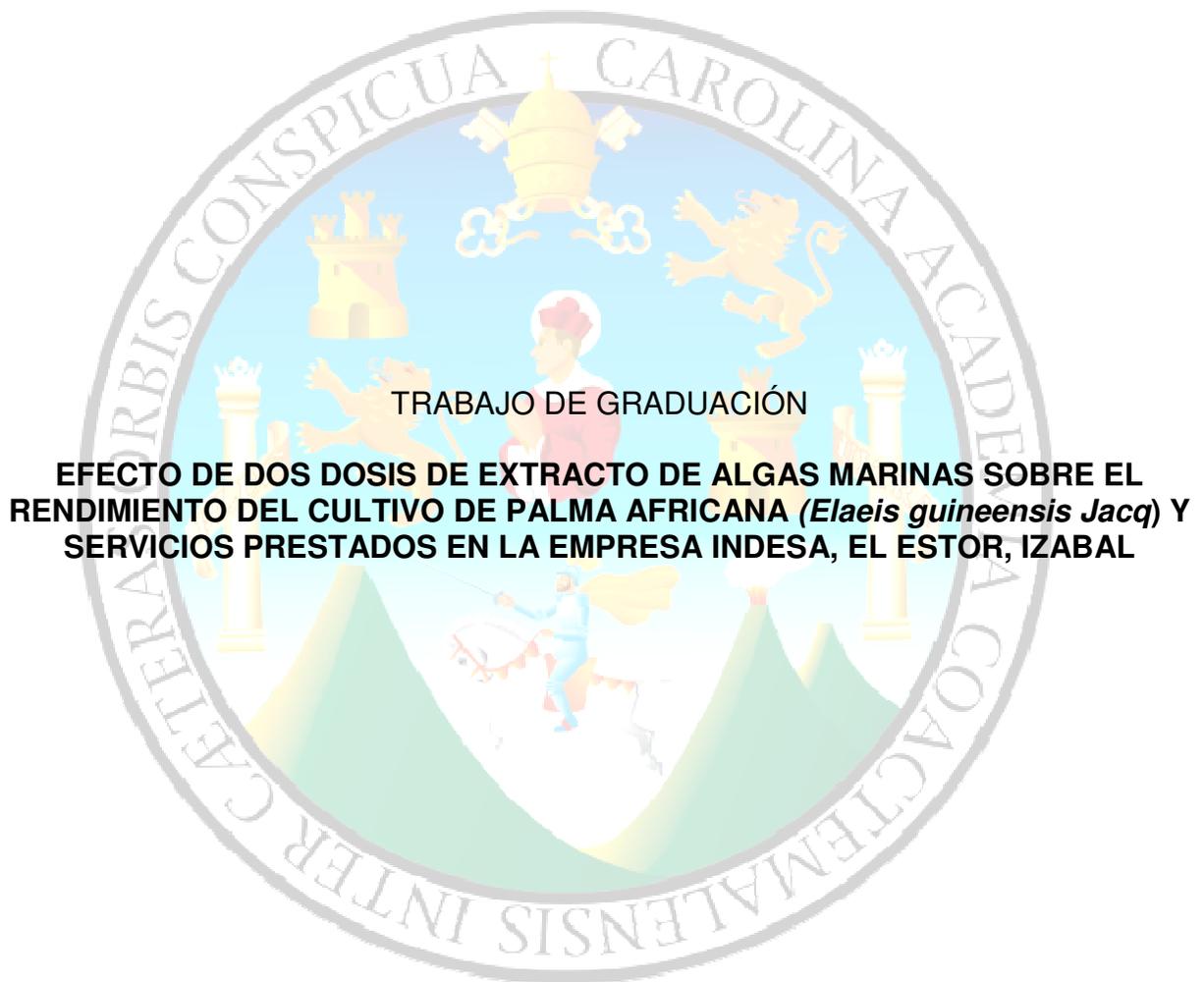


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE GRADUACIÓN  
**EFEECTO DE DOS DOSIS DE EXTRACTO DE ALGAS MARINAS SOBRE EL  
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis* Jacq) Y  
SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA INDESA, EL ESTOR, IZABAL**

LUIS GABRIEL MÉNDEZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EFFECTO DE DOS DOSIS DE EXTRACTO DE ALGAS MARINAS SOBRE EL  
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis Jacq*) Y  
SERVICIOS PRESTADOS EN LA EMPRESA INDESA, EL ESTOR, IZABAL**

PRESENTADA A LA

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

POR

LUIS GABRIEL MÉNDEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE

**LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

RECTOR

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Danilo Ernesto Dardón Avila
VOCAL CUARTO	P. Forestal Axel Esaú Cuma
VOCAL QUINTO	P. Contador Carlos Francisco Monterroso Gonzáles
SECRETARIO	Ing. Agr. MSc. Edwin Enrique Cano Morales



Guatemala, Noviembre de 2009

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

Honorables Miembros:

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

**Efecto de dos dosis de extracto de algas marinas sobre el rendimiento del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*), y servicios prestados en la empresa INDESA, El Estor, Izabal**

Trabajo que presento como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos para su aprobación, agradezco la atención al presente.

Atentamente,

**Luis Gabriel Méndez**



## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

### **DIOS**

Por darme la oportunidad de vivir, por haber estado presente en mi vida en los momentos difíciles, por guiarme por el camino correcto.

### **MIS PADRES**

Alfredo Colop Cortéz y Blanca Lidia Méndez, por darme la vida, por confiar en mí, por apoyarme, por cuidarme y por sacrificarse por mi educación.

### **MIS HERMANOS**

Blanca Esmeralda Méndez, Leonel Humberto Méndez y Maria Luisa Colop Méndez, por apoyarme y por compartir su vida conmigo, esperando que esto sea un ejemplo el cual ellos puedan seguir.

### **MI TÍO**

José Inés Méndez, por el apoyo incondicional que me brindó en todos estos años de mi formación académica

### **MI ABUELA**

Maria Luisa Méndez, por darme su cariño y su apoyo en todos estos años de mi carrera.



## **DOCUMENTO QUE DEDICO**

**A:**

### **DIOS**

Por darme fuerzas y permitirme culminar con éxito ésta etapa de mi formación académica

### **MIS PADRES**

Alfredo Colop Cortéz y Blanca Lidia Méndez, esperando llenarlos de orgullo y que vean el fruto de su esfuerzo y trabajo

### **GUATEMALA**

País el cual me ha dado la oportunidad de superarme y me ha permitido tener tantas gratas experiencias.

### **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Por facilitarme el acceso a la educación superior

### **FACULTAD DE AGRONOMÍA**

Por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos.

### **MIS AMIGOS**

César Amilcar Martínez Torres, Pablo Domingo Montejo, José Nazario López, Paola Cedillo Gámez, Ariel Turcios Pantaleón, Edwin Orellana, Cándida Tacam, Ana Cristina Fulladolsa, Carlos Augusto Ponce, Gerson Leiva, Rafael Tax, Nestor Xicay, Oscar López, José Miguel Concuá, Adonías Mazariegos, Marco Aurelio Hip, Julia Camel, Oscar Carrillo de León, Arnoldo Juchuña, Gerson Aguilar, Humberto Canux, Mario Fong, Luis Saenz, Alfredo Sánchez.



## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

### **MIS PADRES**

Por el apoyo incondicional, enseñanza y sabios consejos.

### **A LA EMPRESA INDESA**

Por darme el apoyo y la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado contribuyendo así a mi formación profesional.

### **ING. AGR. JORGE MARIO CORZO**

Por su asesoría y enseñanza incondicional, para la realización de este trabajo.

### **MIS ASESORES**

Ing. Agr. César Linneo García, Ing. Agr. Marino Barrientos, Ing. Agr. Adalberto Rodríguez, por el apoyo incondicional brindado en la supervisión del Ejercicio Profesional Supervisado.

### **MIS AMIGOS**

Por ser parte importante en mi proceso de formación, por las experiencias, los gratos recuerdos y por el apoyo sincero e incondicional en todo el trayecto de mi formación, Dios los Bendiga.



## TABLA DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO I Diagnóstico.....	1
1.1. Presentación .....	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. GENERAL.....	4
1.2.2. ESPECIFICOS.....	4
1.3. Antecedentes .....	5
1.4. MARCO REFERENCIAL.....	7
1.4.1. Ubicación Geográfica.....	8
1.4.2. Hipsometría.....	9
1.4.3. Superficie geográfica .....	9
1.4.4. Vías de acceso .....	10
1.4.5. Suelos.....	10
1.4.6. Precipitación .....	10
1.4.7. Temperatura y velocidad del viento .....	11
1.4.8. Zona de vida .....	11
1.4.9. Uso actual de la tierra .....	11
1.5. Metodología .....	12
1.5.1. Fase de gabinete inicial: .....	12
1.5.2. Fase de campo: .....	12
1.5.3. Fase de Gabinete final.....	13
1.6. RESULTADOS.....	14
1.6.1. Finca Chabiland .....	15
1.6.2. Finca Rio Zarco.....	17
1.6.3. FINCA Chapín.....	20
1.6.4. Finca Pataxte .....	22
1.6.5. Problemas identificados en las actividades realizadas en el área agrícola...26	
1.7. FODA Realizado a La Empresa Inversiones de Desarrollo S.A.....	30
1.8. CONCLUSIONES .....	31
1.9. Bibliografía .....	32
2. CAPITULO II Investigación .....	33
2.1. INTRODUCCIÓN .....	35
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	36
2.3. JUSTIFICACIÓN.....	37
2.4. MARCO TEORICO .....	38
2.4.1. Palma africana .....	38
2.4.2. Utilización de las algas marinas en la agricultura .....	48
2.5. MARCO REFERENCIAL.....	51
2.5.1. Características generales del área de estudio.....	52
2.6. HIPOTESIS.....	59
2.7. OBJETIVO .....	59
2.8. METODOLOGIA .....	59
2.8.1. Diseño del experimento .....	59
2.8.2. Manejo del experimento.....	59

