado natural. En cultivos industriales para la obtención de aceite su altura se limita a los 10-15 m, con un diámetro de 30-60 cm cubierto de cicatrices de hojas viejas.

c) Sistema radicular

Es de forma fasciculada, con gran desarrollo de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm en el suelo y variando su longitud desde 1 m hasta más de 15 m. Por su consistencia y disposición aseguran un buen anclaje de la planta, aunque casi no tienen capacidad de absorción. Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las raíces primarias y su función principal es la de servir de base a las raíces terciarias y éstas a su vez, a las cuaternarias. Estos dos últimos tipos de raíces conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta. Las raíces secundarias tienen la particularidad de crecer en su mayoría

hacia arriba, con su carga de terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes (Infoagro, 2009).

d) Tallo

Comunica las raíces con el penacho de hojas que lo coronan. Se desarrolla en tres o cuatro años, una vez que se ha producido la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Se inicia con la formación de un órgano voluminoso en la base del tallo que es el bulbo, que origina el ensanchamiento en la base del tronco y sirve de asiento a la columna del tallo. En el otro extremo del bulbo, en el ápice del tallo, se encuentra la yema vegetativa o meristemo apical, que es el punto de crecimiento del tallo, de forma cónica enclavada en la corona de la palma y protegido por el tejido tierno de las hojas jóvenes que emergen de él en número de 45 a 50 (Infoagro, 2009).

e) Hojas

Hojas verdes pinnadas (con foliolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo) de 5-8 m de longitud que constan de dos partes, el raquis y el pecíolo. Existen de 100 a 160 pares de foliolos en ambos lados dispuestos en diferentes planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos (1,20 m). El pecíolo muy sólido en su base y provisto de espinas en los bordes, las cuales se transforman en foliolos rudimentarios a medida que se alejan del tallo (Infoagro, 2009).

f) Inflorescencia

Las flores se presentan en espigas aglomeradas en un gran espádice (espata que protege a una inflorescencia de flores unisexuales) que se desarrolla en la axila de la hoja. La inflorescencia puede ser masculina o femenina. La inflorescencia masculina (ver figura 5), está formada por un eje central, del que salen ramillas o espigas llamadas dedos, cilíndricos y largos, con un total de 500 a 1500 flores estaminadas, que se asientan directamente en el raquis de la espiga, dispuestas en espiral. Las anteras producen abundante polen con un característico olor a anís. La inflorescencia femenina (ver figura 6), es un racimo globoso, de apariencia más maciza que la masculina, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso, que lleva en el centro un raquis esférico en el que se insertan numerosas ramillas o espigas, cada una con 6 a 12 flores (Infoagro, 2009).



Figura 5. Inflorescencia masculina de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).

Fuente: Infoagro, 2009.



Figura 6. Inflorescencia femenina de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).

Fuente: Infoagro, 2009

g) Fruto

Drupa de forma ovoide, de 3-6 cm de largo y con un peso de 5-12 g aproximadamente (ver figura 7). Están dispuestos en racimos con brácteas puntiagudas, son de color rojizo y alcanzan hasta los 4 cm de diámetro. Presentan una piel (exocarpio) lisa y brillante, una pulpa o tejido fibroso (mesocarpio) que contiene células con aceite, una nuez o semilla (endocarpio) compuesta por un cuesco lignificado y una almendra aceitosa (endospermo) o palmiste (Infoagro, 2009).



Figura 7. Fruto de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).

Fuente: Infoagro, 2009.

B. Requerimientos climáticos

a. Temperatura

En regiones donde las temperaturas medias mensuales oscilan entre 26 °C y 28 °C la palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) tiene un mejor desarrollo, siempre que las mínimas mensuales no sean inferiores a 21 °C. Temperaturas inferiores a 17 °C durante varios días provocan una reducción del desarrollo de plantas adultas y en vivero detienen el crecimiento de las plántulas. No soporta heladas (Infoagro, 2009).

b. Radiación

La palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) se identifica como planta heliófila, por sus altos requerimientos de luz. Para lograr altas producciones se requieren 1500 horas de luz al año, aproximadamente, siendo importante la distribución de las mismas (Infoagro, 2009).

c. Precipitación

Rangos oscilantes entre 1800 mm y 2300 mm al año son condiciones favorables. A pesar de ello, se estima que una disponibilidad de 125 mm al mes, es suficiente para lograr las máximas producciones (Infoagro, 2009).

d. Humedad relativa

Es necesario un promedio mensual superior al 75% (Infoagro, 2009).

C. Requerimientos, deficiencias y funciones de los nutrientes

Para la maximización del rendimiento de la palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) es necesario realizar una combinación apropiada entre macronutrientes y micronutrientes.

Los macronutrientes son elementos esenciales que se requieren para el crecimiento normal de las plantas, para la palma de aceite (*E. guineensis* Jacq), este grupo comprende los nutrientes N, P, K, Mg, Ca y S. Los micronutrientes en la palma de aceite son B, Cu, Zn, Mn, Cl, Fe y Mo y la concentración en la materia seca están en la gama de 10 – 200 mg.kg⁻¹ (Fairhurst y Härdter, 2003).

a. Nitrógeno (N)

- Tratamiento: Las palmas recién trasplantadas pueden presentar síntomas pasajeros de deficiencia de N que no requieren ningún tratamiento. En palmas de 2 a 3 años puede ser suficiente una aplicación anual de 0.25 a 0.75 kg de N (0.5 a 1.5 kg de Urea)/palma. Plantas de 5 a 10 años pueden requerir 1.0 a 1.5 kg de N (2 a 3 Kg de urea). Sin embargo, las dosis de aplicación deben siempre ajustarse de acuerdo a los resultados del análisis foliar y a la inspección de las plantas en el campo (IPNI, 1999).
- Descripción de Deficiencia: En plántulas muy jóvenes las hojas son de color verde pálido. Luego las hojas se tornan amarillas. Los tejidos severamente deficientes se vuelven necróticos. Las hojas con deficiencia severa de N se manifiesta con una clorosis en el raquis y nervaduras centrales de los foliolos, el foliolo tiende a ser angosto y a enrollarse hacia adentro (IPNI, 1999).

b. Fosforo (P)

- Tratamiento: En la fase madura, las dosis de fosforo recomendadas dependen del tipo de suelo, 0.2-0.8 kg de P₂O₅/palma en suelos franco arenosos, 0.2-1.0 kg de P₂O₅/palma en suelos derivados de ceniza volcánica, 0.3-0.8 kg de P₂O₅/palma en suelos ácidos, 0.5-1.0 kg de P₂O₅/palma en suelos sedimentarios y 0.3-0.6 kg de P₂O₅/palma en suelos de turba (Fairhurst *et al.*, 2005).

- Descripción de Deficiencia: Aparecen palmas de lento crecimiento, hojas pequeñas en las leguminosas de cobertura, color púrpura de las hojas de ciertas gramíneas (IPNI, 1999).

c. Potasio (K)

- Tratamientos: Plantaciones afectadas por severa presencia de manchas anaranjadas translucidas, pueden requerir aplicaciones correctivas de 3 – 4 kg de KCl/palma (IPNI, 1999).
- Descripción de Deficiencia: Las manchas anaranjadas confluentes (MAC) se encuentran generalmente en los folíolos de las hojas viejas ya que el K se moviliza de las hojas viejas a las nuevas (IPNI, 1999).

d. Hierro (Fe)

- Tratamiento: Debido a que su requerimiento es en cantidades traza es necesario realizar un análisis foliar y si la concentración es menor a 50mg.kg^{-1} es necesario la incorporación de Fe al suelo o vía foliar, al suelo puede usarse 50 ml de solución de sulfato de hierro hepta – hidratado más 1 gramo de ácido cítrico por litro de agua. Las aplicaciones foliares de Fe pueden ser efectivas en palmas muy jóvenes, pero deben repetirse mensualmente para mantener un suplemento adecuado (Fairhurst *et al.*, 2005).
- Descripción de Deficiencia: La deficiencia de Fe en la palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) se ha registrado en raras ocasiones porque los suelos tropicales generalmente están bien provistos de Fe (Grepalma, 2013), sin embargo, la disponibilidad está relacionada por las condiciones de baja temperatura del suelo, por exceso de fósforo (P), aluminio (Al), y metales pesados (Cu, Cd, Mn, Ni y Zn) y por una absorción desequilibrada de cationes y aniones (VALAGRO, 2004). Los síntomas de deficiencia de Fe en las plantas de palma se manifiesta con clorosis entre las nervaduras especialmente en las hojas más jóvenes, permaneciendo las nervaduras de las hojas verdes. Cuando la deficiencia es severa, las hojas jóvenes

se tornan blancas y las hojas viejas amarillas, el crecimiento cesa y la muerte puede ocurrir después de un año (Grepalma, 2013).

e. Zinc (Zn)

- La concentración de Zn en la biomasa de la palma de aceite es de 18 – 31 mg.kg⁻¹, la mayor concentración está en el cogollo y la concentración más baja en el raquis. La función del Zn en la planta es la activación de algunas enzimas (ej. anhidrasa carbónica y la deshidrogenada), la deficiencia de Zn generalmente se da en los suelos básicos, sin embargo, algunos estudios demuestran que la deficiencia puede ser inducida por la excesiva aplicación de fertilizantes fosfatados (Fairhurst y Härdter, 2003).
- Los síntomas de deficiencia inician con la decoloración anaranjado-amarillenta de las hojas viejas, sin embargo, al pasar el tiempo las hojas jóvenes se tornan pálidas y cloróticas, mientras que las hojas viejas se secan y mueren (Fairhurst y Härdter, 2003).

f. Toxicidad por micronutrientes

Para lograr una adecuada nutrición en el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) es indispensable tomar en cuenta las deficiencias múltiples, desbalances de los nutrientes y toxicidades. La toxicidad más importante dentro del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) es la provocada por micronutrientes (Fairhurst y Härdter, 2003).

La toxicidad por micronutrientes pueden aparecer en la palma de aceite (*E. guineensis* Jacq), en la presencia de cantidades excesivas de B, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, o elementos no nutritivos (ej. Cr y Al). Mientras las deficiencias nutricionales pueden corregirse con bastante facilidad aplicándolos por medio de fertilización, las toxicidades son más difíciles de corregir especialmente las de metales pesados y con frecuencia requieren la ejecución de un conjunto de medidas correctivas siendo algunas de ellas la aplicación de enmiendas inorgánicas y orgánicas (Fairhurst y Härdter, 2003).

La toxicidad de níquel (Ni) puede ser un problema frecuente en suelos derivados de rocas Ultrabásicas o de Serpentina. Las palmas afectadas por toxicidad de Ni pueden mostrar patrones cloróticos estrechos, a manera de red de pescar en las hojas más jóvenes (Fairhurst y Härdter, 2003). Díaz Aguilar *et al.*, (1999), investigando en trigo (*Triticum sativum*) bajo condiciones de hidroponía, determinó que con una concentración de 10 mg.kg⁻¹ de Ni el crecimiento del trigo era retardado debido a que la fotosíntesis fue afectada en un 50%. Valdiviezo Freire *et al.*, (2001), determinó que en el rango de concentración de 170 – 240 mg.kg⁻¹ de Ni en tomate (*Solanum lycopersicum*) se manifestaron daños en el tejido terminal (clorosis foliar) y necrosamientos en los frutos jóvenes. La toxicidad de Ni es posible contrarrestar con aplicaciones de enmiendas orgánicas e inorgánicas y aplicaciones de K (Fairhurst y Härdter, 2003).

Corzo *et al.*, 2012, tomando en cuenta la intensidad de la presencia de mosaico en las hojas de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) atribuida a la deficiencia de Fe provocada por las altas concentraciones de Ni en el suelo y en el tejido vegetal propuso una escala comparativa de presencia de mosaico (ver figura 8), sin embargo, esta no fue correlacionada con concentraciones de Ni en el suelo y tejido vegetal.

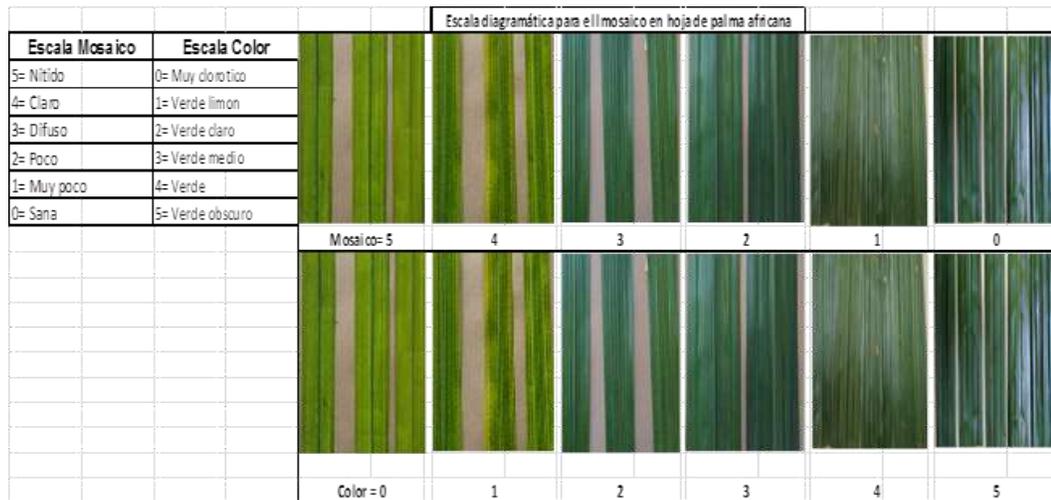


Figura 8. Escala de mosaico en las hojas de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).

Fuente: Departamento Técnico Agrícola, Naturaceites.

g. Generalidades del níquel

El Ni en su estado natural es un componente común de las rocas ígneas. Las fuentes más importantes son la Pentandlita, encontrada con la Pirrotita y Calcopirita, así como con Lateritas que contienen Ni como la Garnierita. El níquel constituye cerca de 0,016% de la corteza terrestre. Las plantas lo absorben en forma de catión divalente que es muy escaso en la solución del suelo, aunque puede ser más abundante en los suelos de Serpentininas, en este caso resulta tóxico para la mayor parte de las especies, aunque existen algunas que lo toleran bien y pueden utilizarse como plantas indicadoras de yacimientos, en ellas el Ni se inactiva formando complejos con ácidos orgánicos (Hernández, 2002).

h. Importancia del níquel en la planta

El níquel forma parte de la Metaloenzima Ureasa, la cual descompone la urea en amoníaco y dióxido de carbono. Resulta entonces esencial para las plantas que se abonan con urea o con sus derivados (p.ej. en la fertilización foliar), jugando entonces un papel importante en el metabolismo nitrogenado (Hernández, 2002).

i. Origen del níquel en los suelos de Izabal, Guatemala.

Según Aguilar (2013), el níquel localizado en las playas del norte y sur del lago de Izabal, es de origen de Laterita de níquel, estos depósitos son típicos de bajo grado y gran tamaño localizados siempre cerca de la superficie. Los depósitos de minerales de este tipo están restringidos a las características de Óxidos y Saprolitas desarrollados sobre las rocas Ultramáficas. Los suelos Lateríticos que contienen níquel tienen asociación con varios metales entre ellos el hierro y magnesio.

Los depósitos de níquel en la zona del lago de Izabal, Guatemala tienen un perfil de 8 metros de Limonita y 5 metros de Saprolita siendo estos los minerales que contienen el níquel. Las características del terreno son: Peridotita o su derivado Serpentinita, desgaste por medio tropical y/o subtropical durante mucho tiempo, presencia de rocas Ultramáficas, tierra de color roja (óxido de hierro), presencia de Serpentinita y Peridotita (Aguilar, 2013).

D. Ácido Fosfónico-Ácido Carboxílico

a. Modo de acción

Solubiliza el calcio que muchas veces se encuentra de manera insoluble en suelos salinos, ésta reacción se da gracias a que los ácidos orgánicos son proveedores de iones hidronio que se segregan y se intercambian con los cationes de la solución del suelo (calcio, sodio, magnesio, hierro y aluminio), los cuales a su vez se enlazan con los radicales carboxílicos y forman un complejo soluble y estable; de esta manera el sodio intercambiable se inactiva y el calcio, magnesio y demás cationes dejan de reaccionar con otros elementos ayudando así a la liberación de nutrientes como fósforo, azufre y microelementos, los cuales comúnmente son fijados en el suelo como sales de hierro, aluminio, calcio, magnesio y sodio (TACSA, 2014).

La aplicación de estos ácidos ayuda a disminuir el efecto de concentraciones altas de metales pesados en suelos ácidos, en el 2014 se realizó una evaluación en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) donde se evaluó el efecto de estos ácidos para aumentar el rendimiento de azúcar.ha⁻¹ en suelos con concentraciones altas de aluminio (750 – 1000 mg.kg⁻¹), obteniendo resultados satisfactorios con una dosis de 4.5 litros.ha⁻¹ de AQUAMILD® + 150Kg.ha⁻¹ de silicio, logrando un 10% de aumento en la producción en relación al testigo (Gomez *et al.*, 2014).

b. Componentes

En el cuadro 1 se describe la composición química del producto AQUAMILD®.

Cuadro 1. Composición química de AQUAMILD®.

Composición porcentual	% peso/volumen
Co-polímeros de Ácidos Carboxílicos	25.00%
Polímeros de Ácido Fosfónico	40.00%
Diluyentes y compuestos	35.00%

Fuente: Catálogo de Productos de Potenz química S.A.

E. Compost

a. Descripción

El compostaje es un proceso biooxidativo obtenido de un sustrato orgánico heterogéneo sólido, que evoluciona pasando a través de una etapa termofílica y de liberación temporaria de fitotoxinas como consecuencia de la actividad metabólica de diferentes comunidades de microorganismos, obteniendo como productos dióxido de carbono, agua y materia orgánica estabilizada conocida como compost (Zucconi *et al.*, 1981).

b. Composición nutritiva

En el cuadro 2 se describe detalladamente la composición química nutricional del compost utilizada para la evaluación.