2.9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	63
2.9.1.	Análisis de varianza.....	65
2.10.	CONCLUSIONES .....	67
2.11.	RECOMENDACIONES.....	67
2.12.	BIBLIOGRAFIA .....	68
3.	CAPITULO III Servicios .....	71
3.1.	PRESENTACIÓN .....	73
3.2.	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE OBSERVACIÓN EN ÁREAS CON PROBLEMAS DE ANEGAMIENTO.....	75
3.2.1.	INTRODUCCIÓN.....	77
3.2.2.	OBJETIVOS .....	78
3.2.3.	METODOLOGÍA.....	78
3.2.4.	RESULTADOS .....	79
3.2.5.	Conclusiones .....	80
3.2.6.	Evaluación.....	80
3.3.	EVALUACIÓN DE 3 TRATAMIENTOS PARA LA ACELERACIÓN DEL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN Y EL AUMENTO DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST DEL RAQUIS DE PALMA AFRICANA, INDESA S.A., EL ESTOR, IZABAL .....	81
3.3.1.	INTRODUCCIÓN.....	83
3.4.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	84
3.4.1.	JUSTIFICACIÓN .....	85
3.4.2.	MARCO TEORICO.....	86
3.4.3.	HIPOTESIS .....	91
3.4.4.	OBJETIVOS .....	91
3.4.5.	METODOLOGIA.....	92
3.4.6.	RESULTADOS .....	95
3.4.7.	CONCLUSIONES.....	99
3.4.8.	RECOMENDACIONES .....	99
3.4.9.	Bibliografía.....	100
4.	Anexos.....	101

## Índice de Cuadros

Cuadro 1 Aldeas aledañas a las fincas en estudio.....	8
Cuadro 2 Cuadro de las latitudes y longitudes de las fincas.....	9
Cuadro 3 Niveles críticos de nutrimentos en porcentaje.....	47
Cuadro 4 Recomendaciones de fertilizante para palma.....	48
Cuadro 5 Precipitación pluvial para el año 2008 Finca Pataxte.....	53
Cuadro 6 Temperaturas mínimas y máximas promedio 2008.....	54
Cuadro 7 Rendimiento de palma de fincas de Agrocaribe.....	55
Cuadro 8 Contenido nutricional del producto.....	58
Cuadro 9 Programa de fertilización año 2008.....	60
Cuadro 10 Elementos absorbidos por la palma africana en suelo incubado por diferentes períodos a diferentes dosis.....	63
Cuadro 11 Rendimiento en Toneladas de fruta/hectárea.....	64
Cuadro 12 Resumen del análisis de varianza.....	65
Cuadro 13 Contrastes ortogonales.....	65
Cuadro 14 Recursos utilizados para la elaboración e instalación de 33 pozos.....	78
Cuadro 15 Materiales utilizados para la producción de 1 tonelada de biodiesel.....	90
Cuadro 16 Tratamientos.....	92
Cuadro 17 Recursos utilizados.....	94
Cuadro 18 Análisis de varianza para el nitrógeno.....	95
Cuadro 19 Resumen prueba de medias para el nitrógeno.....	95
Cuadro 20 Análisis de varianza para el Fósforo.....	96
Cuadro 21 Análisis de varianza para el Potasio.....	96
Cuadro 22 Resumen prueba de medias para el potasio.....	97
Cuadro 23 Análisis de varianza para el calcio.....	97
Cuadro 24 Análisis de varianza para el magnesio.....	97

## Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de ubicación de fincas de INDESA.....	7
Figura 7 Inflorescencia masculina.....	41
Figura 8 Inflorescencia femenina.....	42
Figura 9 Fruto de la palma africana.....	43
Figura 10 Mapa de ubicación de fincas de INDESA.....	51
Figura 11 Rendimientos acumulados en palma de 3 años.....	55
Figura 12 Rendimientos acumulados según la dosis aplicada en la finca Pataxte.....	64
Figura 13 Reacción implicada en la transesterificación.....	91
Figura 14 Ubicación de las camas.....	92
Figura 15 Temperatura de las camas evaluadas.....	98



## RESUMEN GENERAL

### **Efecto de dos dosis de extracto de algas marinas sobre el rendimiento del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*) y servicios prestados en la empresa INDESA, El Estor, Izabal**

El presente trabajo es el resultado de las actividades realizadas durante el tiempo del Ejercicio Profesional Supervisado en el período de febrero a noviembre de 2008 en la empresa Inversiones de Desarrollo S.A. –INDESA- dedicada a la explotación del cultivo de Palma Africana (*Elaeis guineensis Jacq*).

El programa EPS ejecutado se divide en tres capítulos que son: diagnóstico, investigación y servicios.

La realización del diagnóstico tuvo como objetivo el conocimiento de las actividades que se realizan en el proceso de producción del fruto de la palma.

Por medio del diagnóstico se lograron detectar problemas relacionados con el manejo agronómico de la palma, pero por el tiempo reducido del EPS se priorizaron los problemas que para la empresa eran más importantes.

De estos problemas detectados surgió la investigación enfocada a evaluar el efecto de un producto orgánico sobre el rendimiento de la palma, lo que traería consigo el aumento del ingreso por concepto de mayor producción, otro problema detectado fue las áreas anegadas en época lluviosa, de las cuales no se tenían datos exactos del comportamiento de los niveles del manto freático y el otro problema detectado fue el manejo de la glicerina procedente de la producción del biodiesel, por lo tanto se evaluó si es posible incluirlo en un proceso de descomposición como lo es la producción de compost para aumentar el contenido nutricional del mismo.

La investigación consistió en evaluar 3 tratamientos: 0, 2 y 4 litros de extracto de algas marinas por hectárea, mediante un diseño experimental en bloques al azar, la aplicación

de esta dosis se dividieron en dos, la primera aplicación se realizó el 09 de marzo de 2008 y la segunda el 10 de septiembre de 2008.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, este análisis reflejó diferencias significativas entre los tratamientos, luego se procedió a realizar una prueba de contrastes ortogonales para poder identificar la dosis que produjo mejores efectos, éste análisis permitió concluir que: no existen diferencias significativas entre aplicar 2 y 4 litros por hectárea por año. Por lo anteriormente descrito se recomendó aplicar la dosis de 2 litros por hectárea por año ya que resulta más económico que aplicar 4 litros por hectáreas por año.

En cuanto a los servicios el desconocimiento del comportamiento de los niveles freáticos se solucionó, implementando la construcción de pozos de observación en áreas con mayores problemas de anegamientos

Se realizó la instalación de 33 pozos de observación distribuidos en las fincas Chapín y Pataxte, cubriendo un área de observación de 330 hectáreas, lo que ayudará a tener cuantificada la lámina de agua por efectos de anegamiento.

Para la interpretación de resultados se desarrolló una hoja de procesamiento de datos la cual permite observar las fluctuaciones que tiene el manto freático en los diferentes meses del año para con esto poder calcular la lámina de agua que provoca problemas.

Y por último se implementó la aplicación de glicerina en dosis de nueve litros por metro lineal de compost ya que se tuvo aumentos positivos en contenidos de potasio (mayor del 80%) y de nitrógeno (50%), por lo tanto se logró realizar un manejo adecuado de desecho del biodiesel y también el aumento del contenido nutricional del compost.





## **CAPÍTULO I**

### **DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA INDESA S.A. UBICADA EN LA ALDEA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL**



## 1.1. Presentación

Las fincas de la empresa Inversiones de Desarrollo INDESA S.A. por sus siglas, se dedica a la producción de aceite vegetal y sus derivados extraídos de la Palma Africana (*Elaeis Guineensis* Jacq.). Se encuentra dividida en 4 fincas (Chapín, Pataxte, Río Zarco y Chabiland), las cuales se encuentran en el municipio de El Estor, departamento de Izabal. Estas se encuentran ubicadas en medio de un recorrido que inicia a 250 kilómetros desde la Ciudad Capital por la carretera al atlántico. La plantaciones de Palma se iniciaron en el año de 1997 con 20 hectáreas iniciales, con palma procedente de Costa Rica.

Actualmente se cuenta con 5 fincas propias y 2 alquiladas, de las cuales 4 pertenecen a INDESA (Chapín, Pataxte, Río Zarco y Chabiland), 2 a PALMISA (La Cabaña y Sejú) y 1 a Palmas del Polochic (Panacté). En total suman un área aproximada de 6,000 hectáreas, de las cuales aproximadamente 4,720 hectáreas son destinadas para el cultivo de palma, el resto se divide en humedales, bosques, residencias, oficinas, planta extractora y un vivero.

El presente documento es un diagnóstico del área agrícola de la empresa INDESA S.A. de una manera general pero que trata de abarcar la principal problemática, así como las ventajas y oportunidades existentes.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GENERAL**

Realizar una descripción de la principal problemática y las ventajas existentes en el Área Agrícola de la empresa productora de Palma Africana (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Inversiones de Desarrollo S.A. INDESA S.A., en el Municipio del Estor, del departamento de Izabal.

### **1.2.2. ESPECIFICOS**

- Describir la situación en que se encuentran las fincas de INDESA.
- Conocer los principales problemas que afronta el cultivo de la palma en INDESA.
- Identificar las principales ventajas con las que cuenta el Área Agrícola de INDESA.

### **1.3. Antecedentes**

La idea de iniciar con Inversiones de Desarrollo S.A. fue concebida por los señores Juan U. Maegli y Rodolfo Lambour Méndez, esta inició en el año de 1997, cuando ellos se propusieron comenzar a cultivar Palma africana, con el objetivo primordial de la extracción de aceite a nivel industrial.

En el año de 1997 el proyecto fue iniciado por los ingenieros Rodolfo Lambour y Carlos Marroquín, quienes empezaron a preparar condiciones para poner en marcha el primer vivero ubicado en la finca El Chapín, cerca de la comunidad Balandras. Para el inicio de la siembra del vivero de 20 hectáreas para esto se contrató aproximadamente 20 personas la mayoría mujeres. Para la primera siembra se importaron 85,000 semillas pre-germinadas de variedad Avros procedentes de la compañía ASD de Costa Rica. Al siguiente mes se recibió un segundo embarque de la misma procedencia con otras 85,000 semillas del material Ekona, con las que se complementaron las primeras 170,000 palmas.

El área de 4000 hectáreas para el cultivo, se proyectó según las necesidades de crecimiento de la siguiente manera:

En el año de 1998 se sembraron las primeras Plantas de Palma en un área de 1,000 hectáreas, la infraestructura con la que contaba la empresa en sus inicios era de pocas viviendas para empleados de una ganadería, corrales y potreros.

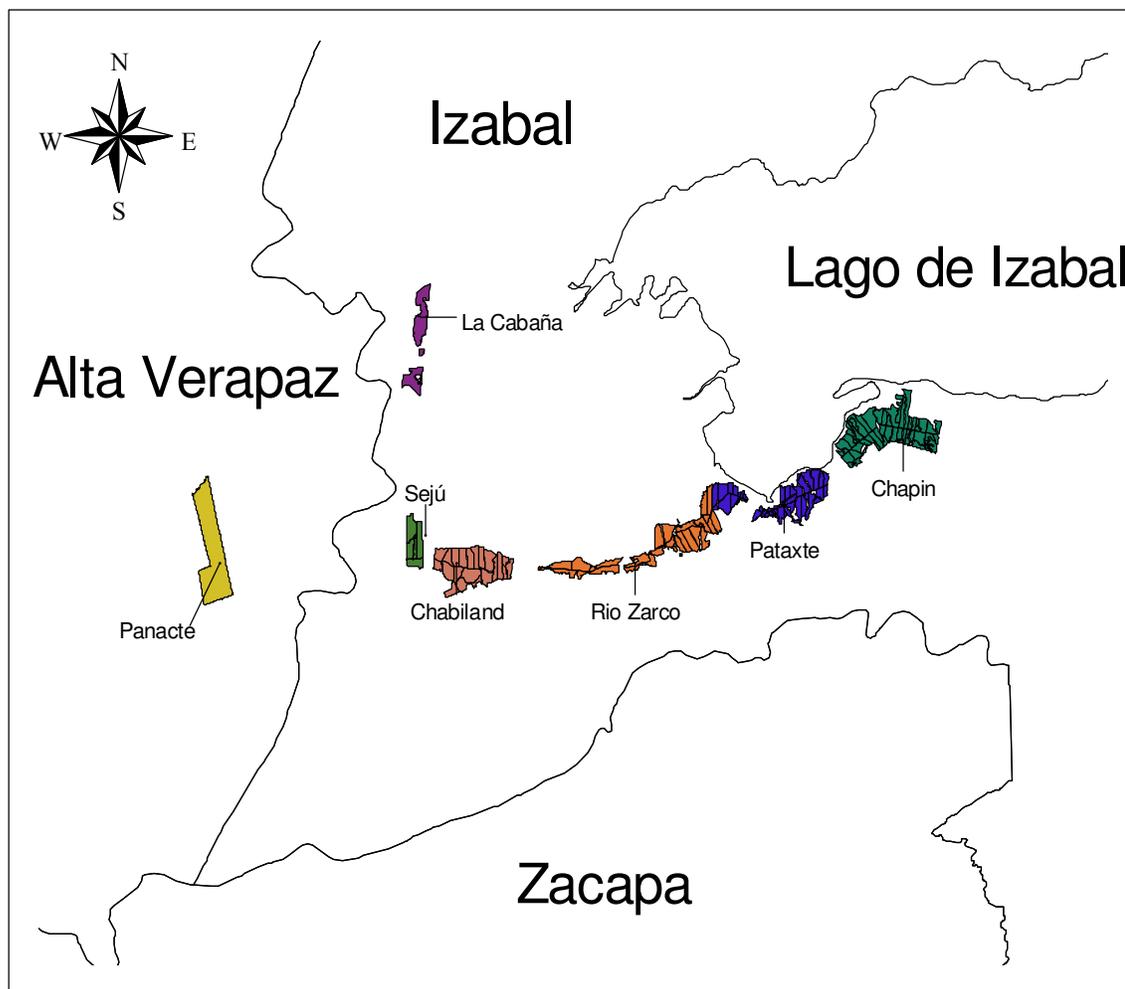
La palma es una planta que produce todo el año y el periodo de siembra y cosecha es de 3 años, por lo cual, en el año dos mil uno se inició la planificación para el montaje de la primera planta extractora de aceite con una capacidad de proceso de 10 T.M./Hora, la construcción estuvo a cargo del Ingeniero Julio César Lázaro. Dicho montaje tuvo una duración aproximada de año y medio, iniciando en junio de 2001 a diciembre de 2002, con un turno de 30 personas. La razón por la cual la planta procesadora se ubicó en finca El Pataxte es que se encuentra en el centro de las plantaciones.

Actualmente INDESA cuenta con 4 fincas propias, con un área aproximada de 3,608.4 hectáreas, con un porcentaje de tierras para cultivo del 85%, el 15% restantes son humedales y bosque.

INDESA contribuye con el desarrollo de las comunidades: Playa Pataxte, Chapín Abajo, Chapín Arriba, Guaritas, Balandras, Boca Ancha, Selempin, Semuy II, San Pablo I, San Pablo II, Chinebal, Semococh, Manguitos, Pancalá, Segur, El Estor, Izabalito, Playa Dorada, Mariscos entre otras.

#### 1.4. MARCO REFERENCIAL

INDESA es una empresa que se dedica a la producción de aceite y sus derivados extraído del cultivo de Palma africana (*Elaeis guinensis* Jacq), repartida en 4 fincas (Chapín, Pataxte, Río Zarco y Chabiland) que se encuentran en el municipio del Estor, departamento de Izabal. Cuentan con 3608.4 hectáreas, aproximadamente.



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

Figura 1 Mapa de ubicación de fincas de INDESA

### 1.4.1. Ubicación Geográfica

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

**Cuadro 1 Aldeas aledañas a las fincas en estudio.**

DEPARTAMENTO, MUNICIPIO Y LUGAR POBLADO	ALEDAÑA A LA	CATEGORIA
	FINCA	
CHINEBAL	CHABILAND	CASERIO
COLONIA SANTIAGUITO	CHABILAND	FINCA
EL MANGUITO I	CHABILAND	CASERIO
EL MANGUITO II	CHABILAND	CASERIO
LOS ANGELES PENCALA	CHABILAND	FINCA
SAN MIGUEL	CHABILAND	FINCA
SEMOCOCH	CHABILAND	CASERIO
SEMUY I	CHABILAND	CASERIO
BALANDRA	CHAPIN	CASERIO
CHAPIN ARRIBA	CHAPIN	CASERIO
EL CHAPIN ABAJO	CHAPIN	CASERIO
GUARITAS	CHAPIN	CASERIO
LA PLAYA PATAXTE	PATAXTE	CASERIO
NUEVA JERUSALEM	PATAXTE	ALDEA
EL NARANJAL	RIO ZARCO	CASERIO
EL ZAPOTE	RIO ZARCO	CASERIO
SELEMPIN	RIO ZARCO	CASERIO
BOCA ANCHA	RIOS ZARCO	CASERIO

Fuente: Departamento de investigación INDESA

Las fincas se encuentran entre las siguientes latitudes y longitudes

**Cuadro 2 Cuadro de las latitudes y longitudes de las fincas**

<b>CHAPIN</b>			
15°22'30"N 89°15'57"O		15°23'16"N 89°12'42"O	
<b>PATAXTE</b>			
15°21'07"N 89°20'28"O		15°22'14"N 89°16'18"O	
<b>RIO ZARCO</b>			
15°19'11"N 89°25'59"O		15°20'06"N 89°21'52"O	
<b>CHABILAND</b>			
15°19'32"N 89°29'25"O		15°19'30"N 89°26'44"O	

Fuente: Departamento de investigación INDESA

#### **1.4.2. Hipsometría**

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

#### **1.4.3. Superficie geográfica**

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

#### **1.4.4. Vías de acceso**

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

#### **1.4.5. Suelos**

Según Simmons (9) 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 calido y húmedo. Ocupan relieves planos a elevaciones bajas en el este de Guatemala. Se asemejan a los suelos del Polochic que se encuentran en el valle del mismo nombre, pero estos son calcáreos y menos micáceos que los Inca. La vegetación natural consiste de un bosque alto con maleza baja y densa

#### **1.4.6. Precipitación**

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

#### **1.4.7. Temperatura y velocidad del viento**

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

#### **1.4.8. Zona de vida**

De la Cruz (6) basado en el sistema Holdridge clasifica la zona de vida bmh- S(c) como bosque muy húmedo subtropical (calido). Perteneciendo a las fincas ubicadas en El Estor, Izabal.

#### **1.4.9. Uso actual de la tierra**

Actualmente el uso de la tierra en las fincas de INDESA es Palma africana y bosque.

## **1.5. Metodología**

### **1.5.1. Fase de gabinete inicial:**

En la fase inicial de gabinete se obtuvieron varios documentos referentes al estado y actividades productivas y agronómicas, que permitió conocer la empresa de una forma generalizada.

### **1.5.2. Fase de campo:**

La fase de campo se dividió en dos partes: La obtención de información primaria y la obtención de la información secundaria.

- Información primaria:

1. Se entrevistó al Ing. Agr. Jorge Mario Corzo, encargado del departamento de Investigación y Desarrollo.
2. Se entrevistó al Ing. Agr. Hamilton Barrios Administrador de la finca Pataxte.
3. Se conversó con auxiliares, caporales y personal de laboratorio.

- Información Secundaria:

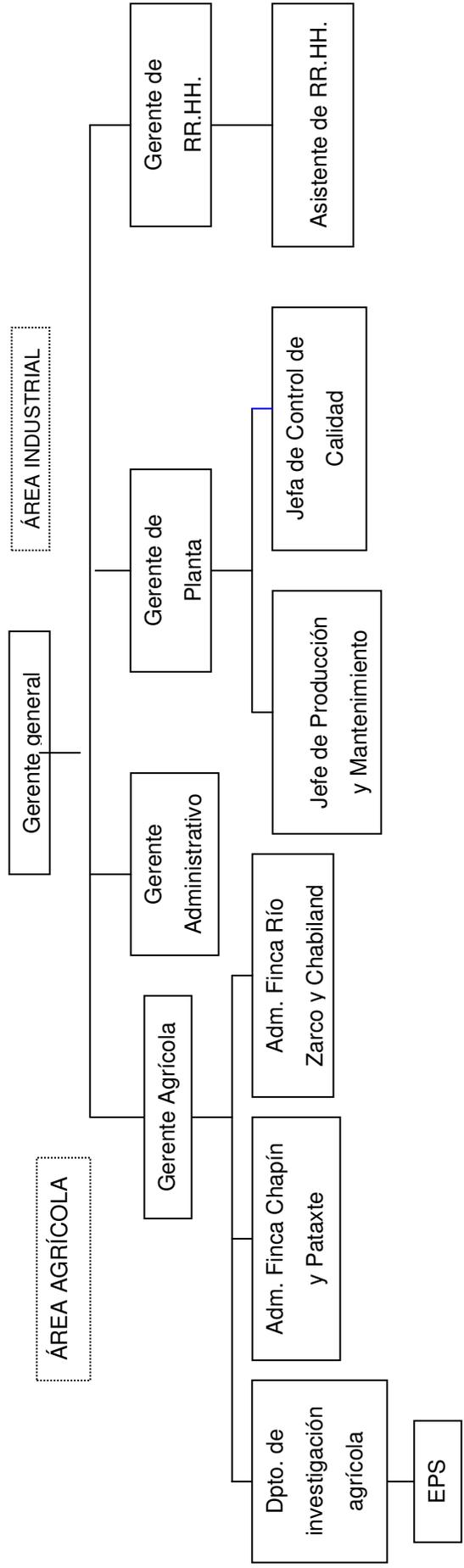
1. Se consultó el Informe de graduación para Perito Agrónomo de Gerson Leiva.
2. Se consultó el Informe final de graduación para ingeniero agrónomo de Sergio Farfán. Universidad de San Carlos de Guatemala.