Cuadro 2. Composición nutritiva del compost obtenido del raquis desfrutado de la palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).

Nutriente	Concentración
Nitrógeno	1.50%
Boro	180 ppm
Fosforo	0.35%
Potasio	1.90%
Magnesio	0.60%
pH	7.5
Materia orgánica	80%

Fuente: Naturaceites (2013)

2.2.2. MARCO REFERENCIAL

A. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en un área cultivada con palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) cuya edad es de 16 años, en la finca Río Zarco (ver figura 9) de la empresa Naturaceites, S.A. ubicada en El Estor, Izabal, Guatemala, con condiciones de temperaturas mínimas anuales de 20.7 °C y máximas anuales de 33.1 °C y precipitación pluvial promedio de 4,490.72 mm/año. La ubicación geográfica es latitud 15.387N y longitud 89.193W. El lote donde se realizó dicha evaluación es conocido dentro de la empresa como el botadero.

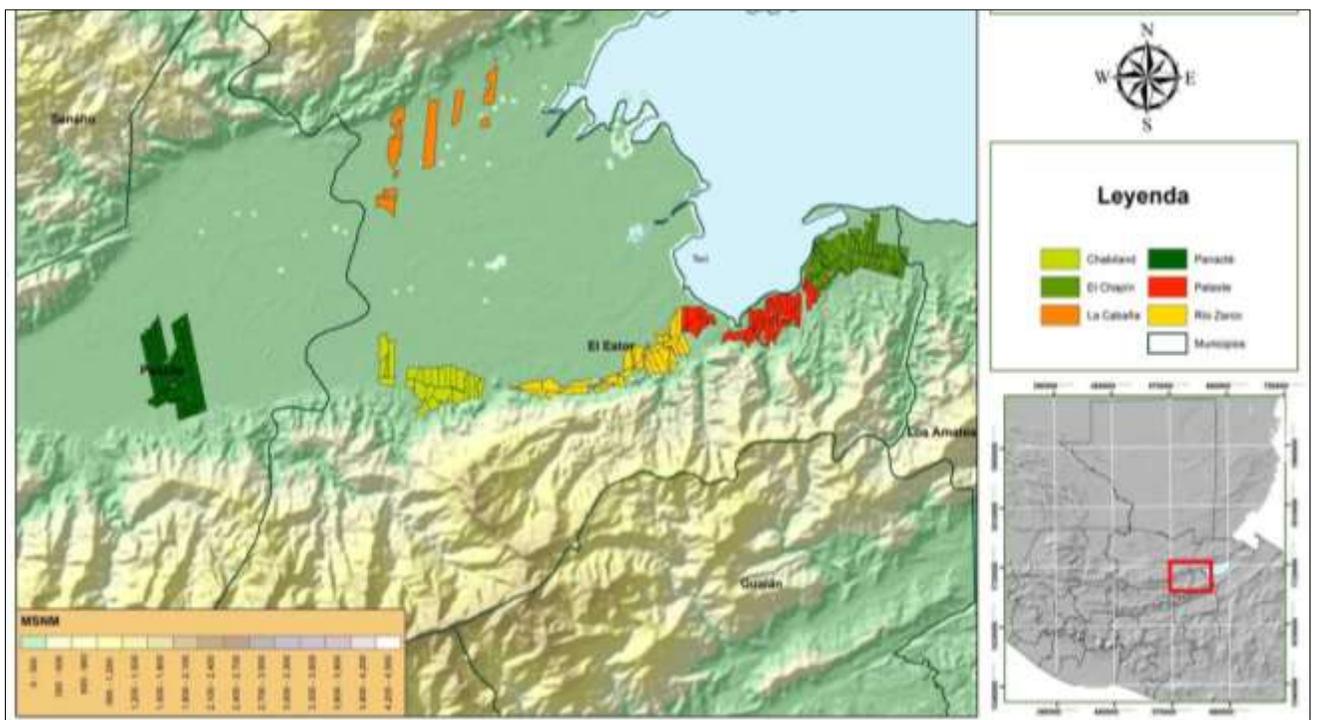


Figura 9. Mapa de las fincas de la empresa Naturaceites.

Fuente: Departamento técnico agrícola Naturaceites.

B. Antecedentes

La toxicidad de níquel es un problema estudiado en diferentes cultivos, según Díaz Aguilar *et al.*, (1999), esta toxicidad disminuye un 50% el proceso fotosintético en el cultivo de trigo (*Triticum sativum*) dicho estudio se llevó a cabo bajo condiciones de hidroponía, además, resalta que la concentración de níquel encontrada en el tejido vegetal fue de 10mg.kg⁻¹, por otro lado en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) Valdiviezo Freire

et al., (2001), determinó que en el rango de 170 – 240 mg.kg⁻¹ de níquel en el tejido vegetal se observaron daños en los tejidos terminales y en frutos provocando necrosamientos y clorosis foliar.

En la empresa Naturaceites en sus tres regiones (Izabal, Alta Verapaz y El Petén) realiza muestreos generales donde se analiza follaje y suelo de cada una de las fincas. Dentro de la finca Río Zarco ubicada en Izabal se han realizado diversos muestreos de suelo y follaje previo al montaje del ensayo donde revela que la concentración de Ni en el suelo es de 45 - 174 mg.kg⁻¹.

Los Ácidos Carboxílicos y Ácidos Fosfónico se han utilizado en otros cultivos para contrarrestar problemas de toxicidad de metales, en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se realizó una evaluación para determinar si los ácidos Carboxílico y Fosfónico mejoraban el rendimiento de azúcar ante la toxicidad de aluminio, obteniendo resultados satisfactorios aplicando 4.5 litros.ha⁻¹ + 150kg.ha⁻¹ de silicio (Gomez *et al.*, 2014).

Dentro de la empresa Naturaceites se realizó anteriormente una evaluación con aplicaciones de raquis desfrutado (compost) donde se evaluaron diferentes dosis obteniendo disminución de la clorosis foliar con la dosis de 10TM.ha⁻¹, la clorosis foliar fue medida en base a la escala de clorosis propuesta por el Departamento Técnico de Naturaceites, S.A. (figura 9), sin embargo, los resultados son visualizados luego de dos años.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. General

Evaluar el efecto de la aplicación de Ácido Fosfónico-Ácido Carboxílico, compost y zinc en el suelo cultivado con palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) afectadas por la concentración alta de níquel (Ni) en la finca Río Zarco, El Estor, Izabal.

2.3.2. Específicos

- Determinar la concentración de níquel en el suelo cultivado con palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) en respuesta a la aplicación de Ácido Fosfónico-Ácido Carboxílico, compost y zinc.
- Determinar la concentración de níquel en plantas de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) en respuesta a la aplicación de Ácido Fosfónico-Ácido Carboxílico, compost y zinc.
- Determinar el crecimiento vegetativo de las plantas en respuesta de los tratamientos evaluados.

2.4. HIPÓTESIS

Todos los tratamientos tendrán un comportamiento similar sobre la disminución de la concentración del níquel en el follaje de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) y en los suelos donde se encuentra establecido el cultivo, en la Finca Río Zarco, El Estor, Izabal.

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Variedad evaluada

El material genético utilizado para dicha evaluación fue el Tanzania * Ekona, bajo una densidad de 143 palmas.ha⁻¹, respondiendo a un distanciamiento de siembra de 8m x 8.5m.

2.5.2. Materiales evaluados

Las enmiendas evaluadas fueron: compost (raquis desfrutado), zinc (sulfato de zinc) y Acido Fosfónico + Acido Carboxílico (AQUAMILD®).

- Se utilizó AQUAMILD® (Ácido Fosfónico-Ácido Carboxílico), este está compuesto de ácido Carboxílico y ácido Fosfónico el cual es un agente quelante efectivo que se une fuertemente a iones metálicos (AGROTEY, 2011).
- El compost utilizado es elaborado por la empresa Naturaceites, S.A. y este según Fairhurst y Härdter (2003) es uno de las alternativas para disminuir la toxicidad del Níquel.
- El zinc (Zn) se aplicó para corregir las concentraciones bajas de Zn en el follaje y en el suelo.

2.5.3. Diseño experimental

La evaluación se realizó bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones y cinco unidades experimentales por repetición.

2.5.4. Tratamientos

Los tratamientos evaluados se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados con su respectiva dosis.

Trat.	Descripción	Dosis
1	Testigo relativo (fertilización convencional)	-----
2	Fertilización convencional + compost	10 TM.ha ⁻¹
3	Fertilización convencional + Ácido Fosfónico-Ácido Carboxílico	14 l.ha ⁻¹
4	Fertilización convencional + zinc	10 kg.ha ⁻¹
5	Fertilización convencional + zinc + compost	10 kg.ha ⁻¹ + 10 TM.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración Propia.

2.5.5. Medición de las variables

A. Niveles de níquel en el suelo

El muestreo de suelo se realizó dentro del plato de la palma, obteniendo muestras de tres estratos 0 – 0.10 m, 0.10 –0. 20 m y de 0.20 –0.40 m, se muestrearon las cinco palmas de cada repetición y se extrajo una sub-muestra de cada una obteniendo así una muestra compuesta, la cual fue enviada al laboratorio químico, una cantidad de 1000 g de cada muestra compuesta. El laboratorio se encargó de realizar los análisis químicos del suelo utilizando para ello la solución extractora Mehlich III. Los muestreos fueron realizados en el mes de junio, 2014 (pre-aplicación) y diciembre, 2014 (post-aplicación).

B. Niveles de níquel en el follaje

En la hoja número 3 se realizó la medición del mosaico foliar utilizando la escala de clorosis propuesta por Corzo *et al.*, (2012), además, se extrajo la muestra foliar la cual se envió al laboratorio, se usó la hoja tres debido a que el efecto de una toxicidad o de una deficiencia se ve reflejada en hojas nuevas (Acosta, 2014). La muestra enviada al laboratorio fue de 500 g de material vegetal aproximadamente fueron 100 folíolos del centro de la hoja. El laboratorio químico realizó el análisis foliar utilizando espectrofotometría. Los muestreos fueron realizados en el mes de junio, 2014 (pre-aplicación) y diciembre, 2014 (post-aplicación).

C. Parámetros de crecimiento

Las mediciones fueron realizadas en el mes de junio, 2014 (pre-aplicación) y diciembre, 2014 (post-aplicación). Las variables de crecimiento consideradas para la evaluación fueron:

- **Tasa de emisión de hojas:** es la cantidad de hojas en cada palma que surge después de la última fecha de medición de parámetros. Basándose en la hoja no. 1 la cual fue pintada, en un muestreo anterior.
- **Largo del peciolo:** se midió con una cinta métrica, desde la base del peciolo hasta donde aparecen los primeros folíolos verdaderos (donde inicia el raquis).
- **Largo de la hoja:** se midió con una cinta métrica, desde la base del peciolo hasta donde termina el raquis (base del último folíolo).
- **Mosaico en el follaje:** auxiliándose de la escala de mosaico propuesta por Corzo *et al.*, (2012), se realizó una comparación subjetiva del valor correspondiente en la hoja número 3 de cada palma evaluada.

2.5.6. Manejo agronómico

La maleza dentro del lote utilizado para la evaluación fue eliminada utilizando control manual especialmente en el plato de cada palma y así facilitar las labores de aplicación de los productos evaluados como la extracción de muestras de suelo, además, antes de la aplicación de los tratamientos las palmas evaluadas fueron sometidas a una aplicación puntual de fertilizante de la fórmula de crecimiento $11.92 \text{ N} - 6.83 \text{ P}_2\text{O}_5 - 23.9 \text{ K}_2\text{O} - 3.29 \text{ MgO} - 4.02 \text{ S} - 0.63 \text{ B}$ utilizando 4500 gramos por palma.

2.5.7. Aplicación de productos evaluados

La aplicación del Ácido Fosfónico-Ácido Carboxílico que corresponde al tratamiento tres se realizó dos veces durante la evaluación con un intervalo de tiempo de tres meses, esto fue sugerido por la empresa distribuidora del producto, la dosis de aplicación fue de 14 l.ha^{-1} , sin embargo solo se aplicó en el área efectiva de la palma por la zona radicular (12.65 m^2) y se calculó cuanto producto se utilizaría por planta considerando que la aplicación fue solo al plato, siendo esta cantidad de $3.5 \text{ ml.planta}^{-1}$.

La aplicación de compost se realizó únicamente al inicio de la evaluación, la dosis utilizada fue equivalente a 10 TM.ha⁻¹, se utilizó esta dosis debido a que previamente se han realizado aplicaciones de compost en la finca y se han obtenido resultados satisfactorios en la disminución de la clorosis foliar (Corzo, 2014).

La aplicación de zinc se realizó únicamente al inicio de la evaluación con una dosis propuesta de 10 kg.ha⁻¹, debido a que los análisis químicos foliares y de suelo reflejaban una deficiencia del mismo elemento.

2.5.8. Análisis de la información

Se utilizó el programa estadístico Infostat® para obtener una ANDEVA (Análisis de Varianza) y determinar si existe o no diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, para las variables concentración foliar de Zn, Fe, Ni y Mn, concentración en el suelo de Zn, Fe, Ni y Mn, emisión de hojas nuevas, largo del peciolo y largo de la hoja, además, se utilizó la prueba de comparación de medias Tukey con 5% de significancia para determinar cuál tratamiento presenta mejores resultados estadísticamente.

El modelo matemático asociado al diseño experimental bloques completamente al azar se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

Y_{ij} = variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.

μ = media general de la variable de respuesta

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = error asociado a la ij-ésima unidad experimental

2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1. Concentraciones de níquel, hierro y zinc (mg.kg^{-1}) en el suelo.

En el cuadro 4, se presentan los resultados de las propiedades pH, M.O. e índices de Fe, Mn, Zn y Ni del suelo del área de estudio a diferentes profundidades (0-0.10m, 0.10-0.20m y 0.20-0.40m) extraídos con la solución extractora Mehlich III antes y después de haberse realizado la investigación.

Cuadro 4. Resultados obtenidos del análisis químico de suelo.

Mes	Trat	Estrato	pH	M.O (%)	Fe (mg.kg^{-1})	Mn (mg.kg^{-1})	Zn (mg.kg^{-1})	Ni (mg.kg^{-1})
Junio	1	0 -10	5.27	3.17	67.33	202.00	2.17	117.33
Diciembre	1	0 -10	5.50	3.30	50.00	168.33	1.63	84.67
Junio	1	10 - 20	5.23	2.20	72.67	193.00	1.40	76.33
Diciembre	1	10 - 20	5.47	2.70	63.67	180.33	1.10	60.67
Junio	1	20 - 40	5.33	1.93	62.33	138.67	0.77	55.00
Diciembre	1	20 - 40	5.40	2.60	55.67	137.33	0.97	49.67
Junio	2	0 -10	5.43	2.53	76.00	142.00	0.93	45.33
Diciembre	2	0 -10	5.63	4.20	49.67	121.33	2.40	132.33
Junio	2	10 - 20	5.33	2.37	84.00	176.33	1.63	84.33
Diciembre	2	10 - 20	5.47	2.77	45.00	128.00	1.57	115.67
Junio	2	20 - 40	5.50	2.00	130.67	119.00	1.63	106.33
Diciembre	2	20 - 40	5.23	2.20	57.67	111.33	0.97	62.67
Junio	3	0 -10	5.37	3.43	73.33	169.33	2.23	77.00
Diciembre	3	0 -10	5.50	3.30	60.00	142.33	1.57	74.33
Junio	3	10 - 20	5.30	1.97	81.33	150.67	2.33	92.33
Diciembre	3	10 - 20	5.43	2.87	52.67	121.67	1.23	59.00
Junio	3	20 - 40	5.40	2.30	68.67	133.00	1.83	109.67
Diciembre	3	20 - 40	5.27	2.57	48.00	119.33	1.17	62.67
Junio	4	0 -10	5.57	3.33	93.33	207.33	2.77	140.33
Diciembre	4	0 -10	5.40	3.33	51.67	207.33	2.57	138.33
Junio	4	10 - 20	5.40	3.33	81.33	210.00	2.03	117.00
Diciembre	4	10 - 20	5.27	3.13	56.67	175.67	2.13	127.33
Junio	4	20 - 40	5.43	2.13	79.33	205.33	1.07	75.00
Diciembre	4	20 - 40	5.40	2.63	57.00	137.00	1.20	92.33
Junio	5	0 -10	5.50	2.63	45.67	130.00	3.23	174.67
Diciembre	5	0 -10	5.57	4.03	50.00	173.00	2.50	105.33
Junio	5	10 - 20	5.47	2.93	60.33	148.33	2.43	145.00
Diciembre	5	10 - 20	5.53	3.30	47.00	133.33	1.30	67.67
Junio	5	20 - 40	5.40	1.70	66.00	131.67	0.97	57.00
Diciembre	5	20 - 40	5.33	2.80	69.67	167.67	1.50	78.00

Fuente: Elaboración propia, datos Naturalab.

En el cuadro 5, se presentan las medias de las concentraciones de los índices de Fe, Mn, Zn y Ni de las tres profundidades muestreadas (0-0.10m, 0.10-0.20m y 0.20-0.40m) para cada etapa.

Cuadro 5. Medias de las concentraciones obtenidas en el análisis químico de suelo.