3. Se consultaron archivos shapes de los pantos de las fincas elaborados por P. Agr. Edgar Morales, en el software ArcGis 9.2 ESRI.
4. Se consultó información digitales de estadísticas de la empresa Inversiones de Desarrollo S.A. INDESA S.A.
5. Se consultó bibliografía referente al cultivo de la palma africana (*Elaeis Guineensis* Jacq.).

### **1.5.3. Fase de Gabinete final**

Para esta fase se recopilaron datos, los cuales se analizaron. Posteriormente se elaboraron los resultados.

1.6. RESULTADOS



Fuente: Departamento de investigación INDESA

Figura 2 Organigrama INDESA por áreas y gerencias

### 1.6.1. Finca Chabiland

La finca CHABILAND es el casco urbano más retirado a la central de operaciones, aunque en esta finca se concentran pocas personas se dispone de los servicios básicos de vivienda y alimentación, además es el centro de operaciones para las actividades agrícolas que se realizan en esta finca y en finca Sejú.

#### Medios de comunicación

- Vía teléfono.
- Radio.

#### Transporte:

- Cuando el personal necesita salir de la finca, coordinan el transporte con el administrador de esta ó con el gerente administrativo de la empresa para que desde el casco urbano se le facilite el transporte.
- El caporal de cosecha dispone de una moto especial para trabajo agrícola.

#### Instalaciones físicas:

- La casa es amplia y se encuentra en buenas condiciones, las paredes tienen base de block y continuación de madera, las ventanas y servicios sanitarios se encuentran en buenas condiciones.
- En el servicio de cocina y comedor disponen de un juego de comedor pequeño, un refrigerador, una estufa, un molino entre otros utensilios que facilitan el trabajo doméstico.
- Cuenta con una oficina contable totalmente equipada (computadora, escritorio, archivos, sillas y otros).
- Tiene una bodega para el resguardo del equipo de trabajo, equipo de protección personal, fertilizantes, insecticidas y herramientas de trabajo.
- El agua para consumo doméstico y uso general es captado de nacimiento de agua o río.

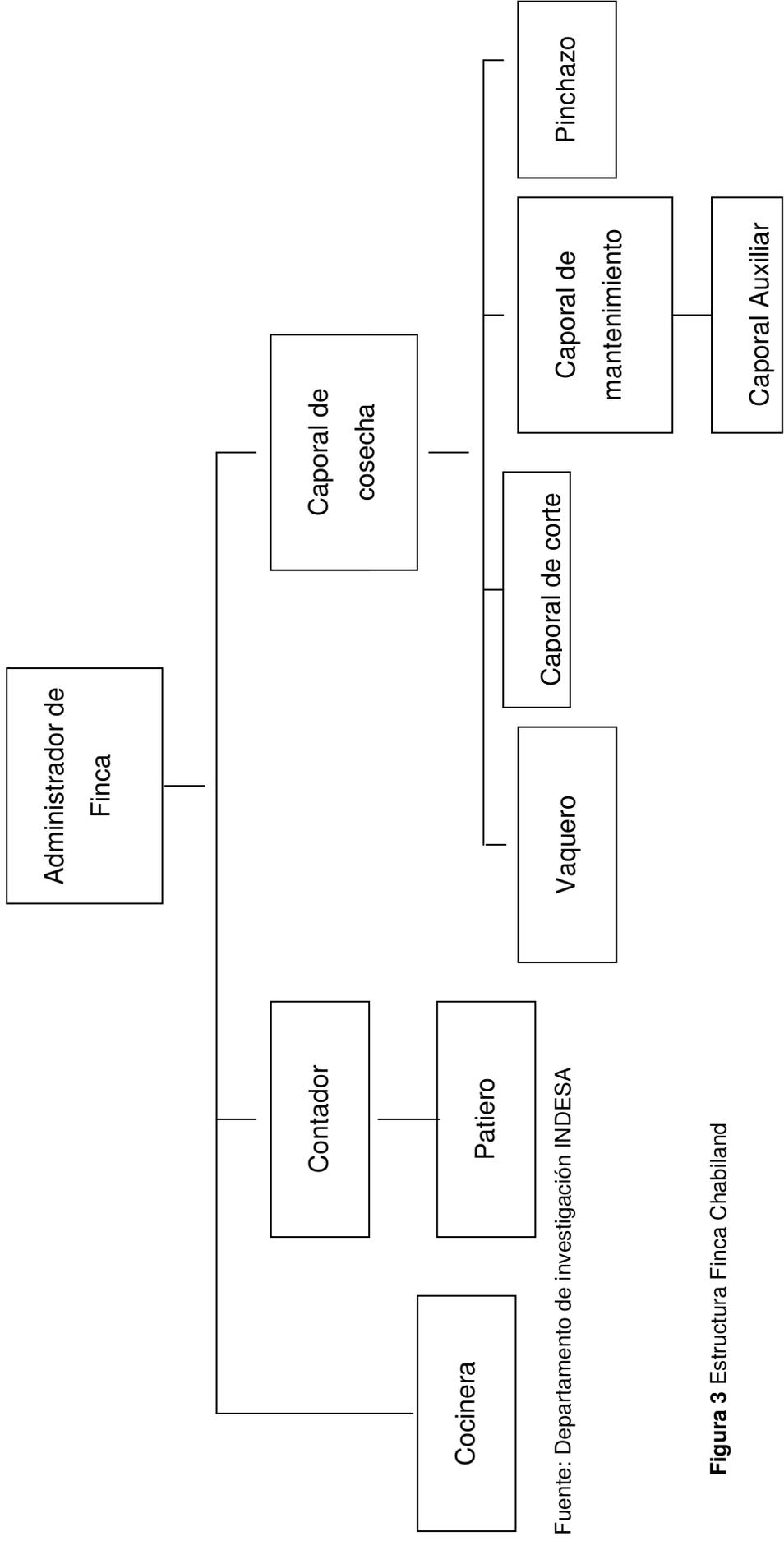


Figura 3 Estructura Finca Chabiland

### 1.6.2. Finca Río Zarco

La finca Río Zarco, tiene su propio centro de operaciones donde se cumplen las normas y políticas de trabajo del área agrícola las cuales son definidas por la gerencia agrícola. En esta finca laboran empleados contratados de manera permanente.

#### Medios de comunicación

- Vía teléfono.
- Radio.

#### Transporte:

- El administrador dispone de un pick-up, para sus traslados y movimientos en las áreas de trabajo y fuera de ellas según sea necesario.
- El caporal de cosecha dispone de una moto especial para trabajo agrícola.

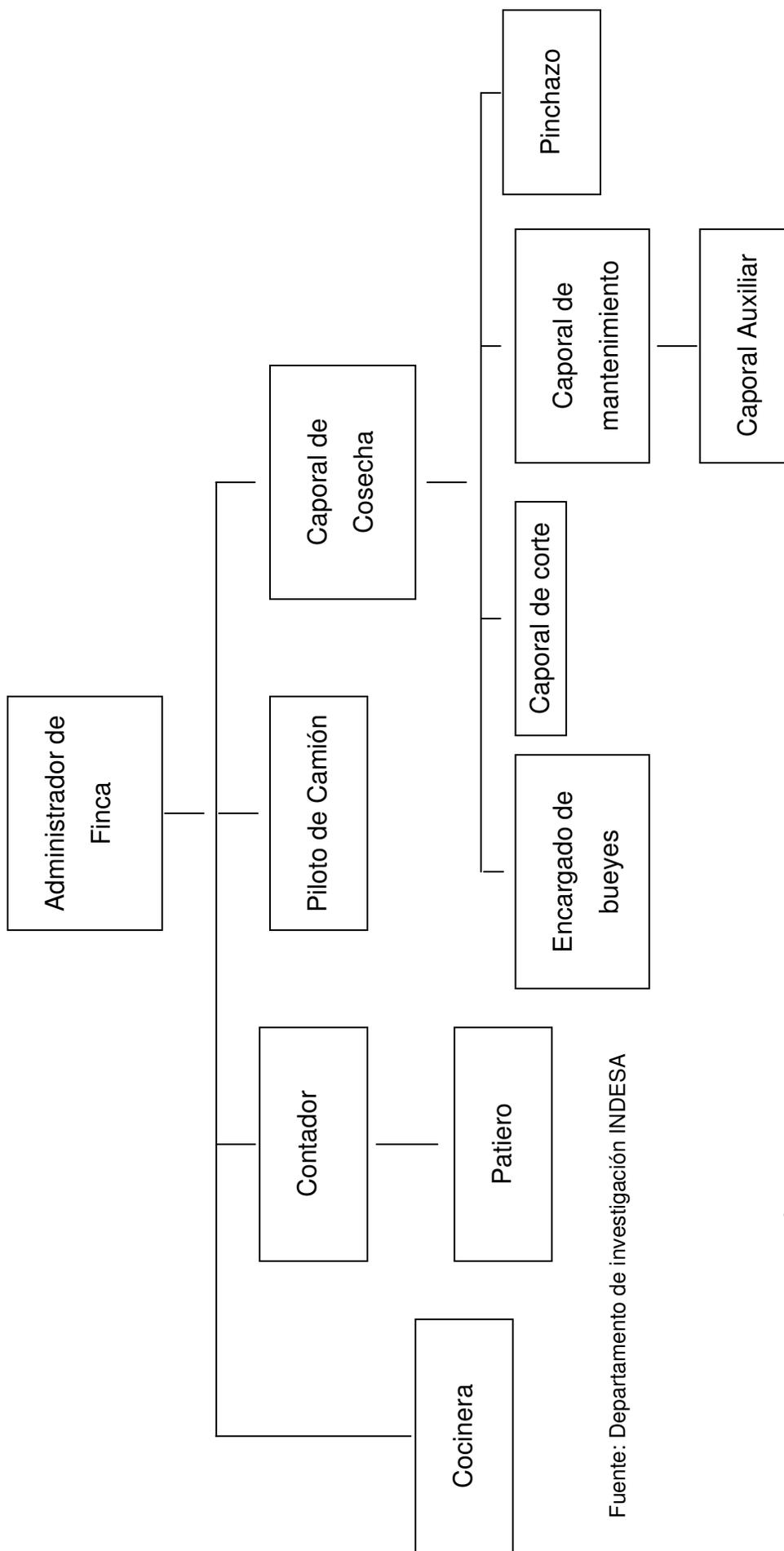
#### Instalaciones físicas:

- La casa para el administrador está construida de madera, la condición y su pintura es buena, además contiene el equipamiento básico así como una cama, closet, sala de madera, servicio sanitario.
- En el servicio de cocina y comedor disponen de un juego de comedor para seis, un refrigerador, una estufa, licuadora entre otros utensilios que facilitan el trabajo domestico.
- Las condiciones de la casa que habita el contador son buenas así como la casa que habita la cocinera, ambas están construidas de madera y el color de la pintura aplicada no se ha deteriorado, las camas asignadas son camastrones de madera y un colchón de algodón que también se encuentran en buenas condiciones.
- Posee una oficina para el área contable, con su respectivo equipo de computo

- Una bodega para el resguardo del equipo de trabajo, equipo de seguridad, las herramientas de trabajo, los fertilizantes, los insecticidas y otros que ameriten resguardo.

#### DESVENTAJAS:

- El abastecimiento de agua para consumo domestico y uso general, proviene de corrientes subterráneas (pozo).
- Los medicamentos que disponen no son suficientes, de acuerdo a lo requerido en un botiquín para empleados de área agrícola.



Fuente: Departamento de investigación INDESA

Figura 4 Estructura Finca Río Zarco

### 1.6.3. Finca Chapín

La finca CHAPÍN, tiene su propio centro de operaciones donde se cumplen las normas y políticas de trabajo del área agrícola las cuales son definidas por la gerencia agrícola.

#### Medios de comunicación

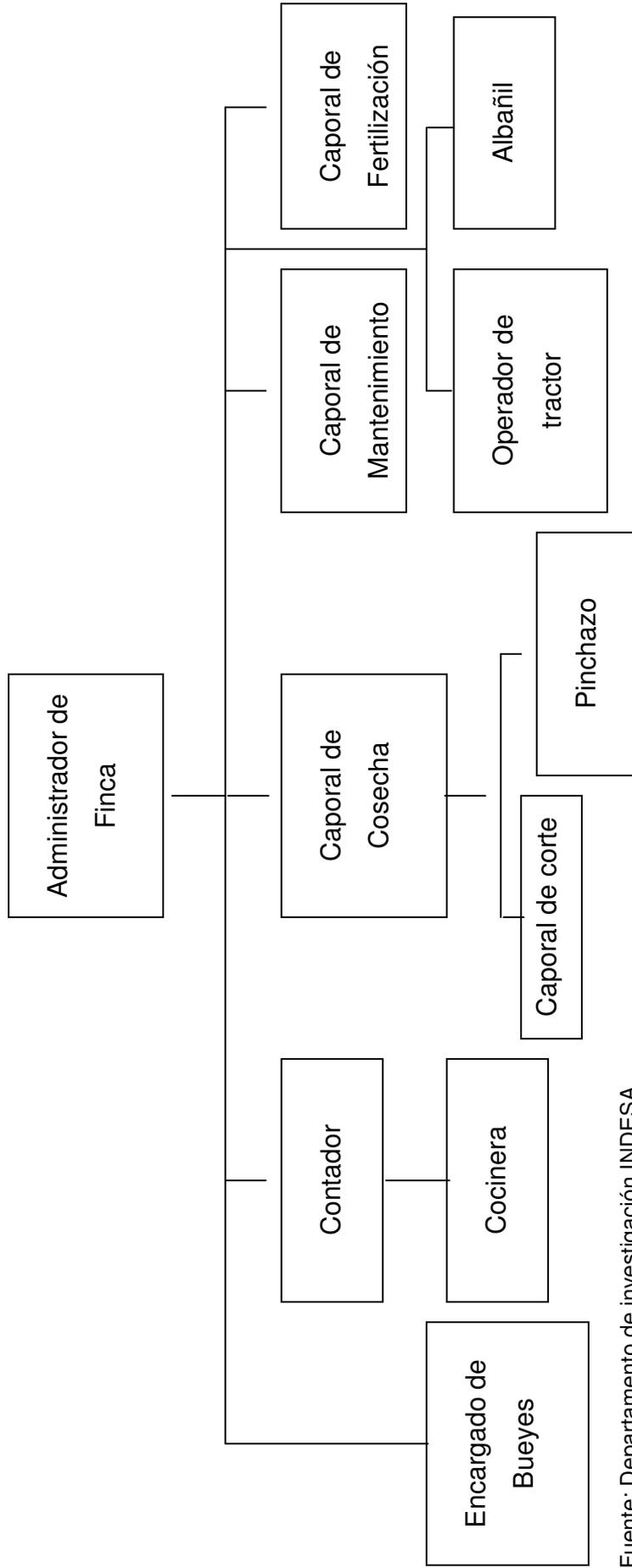
- Vía teléfono.
- Radio.

#### Transporte:

- Los traslados son gestionados por parte de gerencia administrativa o el administrador de la finca, los cuales en horarios fijos entran y salen con un camion.
- El caporal encargado de cosecha dispone de una moto que le permite desplazarse en el área de trabajo.

#### Instalaciones físicas:

- En el casco urbano central se encuentra una casa habitacional en buenas condiciones, una oficina contable con su respectivo equipo de computo y amueblada.
- En el servicio de cocina y comedor disponen de un juego de comedor, un refrigerador, una estufa, entre otros utensilios que facilitan el trabajo domestico.
- Las condiciones de la casa que habita el contador es considerada como buena y dispone de cama y closet.
- Cuenta con una bodega para el resguardo del equipo de protección, el equipo y las herramientas de trabajo; los fertilizantes, insecticidas y solventes entre otras.
- Los medicamentos existentes son resguardados en un botiquín identificado y se encuentra en la oficina de contabilidad..



Fuente: Departamento de investigación INDESA

**Figura 5 Estructura finca**

#### 1.6.4. Finca Pataxte

En la finca Pataxte están localizadas las oficinas administrativas. También cuenta con la planta extractora en donde se extrae el aceite de palma. La finca Pataxte, tiene su propio centro de operaciones donde se cumplen las normas y políticas de trabajo del área agrícola las cuales son definidas por la gerencia agrícola.

##### Medios de comunicación

- Vía teléfono.
- Radio.
- Internet

##### Transporte:

- Los traslados son gestionados por parte de gerencia administrativa o el administrador de la finca, los cuales en horarios fijos entran y salen con un camión.
- Cada uno de los departamentos posee un vehículo (moto y/o carro).
- El caporal encargado de cosecha dispone de una moto que le permite desplazarse en el área de trabajo.

##### Instalaciones físicas:

- VIVIENDA Y SERVICIOS
  - Gerencial

Para los gerentes de las distintas áreas son ubicados en una casa donde comparten sala con televisión y servicio de DirecTV, las habitaciones para cada persona son individuales y disponen de baño privado. Se ofrece el servicio de lavado y planchado.

- Casa de huésped

Se ofrecen los mismos servicios que al nivel gerencial pero sin refrigerador ni televisión, ubicadas en una casa que anteriormente estaba al servicio de los ingenieros.

- Habitaciones de Colaboradores

Son viviendas acogedoras que cuentan con todos los servicios básicos. El baño es compartido (existen 2 por modulo habitacional)

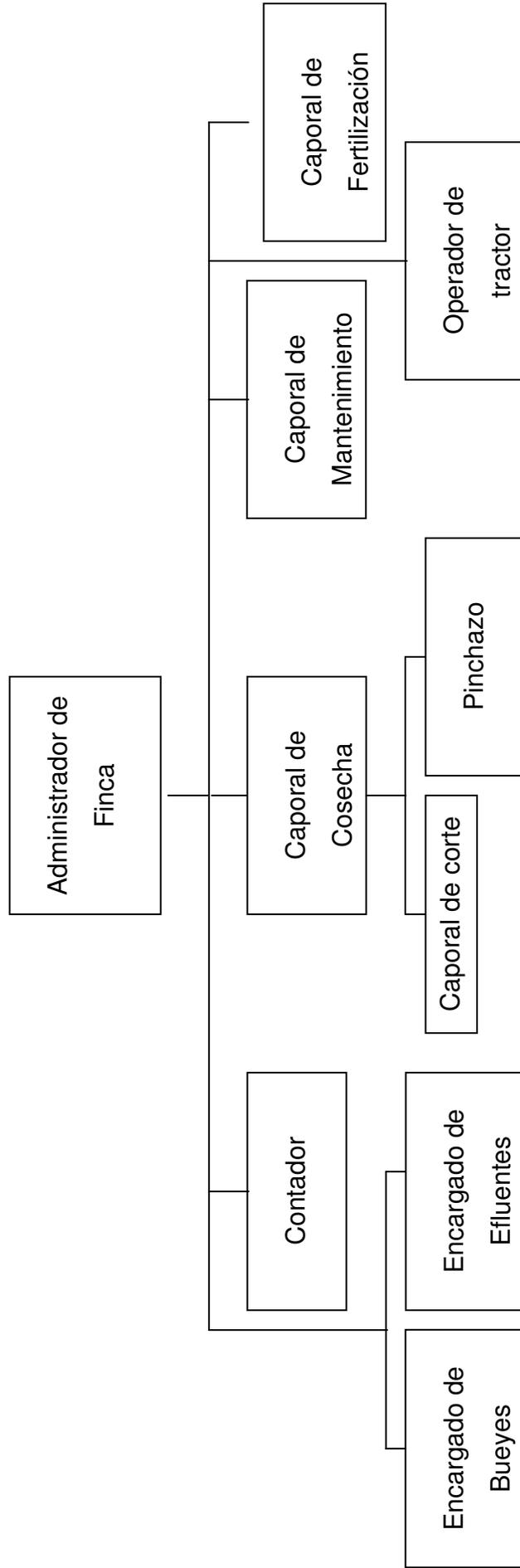
- En el casco urbano central se encuentra una casa habitacional en buenas condiciones, una oficina contable con su respectivo equipo de computo y amueblada.
- En el servicio de cocina y comedor disponen de un juego de comedor, un refrigerador, una estufa, entre otros utensilios que facilitan el trabajo domestico.
- Las condiciones de la casa que habita el contador es considerada como buena y dispone de cama y closet.
- Cuenta con una bodega para el resguardo del equipo de protección, el equipo y las herramientas de trabajo; los fertilizantes, insecticidas y solventes entre otras.
- Los medicamentos existentes son resguardados en un botiquín identificado y se encuentra en la oficina de contabilidad.