Valores medios de las concentraciones de los elementos en las tres profundidades					
Tratamiento	Mes de muestreo	Fe (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Ni (mg.kg ⁻¹)
1	Junio	67.44	177.89	1.44	82.89
	Diciembre	56.44	162.00	1.23	65.00
2	Junio	96.89	145.78	1.40	78.67
	Diciembre	50.78	120.22	1.64	103.56
3	Junio	74.44	151.00	2.13	93.00
	Diciembre	53.56	127.78	1.32	65.33
4	Junio	84.67	207.56	1.96	110.78
	Diciembre	55.11	173.33	1.97	119.33
5	Junio	57.33	136.67	2.21	125.56
	Diciembre	55.56	158.00	1.77	83.67

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores de las medias para cada época indican que para el elemento Fe las concentraciones se encuentran dentro del rango medio de 30 a 100 mg.kg⁻¹, recomendado para palma. Los valores de Mn se encuentran arriba del rango de suficiencia 30 a 100 mg.kg⁻¹ situación que podría provocar un antagonismo con el Fe. Los valores de Zn se encuentran abajo del rango de suficiencia 3 a 10 mg.kg⁻¹ y en el caso del Ni las concentraciones oscila entre 65 a 125.56 mg.kg⁻¹ en el área de estudio. Las concentraciones de los elementos descritos varían dentro del área de estudio lo que demuestra la heterogeneidad del suelo.

En el análisis estadístico realizado (ver cuadro 6) con los datos obtenidos en el análisis químico de suelo se determinó que en el estrato de 0 – 0.10 m ningún elemento presentó diferencia significativa entre tratamientos evaluados, en el estrato de 0.10 – 0.20 m solo el elemento Fe presentó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados y en el estrato de 0.20 – 0.40 m ningún elemento presentó diferencia significativa entre los

tratamientos evaluados, por lo cual se realizó la prueba de comparación de medias Tukey solo para el elemento Fe en el estrato de 0.10 – 0.20m (ver cuadro 7).

Cuadro 6. Análisis de varianza de las propiedades pH, M.O. y los índices de Cu, Fe, Mn, Zn y Ni de las diferentes profundidades del suelo.

Estrato	Variable	pH	M.O	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni
0 - 10 cm	Significancia	N	N	N	N	N	N	N
	CV (%)	4.92	15.42	37.27	22.87	36.21	40.97	48.3
10 - 20 cm	Significancia	N	N	N	P	N	N	N
	CV (%)	6.09	14.71	30.65	14.8	38.52	42.6	42.78
20 - 40 cm	Significancia	N	N	N	N	N	N	N
	CV (%)	5.86	19.24	27.6	22.2	27.01	33.08	43.97
N= Nula (Sin significancia) y P= presente (Con significancia)								

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 7. Prueba de comparación de medias Tukey para análisis químico de suelo.

Fe 10 - 20 cm					
Trat	Medias	N	E.E.		
2	45.00	3	4.53	A	
5	47.00	3	4.53	A	
3	52.67	3	4.53	A	B
4	56.67	3	4.53	A	B
1	63.67	3	4.53		B

Fuente: Elaboración Propia.

Según la prueba de comparación de medias (Tukey) realizada se determinó que el tratamiento con mayor concentración de Fe en el estrato de 0.10 – 0.20 m es el 1 (testigo absoluto - fertilización convencional), sin embargo, las concentraciones de Fe en todos los tratamientos son óptimos para la producción de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) (Acosta, 2014), de acuerdo con los rangos de suficiencia utilizados por Naturaceites, S.A (30 – 100 mg.kg⁻¹).

Para el níquel, según el análisis estadístico no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con respecto a las concentraciones en el suelo independientemente del estrato evaluado lo que indica que ninguno de los tratamientos evaluados tuvo la capacidad de amortiguar la concentración de Ni en el suelo. Sin

embargo, se puede observar que en la primera época de muestreo las concentraciones de Ni en ciertos tratamientos (T1, T4 y T5) es mayor en la primera profundidad de 0.0 a 0.10 m no así para los tratamientos (T2 y T3) donde las mayores concentraciones se encuentran en la profundidad de 0.20 a 0.40m. En el segundo período de muestreo se observa que las mayores concentraciones se encuentran en la primera profundidad de 0.0 a 0.10 m. para los suelos de todos los tratamientos, lo que indica la heterogeneidad del Ni en las diferentes profundidades de suelo del área de estudio (ver figura 10). Al parecer el Ni es arrastrado superficialmente de áreas aledañas. La concentración promedio de Ni en la primera época de muestreo fue de 98.18 mg.kg^{-1} y de 87.38 mg.kg^{-1} para el segundo muestreo, estos valores son muy cercanos al valor de 100 mg.kg^{-1} considerado fitotóxico (Orihuela *et al.*, 1998).

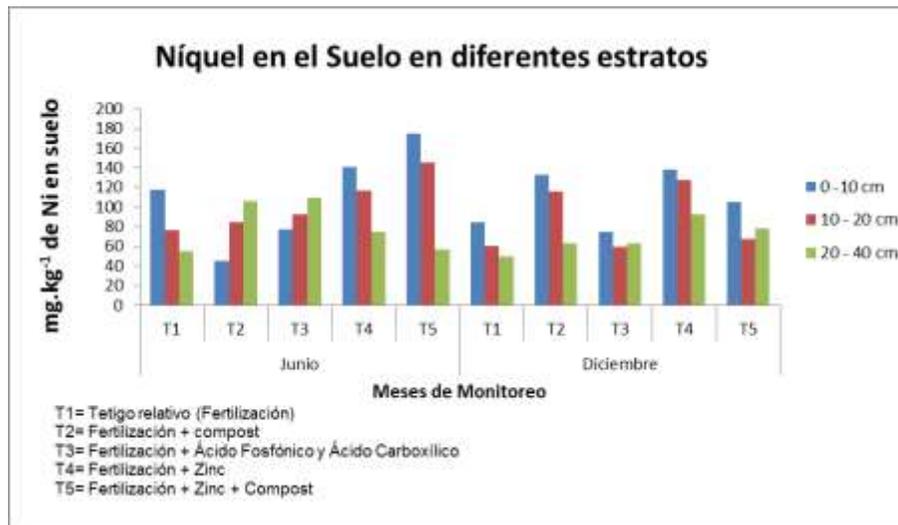


Figura 10. Concentración de níquel en el suelo evaluado en dos muestreos pre y post aplicación de tratamientos.

Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto la concentración de Zn en el suelo por efecto de los tratamientos evaluados no se encontró diferencias significativas. La concentración media para la primera época de muestreo fue de 1.82 mg.kg^{-1} y de 1.58 mg.kg^{-1} de las tres profundidades muestreadas. Los valores se encuentran abajo del rango de suficiencia utilizados por la empresa Naturaceites S.A de $3 - 10 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Acosta, 2014). En los tratamientos T4 y T5 donde se aplicó Zn las concentraciones fueron similares con el resto de tratamientos, pero se

aprecia un ligero aumento en la profundidad de 0.0 a 0.10m (2.77 y 3.23 mg.kg⁻¹ respectivamente) la no diferencia se pudo deber a la alta actividad química de los suelos (adsorción) sin embargo, esto no significa que parte de lo aplicado fuera aprovechado o absorbido por el sistema radical de la palma (ver figura 11).

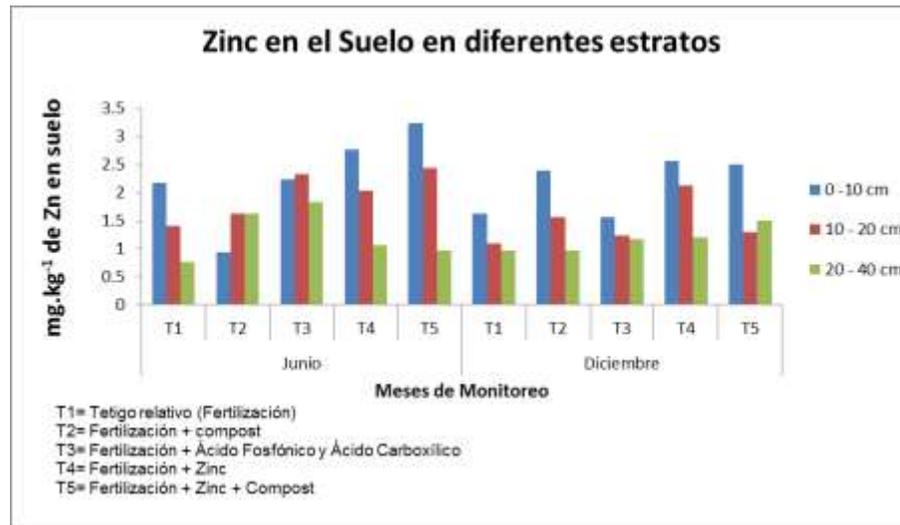


Figura 11. Concentración de zinc en el suelo evaluado en dos muestreos pre y post aplicación de tratamientos.

Fuente: Elaboración Propia.

Los análisis de suelo recabados muestran como el níquel en el suelo tiene una relación directamente proporcional independientemente de la profundidad de muestreo con el Zn, (ver figura 12).

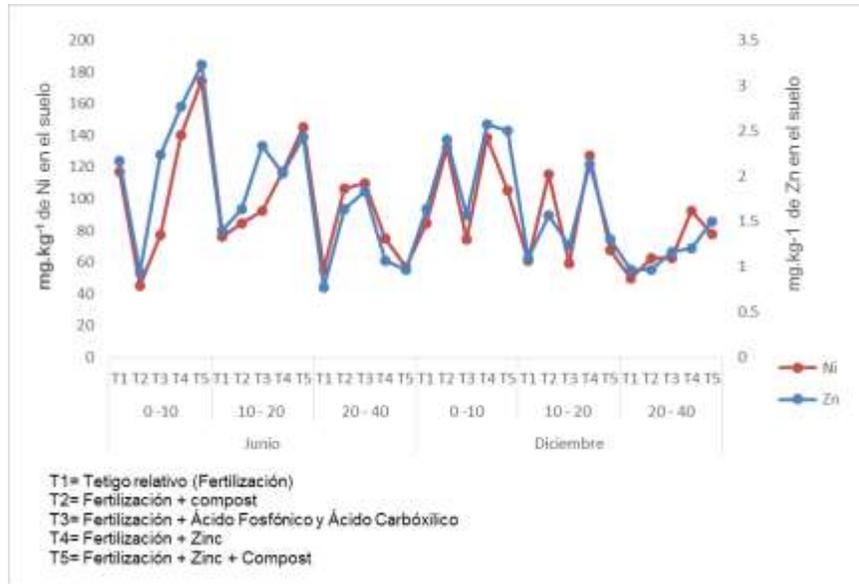


Figura 12. Correlación de Ni y Zn en los diferentes estratos y fechas de muestreo.

Fuente: Elaboración Propia

En la correlación realizada se observó que el níquel está relacionado directamente con el Zn, por lo cual si aumenta la concentración de Zn aumenta la concentración de Ni, siguiendo una línea de tendencia lineal con R^2 0.793 lo que indica que ambas concentraciones están relacionadas y que el modelo obtenido $Y (Zn) = 0.0173X (Ni) + 0.1003$ tiene un 79.3% de confiabilidad (ver figura 13).

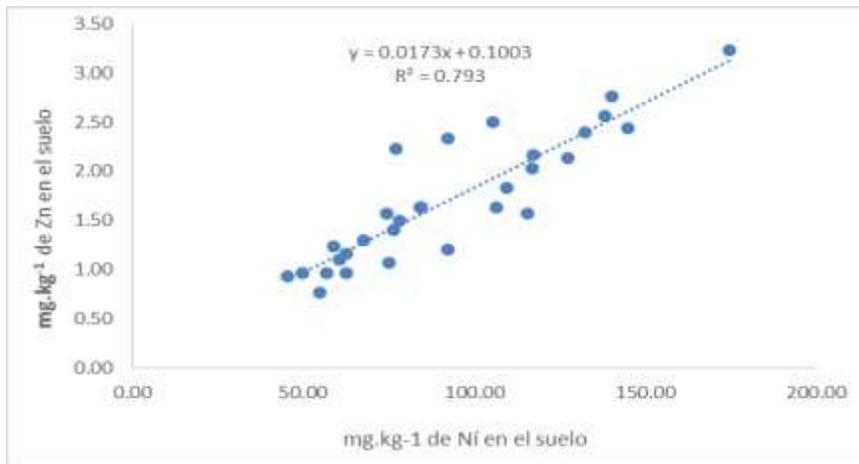


Figura 13. Línea de regresión lineal con su respectivo R^2 y modelo lineal entre la concentración de Ni y Zn en el suelo.

Fuente: Elaboración Propia.

2.6.2. Niveles de, hierro, manganeso, zinc y níquel en el tejido vegetal.

En el cuadro 8 se presentan las concentraciones de Fe, Mn, Zn y Ni expresados en materia seca de palma antes y después de haber realizado la investigación.

Cuadro 8. Concentración de Fe, Mn, Zn y Ni (mg.kg^{-1}) expresados en materia seca.

MES	Trat	Fe (mg.kg^{-1})	Mn (mg.kg^{-1})	Zn (mg.kg^{-1})	Ni (mg.kg^{-1})
Junio	1	242.00	160.00	11.00	48.33
Diciembre	1	247.67	177.67	15.00	60.67
Junio	2	514.00	197.00	9.67	76.00
Diciembre	2	331.33	192.00	14.00	78.00
Junio	3	227.33	174.00	10.00	58.00
Diciembre	3	429.00	255.33	13.33	77.33
Junio	4	304.33	229.33	12.00	82.33
Diciembre	4	317.33	179.67	14.67	86.67
Junio	5	295.67	286.67	8.67	73.33
Diciembre	5	306.33	248.33	15.00	74.33

Fuente: Elaboración Propia, datos Naturalab.

Se observa el orden de concentración de los elementos evaluados $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Zn}$ encontrándose que los rangos para el segundo muestreo fueron de 247.67 a 429 mg.kg^{-1} , 177.67 a 255.33 mg.kg^{-1} , 177.67 a 255.33 mg.kg^{-1} y 60.67 a 86.67 mg.kg^{-1} respectivamente. En todos los tratamientos las concentraciones de Ni fueron mayores en el segundo muestreo.

En el análisis estadístico realizado con el paquete estadístico Infostat ® (ver cuadro 9) se determinó que existe diferencia estadística en el análisis foliar en el elemento Fe, por lo cual se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de las concentraciones por efecto de los tratamientos (ver cuadro 10).

Cuadro 9. Análisis de varianza de las concentraciones de Fe, Mn, Zn y Ni en hojas de palma.

Resumen de ANDEVA Foliar y Raquis					
Análisis	Variable	Fe	Mn	Zn	Ni
Foliar	Significancia	P	N	N	N
	CV (%)	29.1	26.74	17.31	22.9
N= Nulo (No significancia) y P= Presente (Significancia)					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias Tukey para la concentración de Fe foliar

Fe Foliar					
Trat	Medias	n	E.E.		
1	247.67	3	54.83	A	
5	306.33	3	54.83	A	B
4	317.33	3	54.83	A	B
2	331.33	3	54.83	A	B
3	429.00	3	54.83		B

Fuente: Elaboración Propia.

En la comparación de medias se determinó que en el Fe foliar del tratamiento 3 presentó la mayor concentración, sin embargo, en todos los tratamientos la concentración de Fe se encontraban arriba de los rangos de suficiencia utilizados para la producción de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) por Naturaceites (60 – 200 mg.kg⁻¹) (Acosta, 2014). Esto demuestra que la clorosis que presentan las hojas no es causada por deficiencia de Fe.

El análisis estadístico indica que para el caso del Ni foliar no se encontró diferencias significativas por efecto de los tratamientos, los valores medios al inicio fueron 67.60 mg.kg⁻¹ y 75.4 mg.kg⁻¹ para el segundo muestreo (ver figura 14). En la actualidad se desconoce las concentraciones de Ni en el tejido vegetal del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) consideradas como nivel tóxico. Según Malavolta (2006), valores que se encuentren en el rango de 25 – 50 mg.kg⁻¹ podrían causar toxicidad para la mayoría de cultivos. Sin embargo, Valdiviezo Freire *et al.*, (2001), determinó que en rango de 170 – 240 mg.kg⁻¹ de Níquel en el tejido vegetal de tomate (*Solanum lycopersicum*) se

observaron daños en los tejidos terminales y en frutos provocando necrosamientos y clorosis foliar. Díaz Aguilar *et al.*, (1999), concluyeron que la concentración de 10mg.kg^{-1} de Ni en el cultivo de trigo (*Triticum sativum*) disminuyó en un 50% el proceso fotosintético.

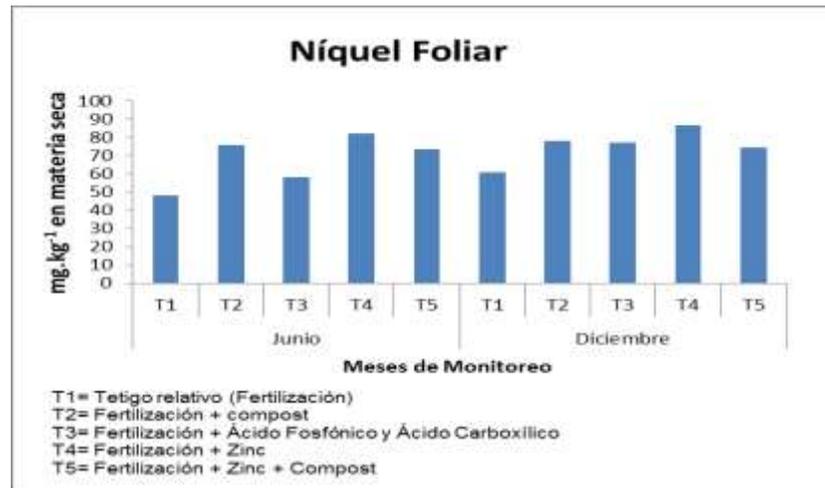


Figura 14. Concentración de níquel foliar obtenido en dos muestreos pre y post aplicación de tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.

El zinc foliar tuvo el mismo comportamiento estadístico que el Ni. No se encontraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos. La media reportada para el segundo muestreo fue de 14.4 mg.kg^{-1} (ver figura 15), concentración que se encuentra entre el rango de suficiencia $12 - 18\text{ mg.kg}^{-1}$ utilizado por la empresa (Acosta, 2014).