En el casco urbano de finca Pataxte se concentra una gran cantidad de comensales que obtiene ese servicio, entre los grupos que más gozan de esa prestación tenemos los operarios en planta, administrativos del casco de la finca Pataxte, personal de seguridad que paga por obtener el servicio y personal de contratistas que realizan obras en la planta o casco urbano.

Tipo de Alimentación que se ofrece:

El tipo de alimentación que se ofrece en todas las fincas es clasificado como bueno, considerando las cantidades que se sirven así como la variedad en los menús, el sabor de cada comida es bueno y la preparación en su mayoría contiene gran cantidad de grasa ó aceite, esto último se debe a la sazón o tipo de comida que el cocinero está acostumbrado a preparar.

El menú para el personal ejecutivo varía en las entradas, como por ejemplo a la hora de repartir bananos, al personal ejecutivo se le modifica pues los preparan con crema. Por todo lo demás, la comida es la misma que el resto de las personas que laboran en INDESA.



Fuente: Departamento de investigación INDESA

**Figura 6 Estructura Finca Pataxte**

### 1.6.5. Problemas identificados en las actividades realizadas en el área agrícola

#### A. Corte

Para esta actividad se utiliza un cuchillo encorvado llamado Malayo, se corta utilizando 3 principios básicos:

- Pepas en el suelo, de 3 en adelante se dice que está maduro el racimo.
- Coloración del racimo, entre un color morado oscuro y anaranjado
- Tacto, se le introduce la uña al fruto y si éste suelta aceite es porque esta listo para el corte.

El cortador debe realizar no solo el corte del racimo de la palma sino también debe eliminar las hojas que se encuentran alrededor de la palma por debajo del racimo a cortar, luego que se corta el racimo se elimina el raquis sobrante realizándole un corte en V.

#### Problemas:

- Muchos frutos sueltos y olvidados al momento de bajar el racimo de la palma
- Confusión de punto de maduración por las variedades.
- Maltrato al momento del transporte
- Bueyes con dificultad de ingresar al área lodosa
- Altura de las palmas dificulta el corte, con tendencia a daño de fruto.

## **B. Fertilización**

Para la fertilización se toman muestras foliares y de suelo a lo largo del año, las cuales se mandan a los laboratorios de ANALAB para que sean debidamente analizadas. Posteriormente son interpretadas en el departamento de Investigación y desarrollo de la empresa, para poder determinar los requerimientos por parte de las palmas.

Problemas:

- Fertilizante propenso a volatilizarse por falta de adecuada cobertura.
- Inadecuada aplicación de fertilizante en el vivero.

## **C. Enfermedades**

Para el control de enfermedades se tiene una persona que realiza muestreos constantemente para detectar las enfermedades existentes en la plantación. Además se contratan técnicos del extranjero especialistas en la materia para que con los datos de muestreos y después de un recorrido recomienden la mejor solución para el cultivo. Cabe destacar que la palma no padece de alta incidencia con las enfermedades a excepción del vivero que es afectado por bacterias fitopatógenas que causan amarillamiento y pudrición en las raíces.

Problemas:

- Incidencia de bacterias fitopatógenas (*Erwinia*) en la etapa de vivero de la palma.
- Restos de hojas cortadas son dejados en el piso, siendo hospederos de enfermedades
- Posible existencia de asocio de la pudrición de la flecha con la falta de aireación que poseen las plantas en el vivero.

## D. Plagas

Para el control de las plagas se tiene una persona que realiza muestreos constantemente para detectar las plagas existentes en la plantación. Además se contratan técnicos del extranjero especialistas en la materia para que con los datos de muestreos y después de un recorrido recomienden la mejor solución para el cultivo.

Problemas:

- Problema de incidencia del anillado rojo de la palma causado por nematodo (*Helicotylenchus sp.*), transportado por el Picudo de la Palma (*Rinchosporus palmarum*).
- Disminución de area foliar causado por Zompopo (*Atta sp*)

## E. Drenajes

Los drenajes en las fincas son canales que atraviesan los pantos, haciendo drenar el exceso de agua que existe.

Problemas:

- Exceso de agua que sobrepasa la capacidad de los drenajes.
- Suelos que no drenan el agua fácilmente.

**F. Problemas con las comunidades aledañas a la plantación**

- Cerdos sueltos que consumen los frutos en el suelo, antes de la recolección.
- Perros que consumen los frutos de igual manera que los cerdos.
- Perdida por robo de costales, llantas de carretas bueyeras y robo de bueyes.
- Problema de moscas debido a la elaboración de compost

**G. Insumos**

- Tardanza en la entrega de insumos debido a la capacidad y tiempo de entrega del camión que transporta los insumos, aunado a la distancia y accesibilidad de de los caminos.

### 1.7. FODA Realizado a La Empresa Inversiones de Desarrollo S.A.

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con un cultivo promisorio que deja altas ganancias.</li> <li>• Disponibilidad de recurso agua</li> <li>• Disponibilidad de mano de obra</li> <li>• Clima favorable a la Palma</li> <li>• Organización</li> <li>• Planta extractora propia y con cercanía a las fincas.</li> <li>• Constantes capacitaciones y actualizaciones del personal y de las técnicas empleadas.</li> <li>• Mejoras en la atención del personal de la finca.</li> <li>• Diversidad de variedades existentes en las fincas.</li> <li>• Cultivo con una economía de escala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplia utilización de los subproductos.</li> <li>• Búsqueda de recursos energéticos alternativos del petróleo (Biodiesel).</li> <li>• Amplia utilización de desechos de la cosecha y del manejo que podrían ser utilizados en la producción de otros productos.</li> <li>• Productos y sub-productos a partir de aceite de palma africana con alta demanda en el mercado.</li> </ul>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas con el transporte en época lluviosa.</li> <li>• Drenajes insuficientes en las fincas</li> <li>• Algunas variedades existentes en fincas dificulta su manejo por la altura alcanzada por las palmas.</li> <li>• Bajo nivel de educación de las personas que laboran en la finca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la incidencia del anillado rojo de la palma</li> <li>• Alta competencia en obtención de terrenos para cultivo.</li> <li>• Crecimiento de empresas competidoras en el mercado.</li> </ul>

## 1.8. CONCLUSIONES

- Las fincas de la empresa Inversiones de Desarrollo (INDESA S.A), se dedica a la producción de aceite vegetal y sus derivados extraídos de la Palma Africana (*Elaeis guineensis Jacq.*) cuenta con cinco fincas propias y dos alquiladas. En total suman un área aproximada de 6,000 hectáreas, de las cuales aproximadamente 4,720 hectáreas son destinadas para el cultivo de palma.
- Los principales problemas detectados fueron: Drenajes insuficientes en algunos terrenos dificultando el crecimiento y desarrollo del cultivo y el aumento en la incidencia del anillado rojo de la palma.
- Las principales ventajas con que cuenta INDESA son: Se cuenta con un cultivo promisorio que deja altas ganancias, disponibilidad de recurso agua, clima favorable para el desarrollo del cultivo y planta extractora propia y con cercanía a las finca.

## 1.9. Bibliografía

1. Barrios, H. 2007. Manejo del cultivo de palma africana (entrevista). El Estor, Izabal, Guatemala, INDESA (Investigaciones de Desarrollo, S.A.), Administración finca El Pataxte.
2. Corzo, JM. 2007. Fertilización en palma africana (entrevista). Guatemala, INDESA (Investigaciones de Desarrollo, S.A.), Departamento de Investigación.
3. Farfán, S. 2006. Informe final de diagnóstico, servicios e investigación en las fincas el chapín, pataxte, rio zarco, chabiland, sejú, la cabaña, en el municipio del Estor, departamento de Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 124 p.
4. Griffith, R. 1968. The mechanism of transmission of the red ring nematode. J. Agr. Trin. Tob. 67:436.
5. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1972. Atlas nacional de Guatemala. Guatemala. p. 52.
6. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge. Guatemala. Instituto Geográfico Militar. Escala 1:600,000.
7. Leiva, GO. 2005. Manejo agronómico de la palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*). Informe final Perito Agrónomo. Chiquimula, Guatemala, Instituto Adolfo V. Hall de Oriente. 25 p.
8. \_\_\_\_\_ 2007. Muestreo de suelos y planta (entrevista). Guatemala, INDESA (Investigaciones de Desarrollo, S.A.), Departamento de Investigación.
9. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

## **CAPITULO II**

**EFFECTO DE DOS DOSIS DE EXTRACTO DE ALGAS MARINAS SOBRE  
EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (*Elaeis  
guineensis Jacq*), EL ESTOR, IZABAL**

**EFFECT OF TWO DOSES OF SEAWEED EXTRACT ON THE CROP YIELD  
African Palm (*Elaeis guineensis Jacq*), El Estor, Izabal**



## 2.1. INTRODUCCIÓN

Para los países tropicales, la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) representa una alternativa de excelente perspectivas. Este cultivo produce 10 veces más rendimiento de aceite, que la mayoría de los otros cultivos oleaginosos y con materiales genéticos más recientes, la diferencia en rendimiento es cada vez mayor y los problemas de salud atribuidos a las grasas hidrogenadas tendrán que abrirle paso al aceite de palma para la fabricación de productos de origen vegetal.

Es por ello que se hace necesario aumentar las producciones lo cual indica producir con calidad a costos bajos pero esto no quiere decir que no se tome en cuenta el manejo sustentable de los recursos.

En la actualidad se están buscando diversos métodos para tener una producción más eficiente, uno de esos avances es el uso de extractos de algas marinas que trae consigo el aumento del efecto de aplicación de fertilizantes químicos.

Estas algas han sido evaluadas en palma por la empresa Agrocaribe, las cuales han presentado aumento en rendimiento desde dos toneladas por hectárea por, ello se evaluará dicho producto ya que existe la posibilidad de tener un aumento en el rendimiento de las plantaciones de Inversiones de desarrollo (INDESA).

Para poder evaluar el efecto que tiene el producto sobre el rendimiento se procedió a realizar un experimento en el cual se evaluaron 3 tratamientos: 0, 2 y 4 litros de extracto de algas marinas por hectárea, mediante un diseño experimental en bloques al azar, la aplicación de esta dosis se dividieron en dos, la primera aplicación se realizó el 09 de marzo de 2008 y la segunda el 10 de septiembre de 2008.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, este análisis reflejó diferencias significativas entre los tratamientos, luego se procedió a realizar una prueba de contrastes ortogonales para poder identificar la dosis que produjo mejores efectos, éste

análisis permitió concluir que: no existen diferencias significativas entre aplicar 2 y 4 litros por hectárea por año. Por lo anteriormente descrito se recomendó aplicar la dosis de 2 litros por hectárea por año ya que resulta más económico que aplicar 4 litros por hectáreas por año.