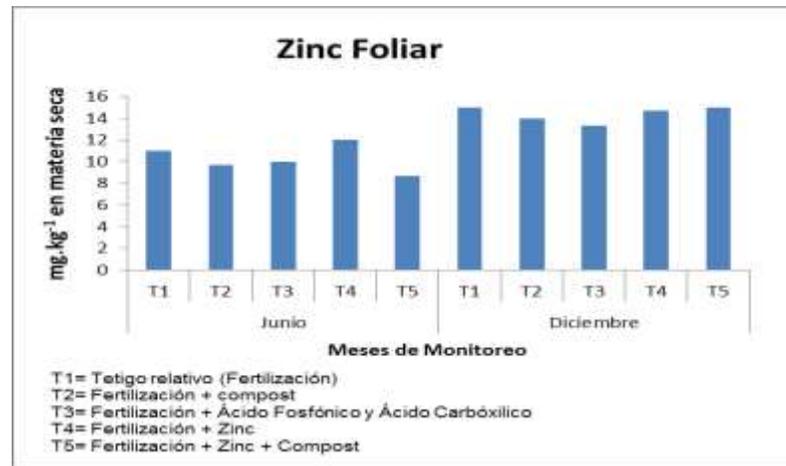


Figura 15. Concentración de zinc foliar obtenido en dos muestreos pre y post aplicación de tratamientos.

Fuente: Elaboración Propia.

2.6.3. Parámetros de crecimiento y mosaico

En el cuadro 11 se presentan los datos de los parámetros de crecimiento obtenidos en el campo y en el cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de varianza realizado a los datos obtenidos.

Cuadro 11. Datos obtenidos de la toma de parámetros de crecimiento en campo.

Mes	Trat	No. De Racimos	Tasa de emisión de hojas	Largo del entrenudo (m)	Largo de Hoja (m)
Junio	1	0	0.0000	0.0907	2.2160
Septiembre	1	0	1.7333	0.0633	2.1093
Diciembre	1	0	2.6000	0.0820	2.2100
Junio	2	0	0.0000	0.0667	1.9140
Septiembre	2	0	1.6667	0.0453	1.9227
Diciembre	2	0	2.5333	0.0973	1.9460
Junio	3	0	0.0000	0.1920	2.1640
Septiembre	3	0	1.9333	0.0640	2.0127
Diciembre	3	0	2.4667	0.0933	2.2180
Junio	4	0	0.0000	0.0870	2.1820
Septiembre	4	0	1.8000	0.0560	2.1760
Diciembre	4	0	2.7000	0.0830	2.5980
Junio	5	0	0.0000	0.1855	2.0385
Septiembre	5	0	1.9000	0.0695	2.0790
Diciembre	5	0	2.1500	0.0915	2.0945

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12. Análisis de varianza de los parámetros de crecimiento obtenidos en campo.

Variable	Significancia	CV (%)
Tasa de emisión de hojas	P	27.35
Largo del entrenudo	N	41.06
Largo de hoja (m)	P	33.64
P= Presente (Significativa) N= Nulo (No significativa)		

Fuente: Elaboración Propia.

En el análisis estadístico realizado (ver cuadro 12) a los datos obtenidos de los parámetros de crecimiento se determinó que existe diferencia significativa únicamente en los parámetros tasa de emisión de hojas y largo de hoja (m), por lo cual se realizó una prueba de comparación de medias Tukey para determinar cuál es el mejor tratamiento evaluado (ver cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias Tukey para parámetros de crecimiento.

Tasa de emisión de hojas					Largo de Hoja (m)				
Trat	Medias	n	E.E.		Trat	Medias	N	E.E.	
4	2.7	15	0.17	A	4	2.6	15	0.19	A
1	2.6	15	0.17	A	3	2.22	15	0.19	A B
2	2.53	15	0.17	A B	1	2.21	15	0.19	A B
3	2.47	15	0.17	A B	5	2.17	15	0.19	A B
5	2.14	15	0.17	B	2	1.95	15	0.19	B

Fuente: Elaboración propia.

Según la prueba de comparación de medias realizada el mejor tratamiento en cuanto a la tasa de emisión de hojas es el 4 (fertilización convencional + Zn) y 1 (testigo absoluto - fertilización convencional) y en el largo de hoja el mejor tratamiento es el 4 (fertilización convencional + Zn).

En cuanto a la tasa de emisión de hojas se observa que el tratamiento 4 presentó 2.7 hojas nuevas luego de la aplicación de los tratamientos evaluados y el testigo absoluto

presentó 2.6 hojas (tratamiento 1), la diferencia no es significativa por lo cual se atribuye que los productos evaluados no ejercieron estímulo para la emisión de hojas.

En el largo del entrenudo no se observa en el último muestreo un efecto diferente producido por algún tratamiento en particular, ya que todos se encuentran en un rango de 0.08 – 0.1, considerando que el tratamiento 1 (testigo absoluto – fertilización convencional) no fue sometido a ninguna aplicación de enmienda.

El comportamiento del mosaico en las plantas sometidas a los diferentes tratamientos al inicio y al final de la evaluación (ver figura 16), se puede apreciar que en el tratamiento 1 siendo el testigo absoluto se registra una disminución del mosaico, mientras que en el tratamiento 3 (fertilización convencional + Ácido Carboxílico + Ácido Fosfónico) el mosaico siguió avanzando y en el tratamiento 4 (fertilización convencional + Zn) se redujo en 0.5.

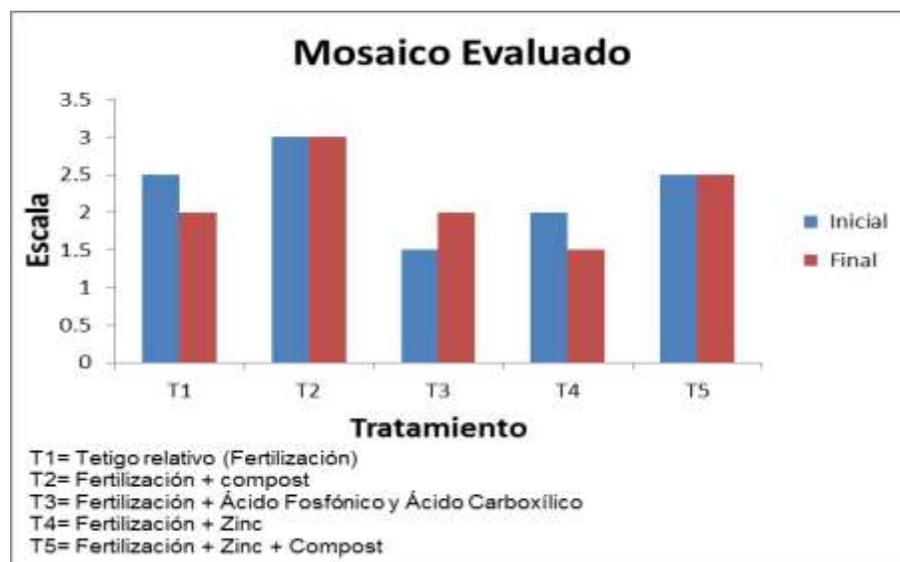


Figura 16. Mosaico presente en la fase inicial y final de la evaluación.

Fuente: Elaboración Propia.

Los parámetro de crecimiento que mejoraron se debe a que la concentración de Zn en la planta es un constituyente y un activador de algunas enzimas (p. ej. Anhidrasa Carbónica y la Deshidrogenasa), las cuales son necesarias para el mantenimiento de la integridad de la membrana celular (Fairhurst y Härdter, 2013).

2.7. CONCLUSIONES

- En el análisis de varianza realizado al análisis químico de suelo se determinó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados con respecto a la concentración de níquel en los diferentes estratos evaluados.
- En el análisis estadístico realizado al análisis químico foliar se determinó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en relación a la concentración de níquel foliar.
- Los parámetros de crecimiento revelan que el tratamiento 4 (fertilización convencional + zinc) presentó mejores resultados en cuanto al largo de hoja, reducción del mosaico, diámetro del estipe y tasa de emisión de hojas.

2.8. RECOMENDACIÓN

Realizar investigaciones donde se correlacione el nivel de mosaico con concentraciones de níquel en el suelo y en el follaje.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, A. 2014. Problemática del níquel en Naturaceites (entrevista). Guatemala, Departamento Técnico Agrícola, Asesor Internacional de Naturaceites.
2. AGROTEY.com. 2011. Catálogo de Aquamild® (en línea). México. Consultado 10 mar 2014. Disponible en http://www.agrotey.com/yancym/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=21
3. Aguilar Schafer, JA. 2013. Metalúrgia extractiva del níquel (en línea). Guatemala, EXMIBAL. 38 p. Consultado 10 nov 2014. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/cmII/7.pdf>.
4. Corzo, JM. 2014. Problemática del níquel en Naturaceites (entrevista). Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico Agrícola.
5. Cultivo de palma de aceite (en línea). 2009. Infoagro.com. Consultado 10 mar 2014. Disponible en [http://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/Palma de Aceite_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm](http://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/Palma_de_Aceite_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm).
6. Díaz Aguilar, M; Larqué Saavedra, G *et al.* 1999. Acumulación toxicas de níquel en el crecimiento y la nutrición de trigo. México. 11 p.
7. Fairhurst, T; Caliman, JP; Härdter, R; Witt, C. 2005. Oil Palm: nutrient disorders and nutrient management. Singapore, PPI/PPIC-IPI. 118 p.
8. Fairhurst, T; Härdter, R. 2013. Manejo para rendimientos altos y sostenibles. Alemania, International Plant Nutrition (IPNI) / International Potash Institute (IPI). 404 p.
9. Gomez, I; Pantaleón, G; Hernández, A. 2014. Manejo de suelos cañeros con presencia de aluminio en el área de influencia de central Motzorrongo S.A. de C.V. México. 11 p.
10. GREPALMA (Gremial de Palmicultores de Guatemala, GT). 2014. Generalidades de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) (en línea). Guatemala. Consultado 21 feb 2014. Disponible en http://www.grepalma.org/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=53
11. Hernández, R. 2002. Nutrición vegetal (en línea). Venezuela, Universidad de Los Andes. Consultado 10 mar. 2014. Disponible en <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/>
12. IPNI (International plant nutrition institute, CO). 1999. Some nutritional disorders in oil palma. Colombia. 6p.

13. _____. 2014. Manejo de la nutrición y fertilización de la palma aceitera. Colombia. 8 p.
14. Malavolta, E. 2006. Manual de nutrición mineral de plantas. Sao Paulo, Brasil, Editora Agronómica Ceres. 638p.
15. Miliarium.com. 2004. Contaminación por metales pesados (en línea). España. Consultado 10 oct 2014. Disponible en <http://www.miliarium.com/Proyectos/SuelosContaminados/Manuales/Contmetalespesados.asp>
16. Orihuela, DL; González, A.; Romero, E.; Garrido, R. 1998. Evolución espacial de formas nitrogenadas (nitrito, amonio y nitratos), en suelos cultivados: progresos en la investigación en zona no saturada. Huelva, España, Univ. Huelva., Serv. Publ., Collectánea, 11 p. 289 - 300.
17. Tacsacom. 2014. Modo de acción de Aquamild (en línea). México. Consultado 10 nov 2014. Disponible en http://www.tacsacom.mx/DEAQ/src/productos/162_53.htm
18. ValAgro.com. 2014. Nutrición vegetal: micronutrientes (en línea). Italia. Consultado 10 mar 2014. Disponible en <http://www.valagro.com/uploads/s5/RQ/s5RQz64Cm9FOmObtJaz2Dw/Los-microelementos-en-la-nutricion-vegetal.pdf>
19. Valdiviezo Friere, E; Sandoval Villa, M; Carrillo González, R; Alcántar González, G; Santizo Rincón, JA. Absorción y transporte de cadmio y níquel en tomate. *In* Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo (8, 2003, EC). Ecuador, s.n. p. 1-10.
20. Zucconi, F; Pera, A *et al.* 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle* 22: 54-57.

2.10. ANEXOS



Figura 17A. Marcación de las palmas evaluadas.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 18A. Plato de palmas evaluadas antes de la aplicación.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 19A. Suelo con toxicidad de níquel (Naturaceites).

Fuente: Elaboración Propia



Figura 20A. Preparación del zinc elemental para la aplicación.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 21A. Preparación de zinc elemental.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 22A. Aplicación de zinc y Ácido Fosfónico + Ácido Carboxílico.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 23A. Aplicación de compost previamente pesado.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 24A. Mosaico evaluado.

Fuente: Elaboración Propia



CAPITULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA NATURACEITES, S.A. EI ESTOR, IZABAL, GUATEMALA.

3.1. SERVICIO I: EVALUACIÓN DE CINCO TRAMPAS CROMOTRÓPICAS DE DIFERENTES COLORES PARA LA CAPTURA DE *Calyptocephala gerstaeckeri*, FINCA RÍO ZARCO, EL ESTOR IZABAL.

3.1.1. PRESENTACIÓN

Naturaceites cuenta con 6100 ha de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) dentro de la región Polochic, dentro de la plantación se encuentran presentes varias plagas dentro de las cuales están *Rhynchophorus palmarum*, *Metamasius hemipterus*, *Ophisphanes sp*, *Strategus aloeus*, *Calyptocephala gerstaeckeri* y *Sibine sp*.

Calyptocephala gerstaeckeri es un insecto de la familia Chrysomelidae del orden coleóptera, este se caracteriza por ser un fitófago, el daño ocasionado es directamente en el follaje de la palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) el cual se caracteriza por ser raspaduras paralelas a la nervadura central. Dicho daño deja descubierto el tejido foliar donde facilita el ingreso del hongo *Pestalotia sp*. el cual provoca en su estado avanzado necrosis foliar afectando el proceso fisiológico de la fotosíntesis y así afectando directamente el desarrollo de la planta y la producción.

Los métodos de control directos engloban todas las medidas que suponen una actuación directa sobre el patógeno. Dichos métodos se clasifican en tres grandes grupos: físicos, químicos y biológicos. A su vez, los métodos de control físico se clasifican en dos grandes grupos: medidas mecánicas y medidas físicas, las medidas físicas son trampas que son utilizadas para suprimir la cantidad de insectos en la plantación.

El área de investigación de Naturaceites realizó un ensayo de trampas cromotrópicas, del cual no se tienen antecedentes, esto se realizó para definir si el insecto es sensible ante un color en específico y si las cantidades recolectadas son masivas, determinando una sensibilidad ante el color amarillo.

3.1.2. MARCO CONCEPTUAL

A. Taxonomía de *Calyptocephala gerstaeckeri*

Clase: insecta

Orden: coleóptera

Familia: chrysomelidae

Sub familia: cassidinae

Tribu: Oediopalpini

Género: *Calyptocephala*

Especie: *C. gerstaeckeri* (Bahillo y Román, 2009).

B. Generalidades de Chrysomelidae

Los Chrysomelidae instituyen una de las familias más cuantiosas dentro del orden Coleóptera, estando descritas en la actualidad alrededor de 37.000 especies, repartidas en 20 subfamilias (Bahillo y Román, 2009).

Los integrantes de esta familia son fitófagos precisos, alimentándose en general de las hojas, aunque en algunos casos, también pueden utilizar en algún momento de su ciclo biológico las raíces o el tronco de sus fitohuéspedes como fuente de alimento (Bahillo y Román, 2009).

Considerando el hábito alimenticio fitófago de estos coleópteros y la posibilidad de presentar ciclos biológicos polivoltinos, algunos crisomélidos pueden catalogarse como plagas, no sólo por la destrucción directa de la masa foliar de la planta atacada, sino también como posibles vectores o facilitadores del ataque de enfermedades de naturaleza vírica, fúngica o bacteriana (Bahillo y Román, 2009).

La forma corporal de los crisomélidos es muy variable, con especies hemisféricas (subfamilia Chysomelinae), subcilíndricas (Subfamilias Clytrinae y Cryptocephalinae), con forma de escudo (Subfamilia Cassidinae), no faltando especies en las que las tres regiones cabeza, torax y abdomen están perfectamente diferenciados (subfamilias

Donaciinae y Criocerinae), incluso crisomélidos con el cuerpo cubierto de púas (subfamilia Hispinae) (Bahillo y Román, 2009).

La duración de los ciclos biológicos de los crisomélidos es variable según las especies y las condiciones climatológicas de las regiones donde viven (Bahillo y Román, 2009).

C. Ciclo de vida

El orden coleóptera es caracterizado por poseer una metamorfosis completa (Holometábolos), para la cual es necesario que el insecto pase por a) huevo, b) larva, la cual puede pasar por varios instares, c) pupa y d) adulto.

a. Huevo

Presenta forma ovalada estirada y aplanada (ver figura 25), recién ovipositado es de color transparente con el centro ligeramente blanquecino, posteriormente se forma el embrión y es así como se torna de color crema claro y después ligeramente crema oscuro (Córdova y Sánchez, 2008).



Figura 25. Huevo recién colocado (A) y Huevo con embrión ya formado

Fuente: Córdova y Sánchez, 2008

b. Larva

Esta pasa por seis instares (ver figura 26). En todos los instares presenta coloración general blanco crema y algunas partes de color café claro. Se caracteriza porque es su extremo abdominal quedan vestigios del instar anterior (Córdova y Sánchez, 2008).



Figura 26. Seis instares larvales de *Calyptocephala gerstaeckeri*.

Fuente: Córdova y Sánchez, 2008

c. Pupa

Es de tipo exarata (ver figura 27), con el extremo del abdomen cubierto por la última exuvia larval. Recién formada presenta coloración blanco crema; en su fase más avanzada se torna de color café claro (Córdova y Sánchez, 2008).

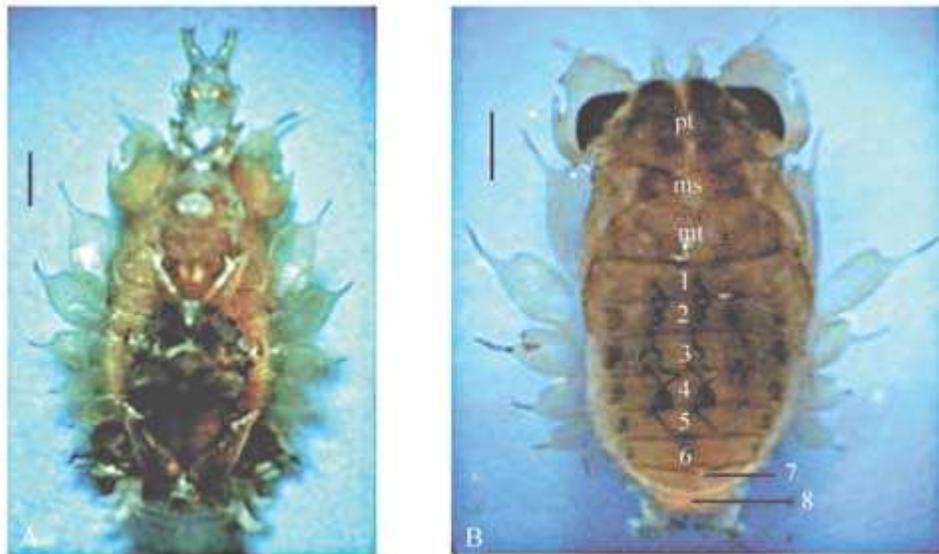


Figura 27. Pupa exarata de *Calyptocephala gerstaeckeri*.

Fuente: Córdova y Sánchez, 2008

d. Adulto

En esta etapa la especie se caracteriza por tener los márgenes laterales del pronoto de color oscuro, lo cual hace fácil su identificación (ver figura 28).



Figura 28. Adulto de *Calyptocephala gerstaeckeri*.

Fuente: Córdova y Sánchez, 2008

D. Biología del insecto

Las especies de la subfamilia Cassidinae son filófagas, y tanto larvas como adultos se alimentan del follaje, principalmente de dicotiledóneas, existiendo algunas especies que consumen hojas de palmas (Arecaceae) (Marinoni *et al.*, 2001).

Las larvas y los adultos dañan el envés de los folíolos de palmas adultas y jóvenes haciendo surcos delgados de unos pocos centímetros de longitud paralelos a la nervadura principal.

Es posible que esos daños constituyan puerta de entrada para el hongo *Pestalotia sp.* La enfermedad se caracteriza por manchas foliares con el centro café pálido, rodeado por áreas concéntricas de color marrón. Este borde a su vez se presenta rodeado por un fino halo clorótico (Sosa *et al.*, 2003).

Las lesiones pueden llegar hasta producir áreas grandes de tejido necrótico de coloración grisácea (ver figura 29). La enfermedad produce decaimiento de la planta, notable pequeñez de las hojas, escasa y baja calidad de floración (Sosa *et al.*, 2003).



Figura 29. Área necrótica provocada por *Pestalotia sp.*

Fuente: Elaboración Propia.

Para que ocurra la penetración del hongo a la planta de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) es obligatoria la presencia de un daño físico provocado por un insecto en este caso el daño por *Calyptocephala gerstaeckeri* (ver figura 30).



Figura 30. Daño en estado avanzado de *Calyptocephala gerstaeckeri*.

Fuente: Elaboración Propia

E. Trampas cromotrópicas

- Las trampas cromotrópicas son unas placas adhesivas indispensables para la detección y el monitoreo de plagas en cultivos. Están elaboradas de un plástico

rígido y resistente, cubierto de un pegamento de alta calidad, no diluyente con agua, que no se deteriora con altas temperaturas y que no contiene sustancias tóxicas (Planprotect, 2009).

- Algunos insectos son atraídos por longitudes de onda relacionadas con los espectros del amarillo y azul. Esta sensible atracción permite la captura en trampas que poseen una superficie con adhesivo estable a la radiación y al agua. Las trampas permiten detectar infestaciones tempranamente y reducir niveles poblacionales de insectos plaga mediante la captura masiva (Planprotect, 2009).
- Los colores que son más utilizados en las trampas cromotrópicas son amarillo y azul, sin embargo para fines de investigación es necesario tomar en cuenta todos los colores del espectro luminoso los cuales son: violeta, azul, verde, amarillo y rojo, debido a que cada insecto es sensible a diferentes colores dependiendo el que perciben y reflejan (Planprotect, 2009).

3.1.3. OBJETIVOS

A. General

- Evaluar cinco trampas cromotrópicas de diferentes colores para la captura de *Calyptocephala gerstaeckeri*.

B. Específicos

- Comprobar si *Calyptocephala gerstaeckeri* es sensible ante un color en específico.
- Determinar cuál de las cinco trampas es más eficiente para la atracción de *Calyptocephala gerstaeckeri*.

3.1.4. Metodología

A. Procedimiento de establecimiento

- Se realizó el corte del nylon aproximadamente de 110 cm de largo y de ancho 70 cm.
- Dentro del área útil de la trampa (100cm X 70 cm) se marcó 12 cuadros de 25 cm X 20 cm para facilitar el conteo de insectos atrapados (ver figura 31).



Figura 31. Trampa cromotrópica con los cuadros marcados para facilitar conteo de insectos.

Fuente: Elaboración Propia

- Para sujetar las trampas en el campo se realizaron 100 estacas de 120 cm de alto (ver figura 32).



Figura 32. Establecimiento de las trampas en campo.

Fuente: Elaboración Propia.

- El pegamento utilizado fue Bio Tak® el cual se diluyó con gasolina en una relación 1.67/1 respectivamente.
- Las trampas fueron establecidas cada 12 palmas al cuadrado asegurando 1trampa/ha.
- Al momento del establecimiento en el campo, el nylon fue grapado en las estacas previamente colocadas a 1m de distancia entre sí.
- Luego se le colocó con la ayuda de una brocha el pegamento únicamente en una cara del nylon (ver figura 33).



Figura 33. Colocación del pegamento en las trampas cromotrópicas.

Fuente: Elaboración propia.

- Los colores utilizados fueron azul, amarillo, verde, rojo y morado, con 10 repeticiones cada color.

B. Procedimiento de toma de datos

- Se realizó una boleta de registro (ver cuadro 14), la cual contiene aspectos como: trampa No., color, No. cuadro, No. de insectos, *Calyptocephala gerstaeckeri*, otros y observaciones.

Cuadro 14. Boletas de registro para la toma de datos en campo.

		Fecha _____ Responsable _____ Finca y Pante _____				
Registro de Trampas Cromotrópicas						
Trampa No.	Color	No. Cuadro	No. De insectos	Calyptocephala	Otros	Observaciones
		1				
		2				
		3				
		4				
		5				
		6				
		7				
		8				
		9				
		10				
		11				
		12				
		Total				

Fuente: Elaboración Propia

- La toma de datos se realizó cada semana durante un mes, obteniendo así cuatro muestreos acumulativos.

C. Análisis de datos

- Se realizó una sumatoria acumulativa tomando en cuenta las 10 trampas por color.
- Se realizó una gráfica donde se observará la diferencia del número de *Calyptocephala gerstaeckeri* capturadas por color.

D. Materiales y equipo

- Estacas
- Nylon (Rojo, Amarillo, Azul, Verde y Morado)
- Bio Tak
- Gasolina
- Brocha
- Guantes
- Mascarilla
- Engrapadora
- Grapas
- Marcador
- Regla
- Cinta métrica
- Boletas de registro

3.1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el tiempo que duró el experimento para determinar si el *Calyptocephala gerstaeckeri* es sensible ante un color se llevó a cabo cuatro muestreos donde se observó que el color amarillo presentó mayor capturas desde el primer muestreo capturando 39, el segundo muestreo 87 *C. gerstaeckeri* capturados, tercer muestreo 104 *C. gerstaeckeri* y en el cuarto muestreo 87 *C. gerstaeckeri* (ver cuadro 15), sin embargo el color azul capturó la mayor cantidad de insectos varios debido a que en la zona de la finca Río Zarco existe alta cantidad de moscas (*Musca domestica*) y tábanos (*Dicladocera nubipennis*).

Cuadro 15. Resultados de las capturas acumuladas por cada muestreo.

Color	Primer Muestreo (22/04/2014)		Segundo Muestreo (29/04/2014)		Tercer Muestreo (07/05/2014)		Cuarto Muestreo (14/05/2014)	
	<i>Calyptocephala</i>	Varios	<i>Calyptocephala</i>	Varios	<i>Calyptocephala</i>	Varios	<i>Calyptocephala</i>	Varios
Amarillo	39	650	87	663	104	1237	87	1337
Azul	23	1720	20	2075	15	2861	2	2246
Morado	28	1103	43	1397	26	2305	9	1681
Rojo	17	649	18	485	15	812	2	584
Verde	12	287	11	413	19	556	9	864

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 34 se muestra como el color amarillo es el que ejerce un estímulo visual atractivo para *Calyptocephala gerstaeckeri* con el 6.39%, sin embargo al realizar un análisis comparativo con el total de insectos capturados/trampa ningún color es efectivo para el insecto *Calyptocephala gerstaeckeri*.

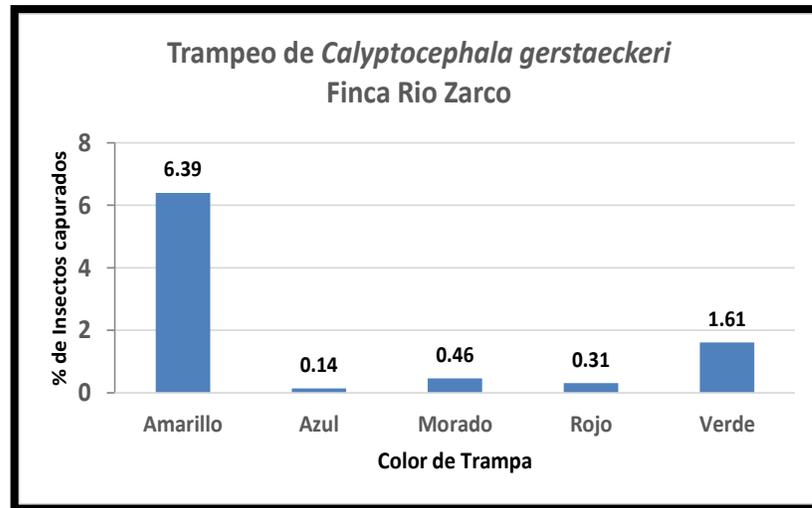


Figura 34. Resultado grafico del porcentaje de captura de *Calyptocephala gerstaeckeri*.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 35 se muestra la cantidad de *Calyptocephala gerstaeckeri* capturados en relación a la totalidad de insectos capturados por trampa, donde se observa que la mejor trampa para las capturas de insectos varios es la azul y la mejor para las capturas de *Calyptocephala gerstaeckeri* es la amarilla, sin embargo la cantidad capturada no expresa que este sea un método muy eficiente para dicha labor.

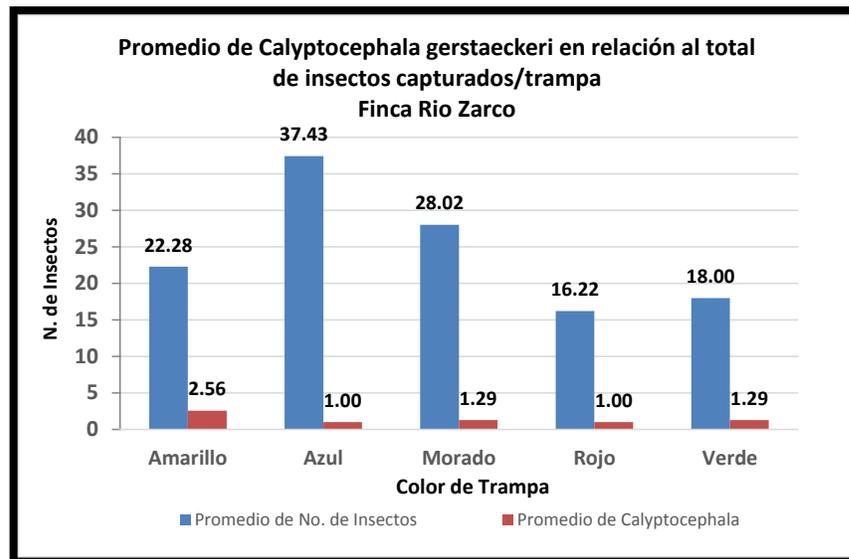


Figura 35. Promedio de capturas de *Calyptocephala gerstaeckeri* y de insectos varios.

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6. CONCLUSIONES

- Se determinó que el insecto *Calyptocephala gerstaeckeri* tiene una moderada sensibilidad visual ante el color amarillo, debido a que este color fue el que capturó mayor cantidad de insectos con una cantidad promedio de 2.56, azul 1, morado 1.29, verde 1.29 y rojo 1.
- Aunque la trampa de color amarillo sea la que más capturas de *Calyptocephala gerstaeckeri* presentó, por la cantidad de insectos promedio por trampa (2.56 insectos) se concluye que el uso de trampas cromotrópicas no es eficiente para la control de la población de *Calyptocephala gerstaeckeri*.

3.1.7. RECOMENDACIONES

- Realizar la evaluación considerando el color blanco, debido a que este es un color primario y no se tomó en cuenta en dicha evaluación.
- Realizar trampas más grandes y colocarlas cerca del follaje debido a que las palmas son muy altas y el insecto a controlar es plaga de follaje.

3.1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Bahillo, P; Román, I. 2009. Estudio faunístico de la familia Chysomelidae (Coleóptera, Phytophaga) en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (en línea). España. Consultado 6 mayo 2014. Disponible en http://www.osakidetza.euskadi.net/contenidos/informe_estudio/coleopteros_fitofagos_os_urdaibai/es_doc/adjuntos/coleopteros_fitofagos_urdaibai.pdf
2. Córdova, L; Sánchez, S. 2008. Datos bionómicos y descripción de los inmaduros de *Calyptocephala gerstaeckeri* Boheman (en línea). México. Consultado 24 abr 2014. Disponible en http://www.coleoptera-neotropical.org/paginas/2_PAISES/Bolivia/Chrysomelidae/Chrysomeloidea-bol.html
3. Marinoni, RC; Ganho, NG; Monné, ML; Mermudes, JRM. 2001. Hábitos alimentares em Coleoptera (Insecta): compilação, organização de dados e novas informações sobre alimentação nas famílias de coleópteros. Brasil, Ribeirão Preto, Holos Editora. 64 p.
4. Planprotect.com. 2009. Trampas cromotrópicas (en línea). España. Consultado 6 mayo 2014. Disponible en http://www.planprotect.com/pdf/Colocacion_de_Placas_y_modelos.pdf
5. Sosa, N; Álvarez, R; Cabrera, M. 2003. Ocurrencia de *Pestalotia* sp. causando lesiones necróticas en plantas de jazmín del cabo (*Gardenia augusta*) (en línea). Argentina, Universidad Nacional del Nordeste. Consultado 6 mayo 2014. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-019.pdf>

3.2. SERVICIO II: EVALUACIÓN DE DIFERENTES MEZCLAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA CONTROL DE LA MALEZA *Syngonium podophyllum* EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq) EN FINCA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL.

3.2.1. PRESENTACIÓN

En el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) generalmente se presentan problemas con malezas las cuales invaden el cultivo produciendo perjuicios en su rendimiento, debido al microclima (alta humedad y alta luminosidad difusa) que se genera dentro del cultivo la maleza con mayor cobertura en la finca Pataxte es *Syngonium podophyllum*, las cuales crecen y se desarrollan sobre el tallo o estipe de la palma porque se trasladan desde la base (plato) de la planta, debido a un control deficiente de las malezas en ese sitio y esta situación provoca mayores dificultades para los trabajadores al momento de realizar las labores de cosecha y/o al aplicación de fertilizantes.

Syngonium podophyllum es una planta que por su apariencia física se ha considerado planta ornamental en diferentes lugares de Guatemala, sin embargo dentro del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) se ha considerado como maleza debido a la excesiva superficie que esta ocupa, *S. podophyllum* es una planta con alta capacidad de reproducción cuando las condiciones de baja luminosidad y alta humedad están presentes.

Debido a la gran importancia que tiene el control de malezas dentro del cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) el área de investigación agrícola realizó la evaluación de 5 tratamientos de diferentes mezclas de herbicidas para el control de *Syngonium podophyllum*, los cuales fueron distribuidas en el campo bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, entre los cuales fue evaluado productos químicos que se utilizan convencionalmente como Ally® (Metsulfurón metil), Bivert® (Aminoácidos, ácidos Orgánicos Aromáticos), Buffex® (Ácidos orgánicos), Round up Max® (Glifosato), Harness® (Acetoclor), Inex-A® (Alquil polieter alcohol etoxilado) y productos propuestos por la casa comercial Foragro como Forza® (Metsulfurón metil), Lox® (Ácidos Orgánicos), Solucion® (), sil Fact® (Surfactante y Alcohol Etoxilates), Charro® (Metsulfurón metil) y

Chispudo® (Picloram), en dicha evaluación no se encontró diferencia significativa, sin embargo el tratamiento 4 tuvo mejor resultados visuales y comparativos.

3.2.2. MARCO CONCEPTUAL

A. Taxonomía *Syngonium podophyllum*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Alismatales
Familia:	Araceae
Subfamilia:	Aroideae
Género:	<i>Syngonium</i>
Especie:	<i>S. podophyllum</i> (Ecured, 2013).