## **2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El rendimiento es el resultado de la acción conjunta de todos los nutrimentos, principalmente los elementos mayores, en donde según la planta y el suelo, los nutrimentos alternan en importancia.

Cuando un cultivo es explotado de una manera intensiva los rendimientos son muy importantes ya que de esto depende la rentabilidad del mismo, es por eso que es necesario la búsqueda de alternativas que permitan tener mejores rendimientos.

Las plantaciones de palma de INDESA se encuentran establecidas sobre suelos que presentan características de pH bajos y mal drenaje, tales suelos requieren manejos adecuados de la fertilidad. Para tener un aumento en el rendimiento es necesario tomar en cuenta estos factores ya que ellos inciden en el desarrollo de la planta.

Los rendimientos promedio en las diferentes fincas de INDESA van desde 23 hasta 36 ton/ha, esto debido a la diferentes variedades cultivadas y también a las condiciones que tienen las plantaciones, estos rendimientos no son malos ya que en otros países los rendimientos promedio de plantaciones similares son de 23 toneladas por hectárea, pero por la importancia que tiene el rendimiento sobre la rentabilidad es necesario buscar alternativas para tener un mejor aprovechamiento de los recursos.

### 2.3. JUSTIFICACIÓN

El uso de algas marinas para el mejoramiento de los suelos es un método que se ha venido evaluando en los últimos años en Guatemala, existen ejemplos en diferentes cultivos desde anuales hasta cultivos perennes, se han reportado diferentes variables como por ejemplo, maduración, rendimiento, aumento de raíces, mejor aprovechamiento de los fertilizantes, entre otros.

Los efectos que provoca este producto sobre el suelo son variados, pero básicamente se enfoca en hacer disponible los elementos del suelo para la planta, lo cual indicaría un mayor aprovechamiento y una mayor absorción de los mismos, el rendimiento de la palma está relacionado con la disponibilidad de elementos en el suelo, especialmente el potasio (K), por lo tanto si este producto logra tener efecto en la disponibilidad de los elementos traería consigo el aumento del rendimiento.

En Guatemala la aplicación de algas marinas en palma ha sido poco estudiado, la empresa que ha estado trabajando con este producto es Agrocaribe empresa dedicada al cultivo de palma africana, los cuales han tenido incremento en los rendimientos hasta por 2 toneladas arriba del testigo.(4)

Las plantaciones de la empresa tienen alrededor de 9 años, según investigaciones realizadas por la Asociación de Semillas de Costa Rica (ASD de Costa Rica) el rendimiento de la palma va en aumento conforme la edad pero se estabiliza a los 9 años, (15) por lo tanto las plantaciones en teoría han llegado a su rendimiento máximo.

El aumento de 2 toneladas por hectárea como mínimo indica un ingreso mayor al esperado, lo que se transmite en mayor ganancia para la empresa aumentando así la rentabilidad de este cultivo.

Aplicar un litro de Algaenzims por hectárea tiene un costo de Q.213.00 y el ingreso por dos toneladas de fruta es de Q.1,232.00, por lo tanto si este producto puede realizar un efecto

en el rendimiento para INDESA es justificable invertir en aplicar este producto, es por eso que se desea evaluar este producto para poder determinar si provoca un aumento en el rendimiento o no.

## **2.4. MARCO TEORICO**

### **2.4.1. Palma africana**

Según Angelfire (1), la palma de aceite es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 Kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste.

Su lugar de origen está localizado a lo largo del Golfo de Guinea y se extiende hasta 15° de latitud norte y sur.

La producción mundial de aceite de palma se calcula en más de 3.000 millones de toneladas métricas. Los principales países productores son Malasia, Nigeria, Indonesia, Zaire y Costa de Marfil, y otros países africanos y sudamericanos.

Además de su alto rendimiento por unidad de superficie, la palma de aceite es importante por la gran variedad de productos que genera, los cuales se utilizan en la alimentación y la industria. Tanto el aceite de pulpa como el de almendra se emplean para producir margarina, manteca, aceite de mesa y de cocina, y jabones.

El aceite de pulpa se usa en la fabricación de acero inoxidable, concentrados minerales, aditivos para lubricantes, crema para zapatos, tinta de imprenta, velas. Se usa también en la industria textil y de cuero, en la laminación de acero y aluminio, en la trefilación de metales y en la producción de ácidos grasos y vitamina A.

## A. Clasificación botánica

La palma de aceite es una monocotiledónea, incluida en el orden *Palmales*, familia *Palmaceae*, género *Elaeis* y especie *E. guineensis* Jacq.

La clasificación de la palma de aceite en variedades se basa principalmente en la forma, color y composición del fruto, y en la forma de la hoja.

## B. Morfología

### a Sistema radicular

Según el manual técnico publicado por la organización Devida (5) en el género *Elaeis*, como es el caso de las monocotiledóneas, el sistema radicular es de forma fasciculada crece formando haces 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, su longitud varía desde 1 metro hasta más de 15 y por su consistencia y disposición aseguran el anclaje de la planta. Las *raíces primarias* 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 *primarias* y su función principal es la de servir de base a las *raíces terciarias* (10 cm de longitud) y éstas a su vez, a las *cuaternarias* ( no más de 5 mm). Estos dos últimos tipos de raíces son los que 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. Este conocimiento es importante para la aplicación de los fertilizantes.

### b Tallo

El tallo o tronco de la palma aceitera se desarrolla en tres a cuatro años, una vez que ha tenido lugar la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Luego de

sembrada la palma en campo definitivo se inicia 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.

Al 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, protegido por el tejido tierno de las hojas jóvenes que emergen de él en número de 45 a 50. Las bases de inserción de los pecíolos que permanecen vivos por largo tiempo, forman gruesas escamas que dan al árbol su aspecto característico; al morir éstas, caen, dejando al tallo desnudo con un color oscuro, liso y adelgazado, cosa que puede apreciarse en plantas muy viejas.

### **c Hojas**

En una planta adulta, el tallo está coronado por un penacho de hojas con una longitud entre 5 y 8 metros y un peso de 5 a 8 kilos cada una. Aparenta ser una hoja compuesta, aunque en realidad es una hoja *pinnada*, (con folíolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo) y consta de dos partes: el *raquis* y el *pecíolo*. A uno y otro lado del *raquis* existen de 100 a 160 pares de *folíolos* dispuestos en diferentes planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos (1.20 m.). Esta irregular disposición de los *folíolos* marca una de las características distintivas de la especie *Elaeis guineensis*. El *pecíolo* muy sólido en su base y provisto de espinas en los bordes, las que se transforman en *folíolos rudimentarios* en la medida en que se alejan del tallo, presenta una sección transversal asimétrica, con tendencia triangular o de letra “D” y en tanto se proyecta hacia el *raquis* se va adelgazando, manteniendo siempre muy sólida la nervadura central. El desarrollo de una hoja, desde su estadio rudimentario en la yema vegetativa del que sale en 24 meses a un escaso crecimiento, le sigue una siguiente etapa que es de rápido crecimiento, en que de pocos centímetros la hoja pasará en 5 meses a una longitud de 5 a 6 metros que es conocida como *flecha*, que lleva dentro de sí al raquis y los folíolos en estrecha envoltura. En una tercera y final etapa, tiene lugar la apertura definitiva de la hoja adulta. Es importante conocer cómo se cuentan las hojas, puesto que a cada una de ella corresponde un número a partir de la *flecha* que es la número “0”, la última en abrirse fue

la número 1 y, en la medida en que se van abriendo, la numeración avanza correlativamente, la 1 pasa ser 2, y la 2 pasa a ser 3 etc.

#### **d Flores**

La Palma Aceitera es una planta *monoica*, 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. Esta inflorescencia puede ser masculina o femenina.

La inflorescencia masculina 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, (con estambres, por ser masculinas), que se asientan directamente en el raquis de la espiga, dispuestas en espiral. Las anteras producen abundante polen con un característico olor a anís.



**Figura 7 Inflorescencia masculina**

La inflorescencia femenina es un racimo globoso, de apariencia más maciza que a masculina, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso, lleva al centro un raquis esférico en el que se insertan numerosas ramillas o espigas, cada una con 6 a 12 flores. La flor femenina presenta un ovario esférico que es tricarpelar ( o sea con tres cavidades), conteniendo un óvulo cada una, dicho ovario esta coronado por un estigma trífido cuyas caras vueltas hacia fuera están cubiertas por papilas receptoras del polen.



**Figura 8 Inflorescencia femenina**

En la Palma Aceitera las flores masculinas y femeninas, no obstante estar en una misma planta, van colocadas en inflorescencias diferentes. A esta diferencia en espacio, se suma una diferencia en tiempo, ya que el polen está formado y dispuesto en tanto que el *estigma* no está apto para recibirlo porque no ha llegado su perfección.

Por esta característica la Palma Aceitera es una planta proterandra. No son raras las anomalías florales que producen casos de hermafroditismo.

### **e Fruto**

Sólo uno de los óvulos es fecundado, los otros tienden a desaparecer, el ovario al comienzo tiene un crecimiento rápido, para más adelante terminar su crecimiento y constituirse en una *drupa* que consta de un *exocarpio* o cáscara, del *mesocarpio* o pulpa que es de donde se obtiene el aceite e interiormente de un *endocarpio*, que junto con la almendra constituyen la semilla. El fruto ya desarrollado adopta varias formas según su posición en el racimo y su coloración exterior varía de negro a rojo. Un racimo bien constituido sobrepasa los 25 kilos y contiene gran cantidad de frutos de buena conformación.



**Figura 9 Fruto de la palma africana**

### **C. Fisiología**

Según Angelfire (1) La semilla de la palma de aceite tiene requerimientos especiales de humedad, oxígeno y temperatura para su germinación. En condiciones naturales, las semillas demoran mucho en germinar, si acaso lo hacen. Por ello, deben someterse a un tratamiento previo de calor en germinadores de aire caliente, con adecuada provisión de oxígeno y contenido de humedad cercano a la saturación.

Las semillas calentadas a 39 – 40 °C durante 80 días, con contenido óptimo de humedad y buena aireación, germinan rápidamente cuando se transfieren a la temperatura ambiental. El 50% germina en 5-6 días y el resto en 3 semanas.