B. Descripción

S. podophyllum es considerada maleza ya que es una planta que con facilidad se desarrolla sin fin productivo cuando las condiciones ambientales de alta humedad y alta luminosidad difusa están presentes y además por ser una planta rastrera y a la vez trepadora puede llegar a invadir otros cultivos produciendo perjuicios en su rendimiento (Ecured, 2013).

a. Tallos

Son herbáceos trepadores y/o rastreros que en estado adulto pueden llegar a medir varios metros de longitud, convirtiéndose en fuertes y gruesos, aunque conservando su flexibilidad. La multiplicación está directamente relacionada con el crecimiento del tallo, debido a la emisión de raíces adventicias en los nudillos (Ecured, 2013).

b. Raíces

La mayoría son raíces adventicias las cuales se encargan de suplir a la planta de alimento y de agua, además cumplen la función de sostén a la planta (Ecured, 2013).

c. Hojas

Estas surgen de largos pecíolos envainados que parten de los nudos, las cuales tienen un color verde intenso con una forma de flecha (sagitadas) cuando recién emergen, luego se

vuelven ovaladas. En las plantas adultas las hojas están partidas en tres lóbulos (Ecured, 2013).

C. Requerimientos climáticos

Es importante conocer las condiciones favorables para la multiplicación de *S. podophyllum* y así evitar crear un microclima dentro de la plantación y evitar su multiplicación excesiva.

- **Temperatura:** Es una planta que no soporta un cambio brusco de temperatura, la temperatura ideal sería una temperatura constante durante todo el año, sin embargo puede tolerar temperaturas mínimas de 10 – 12 °C.
- **Humedad relativa:** La humedad relativa donde se desarrolla con mayor facilidad *S. podophyllum* es de 75 – 85% sin embargo cuanto más elevada sea la humedad relativa será mejor.
- **Luminosidad:** Es una planta que requiere de gran luminosidad, pero difusa, es decir, que los rayos del sol no incidan directamente sobre las hojas (Ecured, 2013).

D. Control de malezas

Para el control eficiente de las malezas es necesario tomar como punto de partida los siguientes factores: las especies de las malezas predominantes, el área y la localización de la invasión de malezas, el estado de desarrollo de la maleza y su relación con el desarrollo del cultivo, el equipo disponible para el control y las condiciones del clima y la humedad del suelo al momento de dar inicio al control (Caseley, 2012).

E. Métodos de control de malezas

a. Control manual

Este método se lleva a cabo con la ayuda de palas y azadones, su uso es común pero se corre el riesgo de afectar las plántulas que se encuentran emergiendo (Cassaneito, 2011).

b. Control mecánico

Su aplicación es para grandes extensiones y su eficiencia se refleja en el tiempo, pero una de sus principales desventajas es que se puede causar compactación en el suelo y la maleza podría rebrotar (Cassaneito, 2011).

c. Control químico

El uso de este tipo de productos en la actualidad es parte fundamental en el manejo agronómico de un cultivo y representan un alto porcentaje del costo en el manejo agronómico de la plantación (Cassaneito, 2011).

F. Herbicidas

Los herbicidas son productos químicos que cuando entran en contacto con las plantas, les producen alteraciones que evitan su crecimiento normal y además deformaciones y al final la muerte (Cassaneito, 2011).

a. Clasificación de Herbicidas

- Por su Finalidad
 - Total: Es aquel que destruye toda la vegetación sobre la que se aplica. Puede ser selectivo si se aplica en dosis menores (García, 2013).
 - Selectivo: Son aquellos que en condiciones normales destruyen las malezas y no el cultivo (García, 2013).

- Por su Modo de Acción
 - Residuales: Son aquellos que permanecen en el suelo el suficiente tiempo como para ir matando las malas hierbas en el momento de su germinación, estos productos no son tóxicos para la planta cultivada (García, 2013).
 - De contacto: Aquellos que matan las plantas sobre las que caen, pero su acción tóxica es de muy poca duración, solo quema las partes que moja (García, 2013).
 - Sistémicos: Penetran en el interior de la planta, mezclándose con la savia y repartiéndose por toda ella. Actúan por translocación (García, 2013).
- Según el momento de Aplicación
 - Pre-siembra: Son los que se aplican después de la preparación del suelo, pero antes de la siembra o plantación (García, 2013).
 - Pre-emergencia: Son los productos que se aplican después de la siembra de la planta cultivada, pero antes de su germinación (García, 2013).
 - Post-emergencia: Son aquellos que se aplican después del nacimiento de las malas hierbas y de la planta cultivada (García, 2013).

b. Descripción de los herbicidas a utilizar

En el cuadro 16 se describen los productos químicos utilizados para llevar a cabo la evaluación.

Cuadro 16. Descripción de los productos químicos a utilizar tanto los de uso convencional como los propuestos.

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Grupo Químico	Acción	Dosis Sugerida
Ácidos orgánicos policarboxílicos	Buffex	Coadyuvantes	Regulador del pH y corrector de la Dureza del agua	0.75kg/ha
Ácido fosfórico y EDTA	Solución 30SL	Bioabonos	Regulador del pH y corrector de la Dureza del agua	Depende de la Dureza del agua 0.5 cc/l.
Alquil polieter alcohol etoxilado, Alquil poliglicol, Aril polietoxietanol	Inex-A	Coadyuvantes	Coadyuvante, Acidificante Quelante	0.75l/ha
Surfactante y Alcohol Etoxilates	Sil-Fact 100 SL	organosilicona surfactante	Sulfactante	20 – 32 cc/ha
Glifosato (Granulos Solubles)	Round up Max	Aminifosfonato	Acción Sistemática, no selectivo y de control post-emergente	2.5kg/ha
Metsulfurón metil: Metil 2-(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)-amino carbamoil sulfamoil benzoato	Ally ® 60WG	Sulfonilúreas	Uso selectivo en malezas de hoja ancha	15 g/ha
Metsulfurón Metil	Forza 60 WP	Sulfonilúreas	Uso selectivo en malezas de hoja ancha	15 – 20 g/ha
Metsulfurón Metil	Charro	Sulfonilúreas	Uso selectivo en malezas de hoja ancha	37.5 g/ha
Picloram	Chispudo	Ácidos Piridino – carboxilicos	Uso selectivo en malezas de hoja ancha	700 cc/ha
Acetoclor	Harness	Cloroacetamidas	Acción Sistemática, no selectivo y de control post-emergente	3.6 l/ha
Aminoácidos, ácidos Orgánicos Aromáticos	Bivert	Coadyuvantes	Encapsulador	0.4 l/ha
Ácidos Orgánicos 6%	Lox	Coadyuvantes	Encapsulador	250 ml/ha

Fuente: Elaboración propia con información de FORAGRO®.

3.2.3. OBJETIVOS

A. General

- Evaluar diferentes mezclas con productos químicos para el control de la maleza *Syngonium podophyllum* en el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).

B. Específicos

- Determinar la mezcla de productos químicos que produce un efecto positivo en el control de *Syngonium podophyllum* en el cultivo de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq).
- Determinar estadísticamente si existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.
- Evaluar económicamente que mezcla de productos químicos genera mayor beneficio en el control de *Syngonium podophyllum* a un menor costo.

3.2.4. METODOLOGÍA

A. Descripción de tratamientos

Dentro de los cinco tratamientos se evaluó un testigo relativo (tratamiento 1) el cual contiene productos químicos utilizados comúnmente en la empresa, el tratamiento 2 y 3 son combinaciones de productos usados convencionalmente por la empresa y productos nuevos distribuidos por FORAGRO®, los tratamientos 4 y 5 contienen solo productos nuevos comercializados por FORAGRO® (ver cuadro 17).

Cuadro 17. Descripción de los tratamientos evaluados.

Código	Producto	Dosis/8 litros de agua	U.M
Tratamiento 1	Ally®	1.8	Gramos
	Bivert®	10	CC
	Buffex®	16	Gramos
	Round up Max ®	60	Gramos
	Harness®	80	cc
	Inex A®	16	cc
Tratamiento 2	Forza®	1.8	Gramos
	Bivert ®	10	CC
	Buffex®	16	Gramos
	Round up Max ®	60	Gramos
	Harness®	80	cc
	Inex A®	16	cc
Tratamiento 3	Forza®	1.8	Gramos
	Lox®	125	CC
	Solucion®	4	Gramos
	Round up Max ®	60	Gramos
	Harness®	80	cc
	Sil Fact®	4	cc
Tratamiento 4	Charro-Chispudo®	0.25	combos
	Lox®	125	CC
	Sil Fact®	4	CC
	Solución ®	4	CC
Tratamiento 5	Charro-Chispudo ®	0.3125	Combos
	Lox®	125	CC
	Sil Fact ®	4	CC
	Solucion ®	4	CC

Fuente: Elaboración Propia

B. Distribución de tratamientos

En el cuadro 18 se puede observar la distribución aleatorizada de los tratamientos en campo.

Cuadro 18. Tratamientos distribuidos bajo un diseño de bloques completamente al azar.

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
	T1R1	T5R2	T3R3
	T2R1	T3R2	T4R3
	T3R1	T1R2	T5R3
	T4R1	T2R2	T1R3
	T5R1	T4R2	T2R3

Fuente: Elaboración Propia

C. Material y equipo

- Bomba de mochila (16 Lt)
- Boquilla TEEJET 8002
- Cinta métrica
- Cubeta plástica
- Mezclador
- Balanza analítica
- Medidor de dureza
- Indicador de pH
- Marco de madera de 1m² con divisiones de 10 x 10 cm.
- Productos químicos
- Libreta de campo
- Formatos de evaluación en campo

D. Procedimiento de establecimiento

- Los tratamientos fueron establecidos en campo siguiendo una distribución de bloques completamente al azar, utilizando 5 tratamientos diferentes, con 3 bloques, cada bloque estaba conformado por 20 palmas, distribuidas en 4 plantas/tratamiento/bloque. El ensayo estaba conformado por un total de 60 palmas.

E. Procedimiento de aplicación

- Antes de realizar la mezcla de los productos químicos a utilizar se realizó una prueba de dureza de agua donde se obtuvo el resultado de 154 ppm.
- Se realizó una prueba de pH, obteniendo un resultado de 7.5.

- Luego se realizó la mezcla correspondiente para cada tratamiento, realizando los cálculos correspondientes para la dosificación por el área efectiva del plato de la planta que corresponde a 2 m de diámetro.
- La dosificación se realizó para un volumen de agua de 8 litros, ya que según el departamento de mantenimiento agrícola la calibración del equipo para asperjar utilizada rinde 4 bombas de 16l/ha.
- La aplicación se realizó usando una bomba de mochila de 16 litros, se asperjó a las cuatro plantas que correspondían a la unidad experimental.

F. Procedimiento de toma de datos

- Se realizó una toma de datos antes de la aplicación de los productos químicos, lo que corresponde a 0 días control.
- Cada 15 días luego de la aplicación de los productos químicos se realizó una lectura de malezas.
- El experimento tuvo una extensión de 120 días lo que corresponde a nueve tomas de datos.
- Para cada recolección de datos se utilizó un marco de 1m² el cual estaba formado por 100 cuadros de 0.01 m².
- Las lecturas se realizaron en los cuatro puntos cardinales de la planta (sur, norte, este y oeste), en cada punto se tomó el porcentaje de maleza existente, luego se realizó un promedio el cual se registró para su posterior análisis estadístico.

3.2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Análisis comparativo

En el seguimiento de los tratamientos evaluados durante 120 días a través de un análisis comparativo fotográfico se observan mejores resultados en el tratamiento 3, es importante destacar que las fotografías fueron tomadas en una sola repetición/tratamiento y en un solo punto cardinal de la planta desde el inicio del seguimiento, sin embargo el resultado obtenido en el análisis de todas las repeticiones por tratamiento en las 9 lecturas, genera en relación al porcentaje de malezas un mejor control el tratamiento 4 como se visualiza en las figuras 40a, 40b, 40c, 40d, 40e, 40f, 40g, 40h y 40i.

También se puede observar que todos los tratamientos presentan la misma tendencia y a los 120 días el porcentaje de malezas no supera el 30% (ver figura 36), lo que significa que tanto el control de malezas que actualmente tiene implementado Naturaceites como el control de malezas ofrecido por la casa comercial FORAGRO® son eficientes ya que ninguno de los tratamientos alcanza el porcentaje de maleza inicial que tenía el lote antes de desarrollar la evaluación.

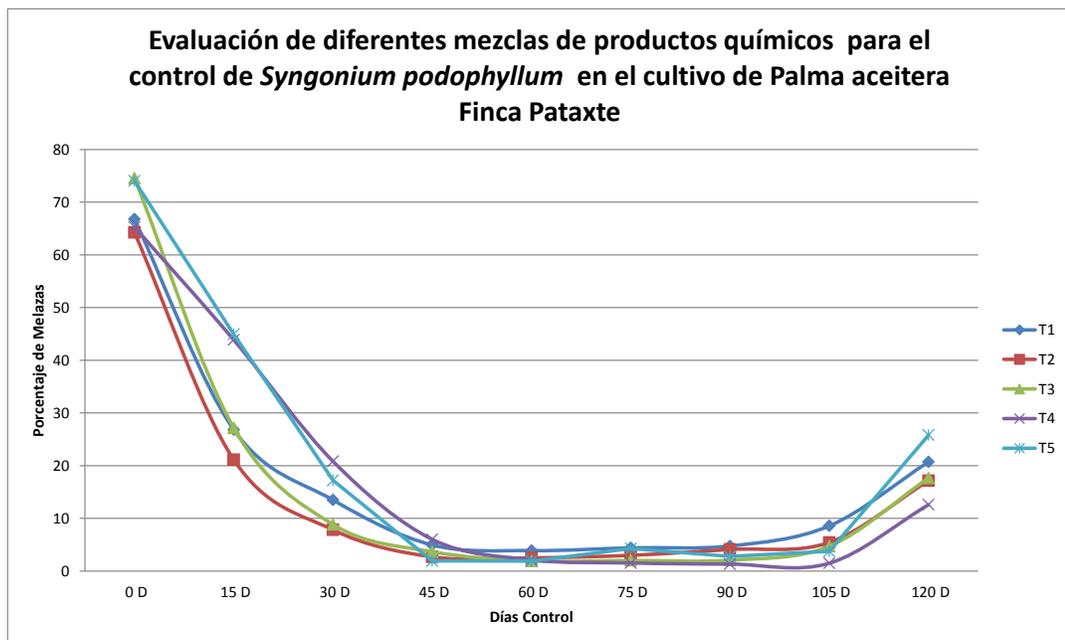


Figura 36. Resultados gráficos durante 120 días control de la evaluación

Fuente: Elaboración Propia

B. Análisis económico

A través del análisis económico comparativo del experimento se determinó que el tratamiento que genera mejor relación beneficio-costos es el tratamiento N. 4 (ver cuadro 19).

Cuadro 19. Análisis de costos/tratamiento

Tratamientos	Producto	Dosis/ha	Presentación	Costo/ unidad	Costo/ ha	Costo Total/ha
Tratamiento 1	Ally®	15 g/ha	1 kilogramo	Q2767.86/Kg	Q41.52	Q656.39
	Bivert®	0.4 l/ha	1 litro	Q69.76/l	Q27.90	
	Buffex®	0.75kg/ha	1 kilogramo	Q114.51/Kg	Q85.88	
	Round up Max ®	2.5kg/ha	1 kilogramo	Q93.75/Kg	Q234.38	
	Harness®	3.6 l/ha	1 litro	Q64.71/l	Q232.96	
Tratamiento 2	Inex A®	0.75l/ha	1 litro	Q 45.00/l	Q33.75	Q629.14
	Forza®	17.5 g/ha	1 Kilogramo	Q815.36/kg	Q14.27	
	Bivert ®	0.4 l/ha	1 litro	Q69.76/l	Q27.90	
	Buffex®	0.75kg/ha	1 kilogramo	Q114.51/Kg	Q85.88	
	Round up Max ®	2.5kg/ha	1 kilogramo	Q93.75/Kg	Q234.38	
	Harness®	3.6 l/ha	1 litro	Q64.71/l	Q232.96	
Tratamiento 3	Inex A®	0.75l/ha	1 litro	Q 45.00/l	Q33.75	Q501.29
	Forza®	17.5 g/ha	1 Kilogramo	Q815.36/kg	Q14.27	
	Lox®	250 ml/ha	9.46 litros	Q66.36/l	Q16.59	
	Solucion®	Depende de la Dureza del agua 0.5 cc/l.	20 litros	Q24.33/l	Q0.78	
	Round up Max ®	2.5kg/ha	1 kilogramo	Q93.75/Kg	Q234.38	
	Harness®	3.6 l/ha	1 litro	Q64.71/l	Q232.96	
Tratamiento 4	Sil Fact®	25 ml/ha	20 litros	Q92.9/l	Q2.32	Q186.82
	Charro + Chispudo®	30 g/ha + 560 cc/ha	1 combo (270gr + 5.04 Lt)	Q1504.16/ combo	Q167.13	
	Lox®	250 ml/ha	9.46 litros	Q66.36/l	Q16.59	
	Sil Fact®	25 ml/ha	20 litros	Q92.9/l	Q2.32	
	Solución ®	Depende de la Dureza del agua 0.5 ml/l.	20 litros	Q24.33/l	Q0.78	
Tratamiento 5	Sil Fact ®	25 ml/ha	20 litros	Q92.9/l	Q2.32	Q228.60
	Lox®	250 ml/ha	9.46 litros	Q66.36/l	Q16.59	
	Charro + Chispudo ®	37.5 g/ha + 700 ml/ha	1 combo (270gr + 5.04 Lt)	Q1504.16/ combo	Q208.91	
	Solucion ®	Depende de la Dureza del agua 0.5 ml/l.	20 litros	Q24.33/l	Q0.78	

Fuente: Elaboración propia, con información de Forragro y Mantenimiento agrícola

3.2.6. CONCLUSIÓN

- El tratamiento que obtuvo mejores resultados en el análisis comparativo (Figura 39) y en el análisis económico es el tratamiento 4 el cual fue propuesto por la casa comercial Foragro y está conformado por la mezcla de los productos Charro chispudo, Lox, SilFact y Solucion, teniendo un costo total de Q186.82/Ha.

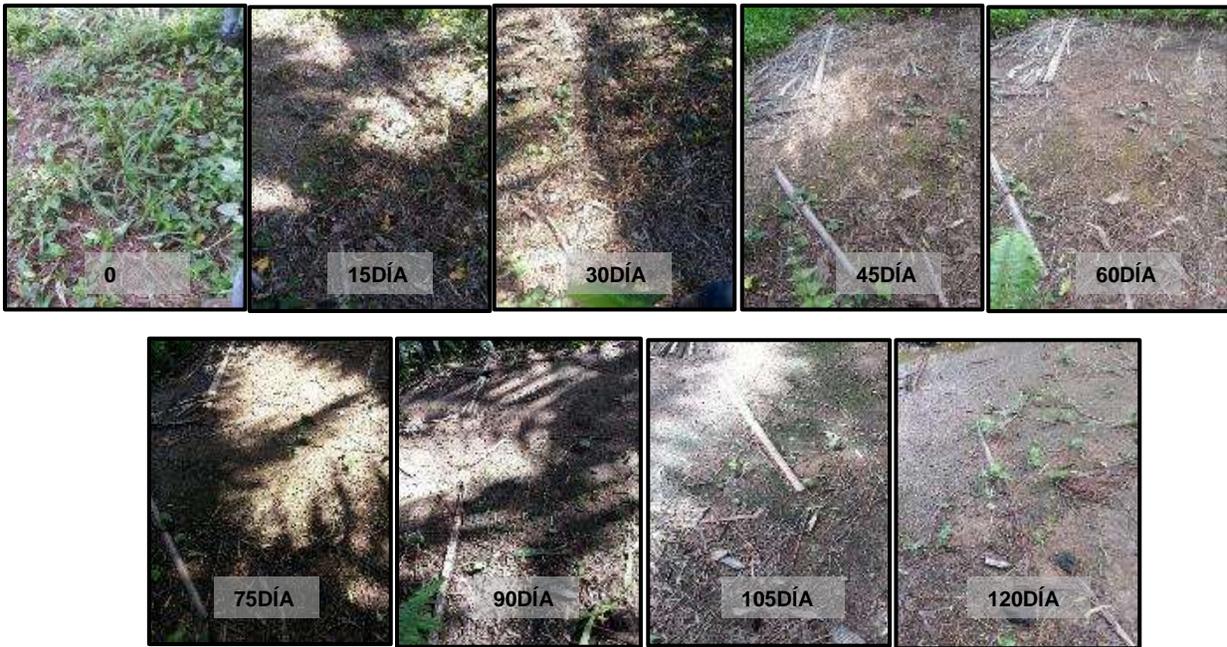
3.2.7. RECOMENDACIONES

- Considerar el estudio económico y el comparativo para la toma de decisión de la sustitución del programa de control de malezas de Naturaceites S.A. ya que tanto en días control como económicamente el tratamiento 4 presentó mejores resultados.
- Aplicar pre-emergente a los 90 días después de la aplicación para mantener controlada la maleza por mayor tiempo.

3.2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Caseley, JC. 2012. Manejo de malezas para países en desarrollo: capítulo 10: herbicidas (en línea). Roma, Italia, FAO. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal no. 120). Consultado 8 ago 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0e.htm>
2. Cassaneilo, F. 2011. Conceptos básicos sobre malezas y su control mediante la utilización de herbicidas (en línea). Uruguay. Disponible en <http://www.bse.com.uy/almanaque/Almanaque%201982/pdf/0%20-20050.pdf>
3. DEAQ (Diccionario de Especialidades AgroQuímicas, GT). 2012. Diccionario de especialidades agroquímicas (en línea). Guatemala. Consultado 8 ago 2014. Disponible en: <http://www.agroquimicos-organicosplm.com/buffex-372-3#inicio>
4. ECURED, CU. 2013. Generalidades de *Syngonium podophyllum* (en línea). Cuba. Consultado 7 ago 2014. Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Syngonium>
5. García, I; Dorronsoró, C. 2013. Contaminación por fitosanitarios (en línea). España. Consultado 7 ago 2014. Disponible en <http://edafologia.ugr.es/conta/tema13/herbic.htm>
6. Soto, A. 2006. Semillas y clones de palma de aceite (ASD): manejo de malezas trepadoras (Araceae) en el tallo de la palma de aceitera (en línea). Costa Rica. Consultado 8 ago 2014. Disponible en [http://www.aitesahn.com/.../Manejo%20de%20malezas %20trepadoras.pdf](http://www.aitesahn.com/.../Manejo%20de%20malezas%20trepadoras.pdf)

3.2.9. ANEXOS



Figuras 37a, 37b, 37c, 37d, 37e, 37f, 37g, 37h y 37i: Comportamiento de *Syngonium podophyllum* durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 1.

Fuente: Elaboración Propia.

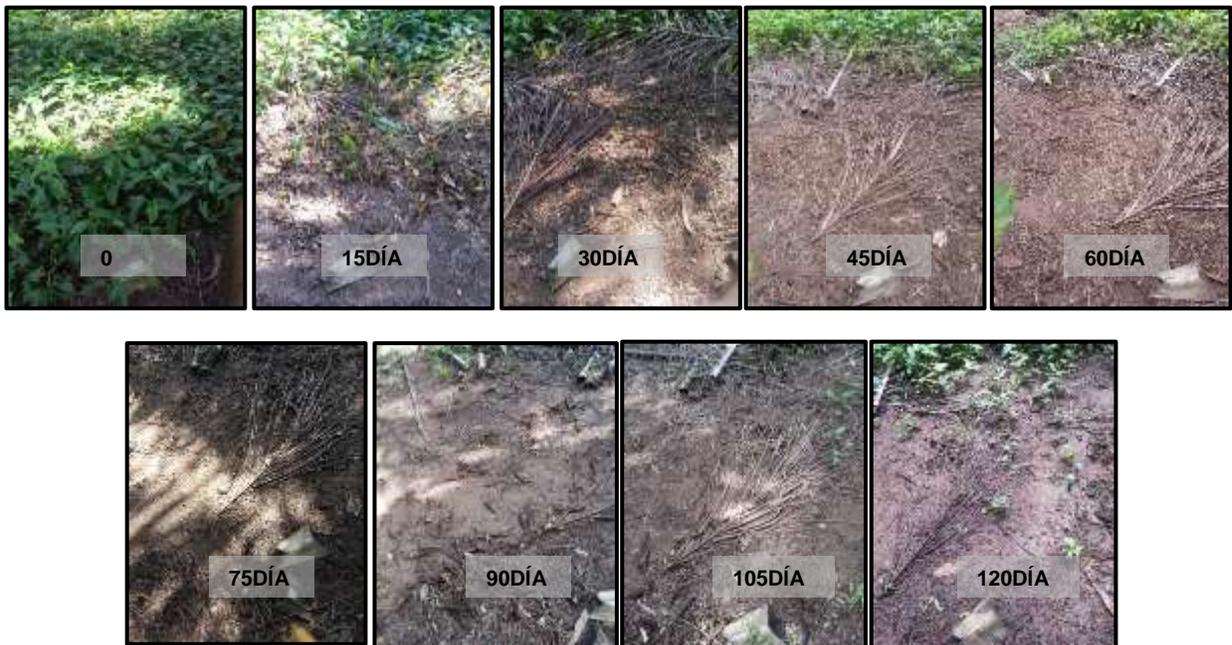


Figura 38a, 38b, 38c, 38d, 38e, 38f, 38g, 38h y 38i: Comportamiento de *Syngonium podophyllum* durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 2.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 39a, 39b, 39c, 39d, 39e, 39f, 39g, 39h y 39i: Comportamiento de *Syngonium podophyllum* durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 3.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 40a, 40b, 40c, 40d, 40e, 40f, 40g, 40h y 40i: Comportamiento de *Syngonium podophyllum* durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 4.

Fuente: Elaboración Propia.

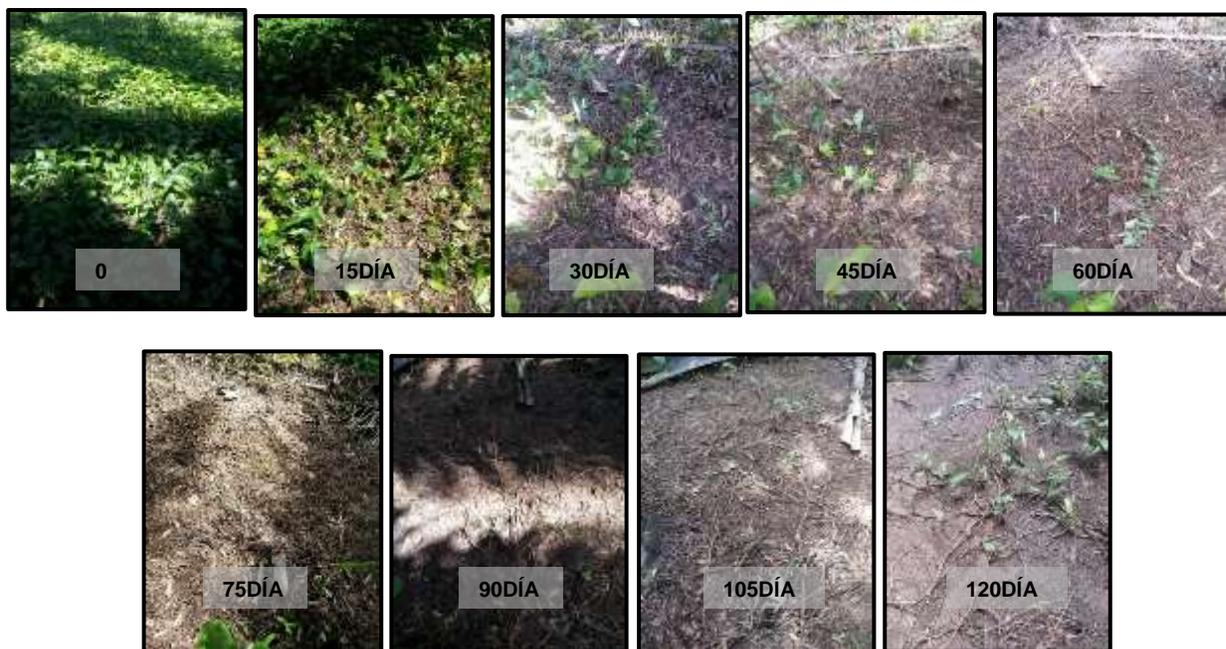


Figura 41a, 41b, 41c, 41d, 41e, 41f, 41g, 41h y 41i: Comportamiento de *Syngonium podophyllum* durante 120 días después de ser sometida al tratamiento 5.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3. SERVICIO III: ELABORACIÓN DE MANUAL DE SEGURIDAD Y CAPACITACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO, EN FINCA PANACTÉ, PANZOS, ALTA VERAPAZ.

3.3.1. PRESENTACIÓN

Naturaceites realiza diferentes ensayos nutricionales con la finalidad de observar el avance de la plantación en respuesta de diferentes fertilizantes aplicados, el área de investigación de la empresa realiza ensayos de nutrición vegetal dentro de plantaciones de palma de aceite (*E. guineensis* Jacq) uno de ellos es el de balance de nutrientes el cual tiene como propósito aumentar la eficiencia y rendimiento de producción, con la interacción balanceada de nutrientes, de manera que no existan limitantes entre nutrientes que provoquen deficiencia o incremento de nutrientes en la palma, para lograr con este propósito se realizan aplicaciones de ácido fosfórico (H_3PO_4) el cual es un ácido corrosivo y peligroso para la salud humana. Para lograr una aplicación adecuada sin daños a la salud de los aplicadores es necesario un manual técnico de seguridad donde se resalte la importancia de la utilización de un equipo de seguridad.

3.3.2. OBJETIVOS

A. General

- Elaborar manual de seguridad y capacitar al personal encargado de la aplicación de ácido fosfórico.

B. Específicos

- Realizar el manual de seguridad para el manejo y aplicación del ácido fosfórico.
- Capacitar a los aplicadores de ácido fosfórico sobre el equipo de protección, cuidados y aplicación del ácido fosfórico.

3.3.3. METODOLOGÍA

La realización del manual de procedimiento para la aplicación de ácido fosfórico se llevó a cabo en dos fases:

A. Fase de campo

- Se realizaron entrevistas a personas de campo encargadas de la aplicación de ácido fosfórico, tomando en cuenta los pasos que ellos aplicaban a la actividad.
- Posteriormente se tomó evidencia por medio de fotografías digitales de los pasos que conlleva dicha aplicación.

B. Fase de gabinete

- Se realizaron entrevistas al encargado del área de investigación agrícola para corroborar la información obtenida en la fase de campo.
- Seguidamente se procedió a redactar el manual de procedimiento con la siguiente información:
 - a) Objetivo
 - b) Responsables
 - c) Información técnica
 - d) Información general
 - e) Procedimiento
 - f) Riesgos en la aplicación
 - g) Bibliografía
 - h) Anexos

3.3.4. RESULTADOS

A. Manual de seguridad y aplicación de Ácido Fosfórico

En las figuras 42, 43, 44, 45 y 46 se observa los componentes detallados del manual de seguridad y aplicación de ácido fosfórico, colocando por ultimo un check list para corroborar que todas las medidas de seguridad se lleven a cabo y que el equipo de protección se utilice correctamente (ver figura 47).

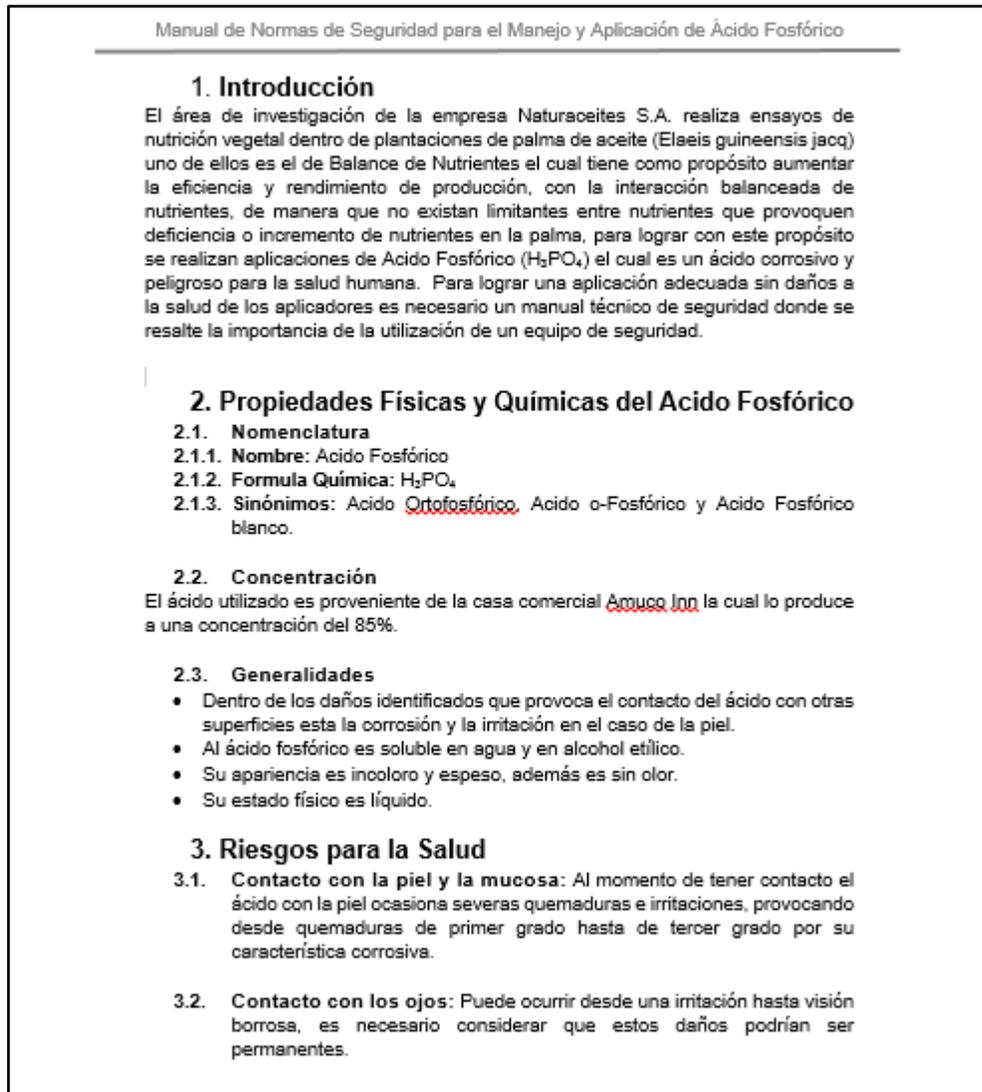


Figura 42. Página 1 del manual de aplicación de ácido fosfórico.

Fuente: Elaboración Propia.

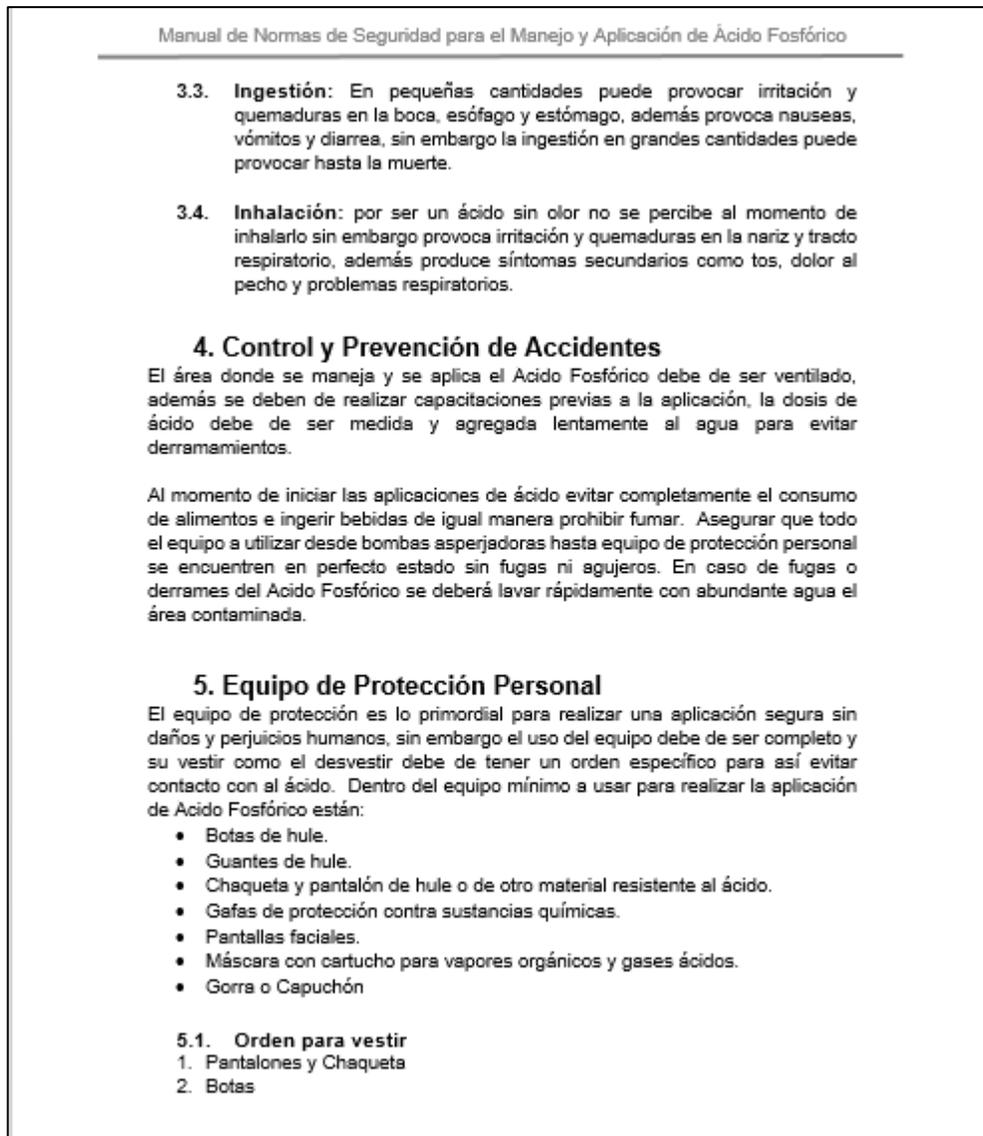


Figura 43. Página 2 del manual de aplicación de ácido fosfórico.

Fuente: Elaboración Propia.

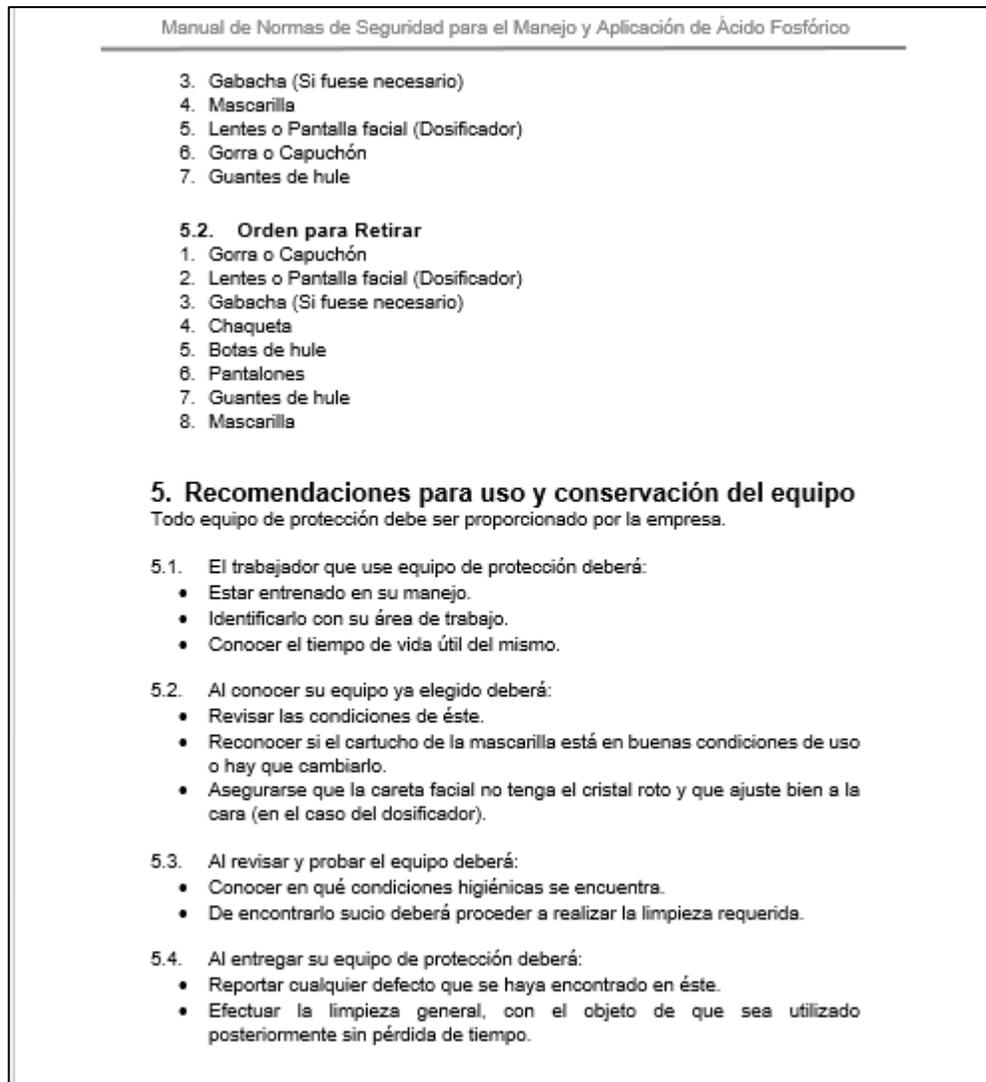


Figura 44. Página 3 del manual de aplicación de ácido fosfórico.

Fuente: Elaboración Propia.

6. Metodología para la aplicación de Ácido Fosfórico

6.1. Antes de la Aplicación

- Capacitación del manejo y almacenamiento del Ácido Fosfórico a los aplicadores una semana antes de la aplicación, para hacer un recordatorio de los daños que este ocasiona si no se utiliza adecuadamente el equipo de protección al momento de realizar la aplicación.
- Realizar el mantenimiento adecuado a las bombas asperjadoras utilizadas para la aplicación, el mantenimiento incluye cambio de empaques, lubricación de embolo, calibración de reguladores de presión y limpieza general de la bomba.
- Verificar que todo el equipo de protección se encuentre en perfecto estado, de lo contrario es necesario realizar el reemplazo.

6.2. Durante la Aplicación

- Transportar las canecas de ácido completamente sellados al lugar donde se realizará la aplicación, es necesario considerar que el transporte debe de realizarse en vehículo y así evitar el transporte al hombro y/o bicicleta.
- Colocar las canecas de ácido bajo la sombra para evitar que este se caliente y se estimule algún tipo de cambio físico (Ebullición) y/o químico.
- Colocarse el equipo de protección siguiendo el orden antes mencionado.
- Agregar agua a la bomba asperjadora según la cantidad que el tratamiento a aplicar demande.
- El dosificador colocará la dosis correspondiente en cada bomba de acuerdo al tratamiento que será aplicado.
- La dosis será medida con una probeta de 1000 ml y el ácido será extraído de la caneca de cinco galones con una bomba trasegadora de líquidos, la cual funciona creando un vacío en el recipiente.
- Aplicar la cantidad de bombadas de 16 litros que requiere cada tratamiento, dicha aplicación se realizará en las cuarenta palmas que conforman la unidad experimental.

6.3. Después de la Aplicación

- Realizar el triple lavado de las bombas asperjadoras y a las canecas vacías sobre una cama biológica la cual contiene aserrín y/o arena.
- Lavarse los guates con abundante agua y jabón.
- Quitarse el equipo de seguridad siguiendo el orden antes mencionado, únicamente dejarse puesto los guates y la mascarilla.

Figura 45. Página 4 del manual de aplicación de ácido fosfórico.

Fuente: Elaboración Propia.

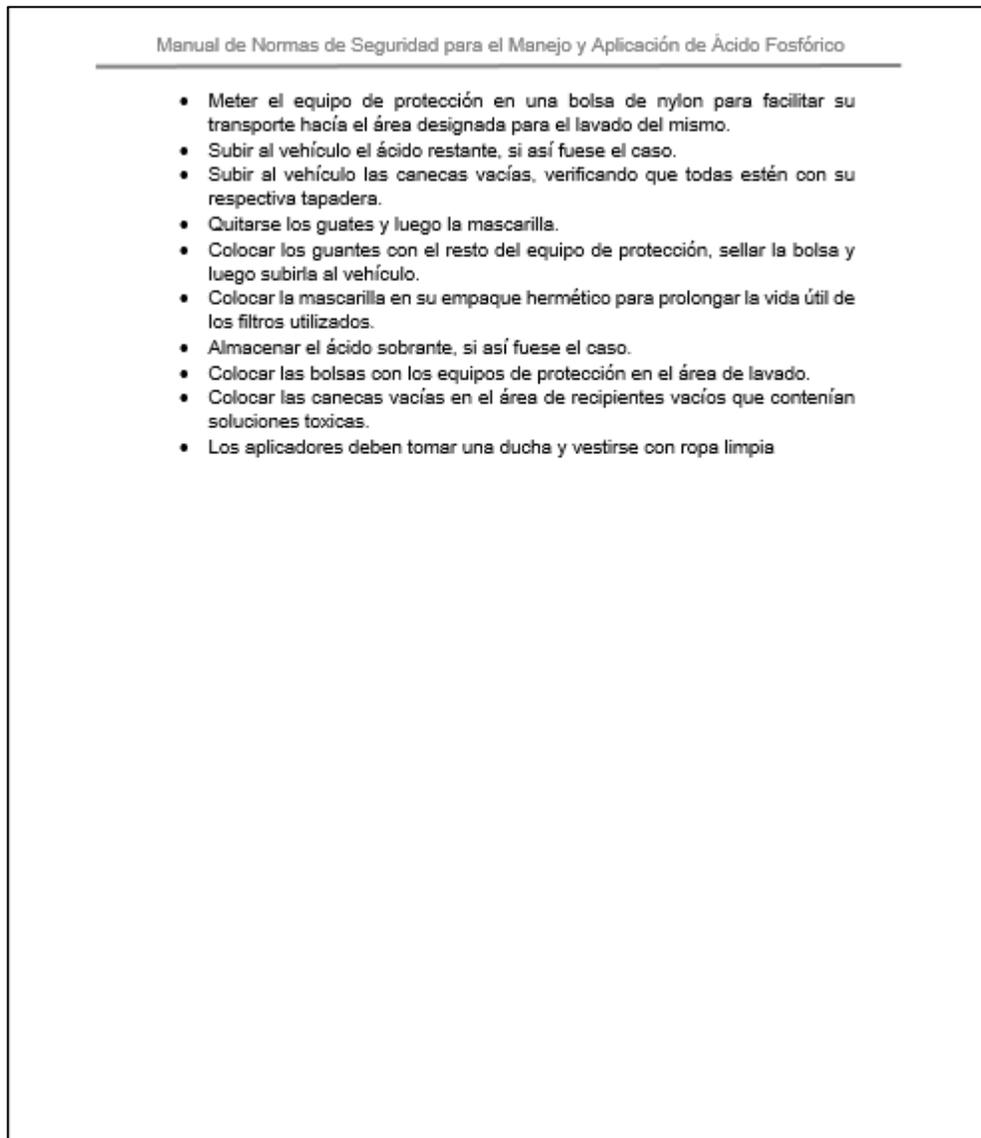


Figura 46. Página 5 del manual de aplicación de ácido fosfórico.

Fuente: Elaboración Propia.

Manual de Normas de Seguridad para el Manejo y Aplicación de Ácido Fosfórico

6.4. CHECKLIST de Aplicación de Ácido Fosfórico
 Nombre del Aplicador: _____
 Fecha de Aplicación: _____

Actividad	Notas		
	SI	No	Observación
Recibir Capacitación (Uso de EPP, Riesgos y Primeros Auxilios)			
Mantenimiento de Bomba			
• Cambio de Empaques			
• Lubricación de embolo			
• Calibración de Regulador de presión			
Verificación del estado del equipo de protección			
Transporte del ácido en vehículo			
Colocar equipo de protección			
1. Pantalones y Chaqueta			
2. Botas			
3. Gabacha (Si fuese necesario)			
4. Mascarilla			
5. Lentes o Pantalla facial (Dosificador)			
6. Gorra o Capuchón			
7. Guantes de hule			
Colocar la bomba trasegadora			
Aplicar solución agua + ácido			
Realizar triple lavado para bomba y canecas vacías			
Lavar los guantes con agua y jabón			
Retirar equipo de seguridad			
1. Gorra o Capuchón			
2. Lentes o Pantalla facial (Dosificador)			
3. Gabacha (Si fuese necesario)			
4. Chaqueta			
5. Botas de hule			
6. Pantalones			
Equipo de protección en bolsa			
Subir ácido restante al vehículo			
Retirar guantes y mascarilla			
Guardar mascarilla en bolsa hermética			
Tomar una ducha			
Vestirse con ropa limpia			

Firma del Aplicador Firma del Encargado del Área Investigación

Figura 47. Página 6 del manual de aplicación de ácido fosfórico (check-list).

Fuente: Elaboración propia.

B. Capacitación de seguridad y aplicación de Ácido Fosfórico

Se llevó a cabo tres capacitaciones (ver figuras 49 y 50), en febrero 2014, junio 2014 y octubre 2014 donde se recalcó la importancia del uso del equipo de protección haciendo énfasis en el buen estado del mismo para prevenir el contacto directo con cualquier parte del cuerpo, además aspectos como:

- Características físicas y químicas del ácido fosfórico.
- Transporte del ácido fosfórico.
- Riesgos para la salud
 - Inhalación
 - Ingestión
 - Contacto con piel
 - Contacto con ojos
- ¿Cómo evitar daños humanos? (equipo de protección).
- ¿Cómo vestir el equipo de protección?
- ¿Cómo desvestir el equipo de protección? (ver figura 48).
- ¿Cómo lavar el equipo de protección y de aplicación?
- ¿Qué hacer con los recipientes vacíos? (Triple lavado y Reciclaje).

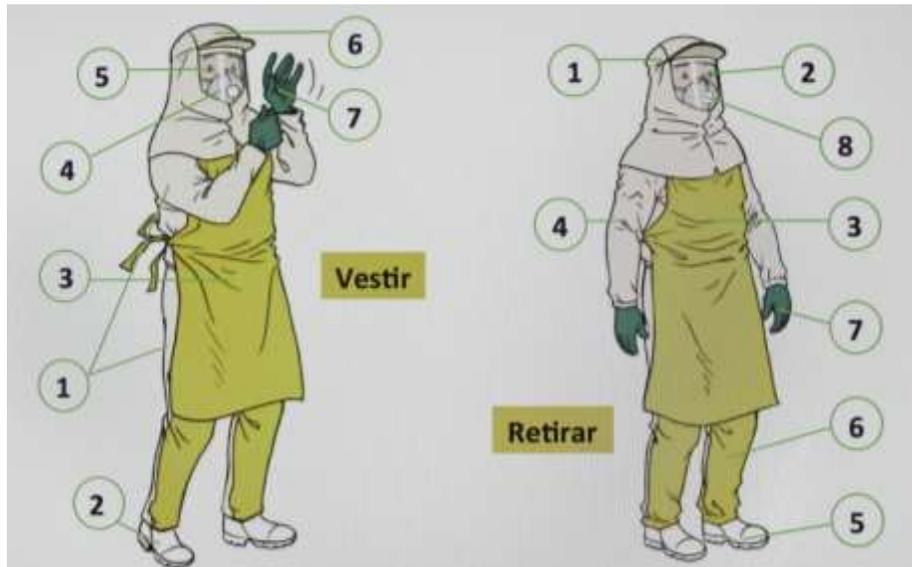


Figura 48. Orden para vestir y retirar el equipo de protección

Fuente: <http://eltuxtepecano.com/2015/?p=6493>



Figura 49. Capacitación de aplicación de ácido fosfórico.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 50. Demostración de cómo vestir y desvestir el equipo de seguridad en la capacitación.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.5. EVALUACIÓN

- Se impartió la capacitación de aplicación de ácido fosfórico una semana previa a la aplicación del mismo, logrando que el personal entendiera la importancia del equipo de protección a utilizar.
- Se realizó el manual de seguridad y de aplicación de ácido fosfórico, el cual se utilizará cuando se requiera hacer la aplicación en campo del mismo.

3.3.6. BIBLIOGRAFÍA

1. ACIDEKA, ES. 2012. Ficha de seguridad del ácido fosfórico (en línea). España. Consultado 02 abr 2014. Disponible en <http://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/3246.pdf>
2. AMUCOINC.com. 2013. Hoja técnica de ácido fosfórico (en línea). Estados Unidos. Consultado 02 abr 2014. Disponible en http://www.amucoinc.com/bpaper_es.php
3. Córdova, T. 2007. Manual de normas de seguridad para el manejo del ácido sulfúrico (en línea). México, Industrias Peñoles, Departamento de Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo. 18 p. Consultado 29 mar 2014. Disponible en <http://www.redproteger.com.ar/biblioteca/69.pdf>
4. ECOSMED.com. 2003. Hoja de seguridad del ácido fosfórico (en línea). Consultado 10 ago 2014. Disponible en: <http://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/5193.pdf>.
5. El Textupecano.com. 2013. Orden para vestir y retirar equipo de protección personal (en línea). Consultado 10 ago 2014. Disponible en <http://eltuxtepecano.com/2015/?p=6493>