La tasa de crecimiento del tronco es muy variable y depende de factores ambientales, genéticos así como de las prácticas de cultivo. Esta es baja con poca luminosidad y alta con mucha densidad de siembra. En condiciones normales, la tasa de incremento anual en altura varía entre 25 y 45 cm.

El diámetro del tronco puede disminuir en plantaciones abandonadas debido a la competencia de malezas y a la falta de fertilización.

Las palmas Dura producen menos hojas que las Ténera que a su vez producen menos que la Pisífera. En regiones con periodos de sequía marcados, la emisión foliar anual es menor que en zonas con mayor precipitación. Generalmente, una palma de seis a siete

años de edad produce unas 34 hojas al año y este número disminuye gradualmente con la edad a 25 y 20 hojas.

Al igual que la hoja, la inflorescencia demora dos años, desde su estado de yema hasta su aparición en el cogollo. De aquí hasta la abertura de las flores transcurren de 9 a 10 meses y hasta la maduración de los frutos, cinco meses más.

Una disminución en la intensidad de la luz, demasiada sombra, exceso de poda y periodos prolongados de sequía aumentan la producción de inflorescencias masculinas.

Normalmente hay periodos o ciclos de floración masculina y femenina, cuya longitud varía. La mayor producción corresponde a una mayor duración del ciclo de floración femenina.

Durante el periodo de floración femenina y maduración de racimos, la palma demanda cantidades grandes de elementos nutritivos.

Si éstos no están disponibles, se desarrollarán inflorescencias masculinas y muy pocas femeninas. Por lo tanto, dos años después los rendimientos serán bajos.

La variedad Ténera tiene un potencial genético de rendimiento mayor que el de Dura. Ello se debe no sólo al mayor porcentaje de pulpa en los frutos, sino también a que en ella la relación sexual es más amplia, es decir, el porcentaje de inflorescencia femenina que produce es mayor que el de las masculinas.

#### **D. Exigencias de clima y suelo**

Cuando se proyecta establecer una plantación de palma de aceite, es indispensable hacer un análisis cuidadoso de las condiciones ecológicas de la zona, pues este cultivo requiere grandes inversiones.

**a Temperatura**

Temperaturas mensuales de 25 a 28 °C en promedio son favorables, si la temperatura media mínima no es inferior a 21 °C. Temperaturas de 15 °C detienen el crecimiento de las plántulas de vivero y disminuyen el rendimiento de las palmas adultas.

**b Precipitación**

La precipitación entre 1.800 y 2.200 mm es óptima, si está bien distribuida en todos los meses. Precipitaciones de 1.500 mm anuales, como promedios mensuales de 150 mm, son también adecuadas.

**c Humedad relativa**

La humedad relativa debe ser superior al 75%. La evapotranspiración o pérdida de agua del suelo por evaporación directa y por la transpiración a través de las hojas, afecta el desarrollo de la palma de aceite. La humedad relativa está influida por la insolación, la presión del vapor de la atmósfera, la temperatura, el viento y la reserva de humedad del suelo.

Es necesaria una insolación bien distribuida en todos los meses, superior a 1.500 horas anuales.

La palma de aceite se adapta bien hasta alturas de 500 m sobre el nivel del mar y a la zona ecuatorial, entre los 15<sup>0</sup> de latitud norte y 15<sup>0</sup> de latitud sur.

**d Suelo**

Las características físicas y químicas del suelo influyen en el desarrollo de la palma de aceite, particularmente en zonas climáticas marginales. Al igual que el cocotero, la palma de aceite es favorecida por suelos profundos, sueltos y con buen drenaje.

Un nivel freático superficial limita el desarrollo de sus raíces y la nutrición. En general, las buenas características físicas, textura y estructura, son preferibles al nivel de fertilidad, pues éste puede corregirse con fertilización mineral.

La palma de aceite resiste niveles bajos de acidez, hasta pH 4. Los suelos demasiado alcalinos le son perjudiciales.

Aunque puede plantarse con éxito en terrenos de colinas, con pendientes mayores de 20<sup>0</sup>, se prefieren los planos o ligeramente ondulados, con pendientes no mayores de 15<sup>0</sup>.

En éstos se disminuyen los costos de establecimientos y de cosecha y los riesgos de erosión.

## **E. Labores Culturales**

### **a Poda de sanidad**

Según Roths Schuh, AJ (12) para preparar la cosecha es necesario mantener una palmera aseada. Entre estas actividades tenemos:

Hasta el cuarto año de edad: Un mes antes de la cosecha se debe limpiar la corona, eliminar racimos mal formados o muy maduros y cortar hojas secas.

A partir del cuarto año de edad: Empieza el crecimiento del futuro estipite, la corona de hojas sube y aumenta el área foliar. En la cosecha se hace necesario cortar algunas hojas bajas y las hojas que producen inflorescencia masculina. Preferiblemente en los meses febrero y marzo.

## **b Recolección de frutos caídos**

Recogida del fruto caído. Para evitar nacimiento de plántulas a partir de los frutos caídos. Al quinto año se cae alrededor del 6% de los racimos. A partir del sexto año esta caída sube del 10 al 12%.

## **c Fertilización**

El programa de fertilización debe diseñarse tomando en cuenta el análisis químico del suelo, el análisis foliar, los niveles de rendimiento y la edad de las palmas.

Los niveles críticos de diferentes elementos en las hojas 9 y 17, expresados en porcentaje de materia se exponen a continuación:

**Cuadro 3 Niveles críticos de nutrimentos en porcentaje**

Hoja	Nitrogeno	Fosforo	Potasio	Calcio	<i>Magnesio</i>
9	2.7	0.160	1.25	0.5	0.23
17	2.5	0.150	1.00	0.6	0.24

Los niveles críticos por debajo de estos porcentajes se consideran deficiencias.

Para la aplicación de fertilizantes, debe tenerse en cuenta que el mayor porcentaje de raíces absorbentes se encuentra a unos 25 cm de profundidad, y que las raíces se extienden en la misma forma que su follaje o corona.

La aplicación de los fertilizantes se hace en círculos de 0,50 m de radio en palmas al año del trasplante, de 1,50 m a los dos años, y de 2,00 m a los 3 años. El círculo se agranda en 0,50 m cada año.

La aplicación de fertilizante debe de estar acorde las condiciones específicas de cada finca, considerando el análisis de suelo y follaje. En último caso aplicar las cantidades expuestas a continuación.

**Cuadro 4 Recomendaciones de fertilizante para palma**

Fuente	Plantas jóvenes Kg/palma				Palmas adultas	
	Años				Kg/palma/año	
	0-1	1-2	2-3	3-4		
Urea	0.5	1	1.5	2	2	En 3 Aplicaciones
Triple super fosfato	0.2	0.5	0.75	0.75	0.75	Una aplicación 1er semestre
Sulfato de potasio	0.75	0.75	1.5		1	Una aplicación 2do semestre
Cloruro de potasio	-	-	-	1	1	Una aplicación
Bórax	-	0.06	0.06	0.06	0.06	Una aplicación
Sulfato de Magnesio	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	Una aplicación

## 2.4.2. Utilización de las algas marinas en la agricultura

### A. Las Algas Marinas

Según Blanco (2) “las algas son plantas que viven en el mar. Las hay de tamaño grande (macro) y pequeño (micro).

Son organismos que elaboran sus propios alimentos, a partir de la energía del sol y de las sustancias presentes en el mar; esto permite ser un alimento rico en muchos compuestos de gran valor nutricional para otros organismos.

Contienen todos los elementos macro, micro y traza que ocurren en las plantas, Reguladores de Crecimiento, Aminoácidos, Vitaminas Carbohidratos y otros compuestos.”

### B. Sargassum (sargazo)

Es un género de macroalgas plactónicas de la clase Phaeophyceae (algas pardas) en el orden Fucales. Las algas, que pueden crecer varios metros, son pardas o verde negruzcas y diferenciadas en rizoides, estipes y lámina. Algunas especies tienen vesículas llenas de gas para mantenerse a flote y promover la fotosíntesis. Muchas tienen texturas duras, que entrelazadas entre sí y con robustos pero flexibles cuerpos, le ayudan a sobrevivir a corrientes fuertes. (16)

Las espesas masas de sargazos proveen un ambiente propicio para un distintivo y especializado grupo de organismos marinos, muchos de los cuales todavía se desconocen. (16)

Los sargazos se encuentran comúnmente en los detritos de la playa, cerca de sus lugares de crecimiento en el mar, por lo que suelen llamarse maleza del Golfo, y coloquialmente como la maleza del engaño. (16)

Las especies de *Sargassum* se encuentran en las áreas tropicales del mundo, y es la más obvia macrófita de áreas costeras donde el sargazo está cerca de arrecife de coral. (16)

Por lo que respecta a su desarrollo, es un alga que crece de forma lenta en invierno, y muy rápido en primavera (de febrero a mayo, entre 2 y 4 cm/día y 25 gr peso seco/planta), se reproduce en verano y entra en un período que se podría denominar de reposo en otoño. La luz y la temperatura son factores críticos para el crecimiento. El patrón de crecimiento de este alga es dependiente de la luz, en el sentido de que el crecimiento se mantiene gracias a elevadas tasas de fotosíntesis durante un corto periodo favorable cuando las condiciones de luz y nutrientes son adecuadas. (13)

### **C. Acción de las algas en el suelo**

Según Canales (3) “los procesos de absorción radicular (teoría de lo transportador) y metabólicos de las plantas, son enzimáticos. Los seres vivos, sintetizan sus enzimas conforme a su necesidad de reacciones y movilidad de elementos.

Las enzimas son específicas para cada elemento y cada reacción. Las reacciones que provocan y activan las enzimas son catalíticas y reversibles, siempre buscando el equilibrio del sustrato en que actúan.

Los suelos de los diferentes valles de la tierra tienen diferente contenido de elementos, con casos extremos: desde deficiencia cero en uno (s), y exceso hasta toxicidad en otro(s), afectando con ello a las plantas que en ellas viven. El mar en su generalidad, tiene un contenido muy uniforme de elementos, las algas que en ellos medran tienen de todo, Las plantas rinden hasta 2% de cenizas; las algas, hasta 30%.

Lo expuesto da idea de la variedad y cantidad de elementos que estas contienen. A mayor riqueza de elementos, mas enzimas y mas reacciones. Las algas tienen más enzimas que las plantas, entre ellas, las enzimas hidrolasas específicas en las reacciones de hidrólisis.

Al aportar extractos de algas al suelo, las enzimas hidrolasas que conllevan, al actuar sobre las arcillas, cambian paulatinamente su textura hacia suelo franco y mejoran su estructura.

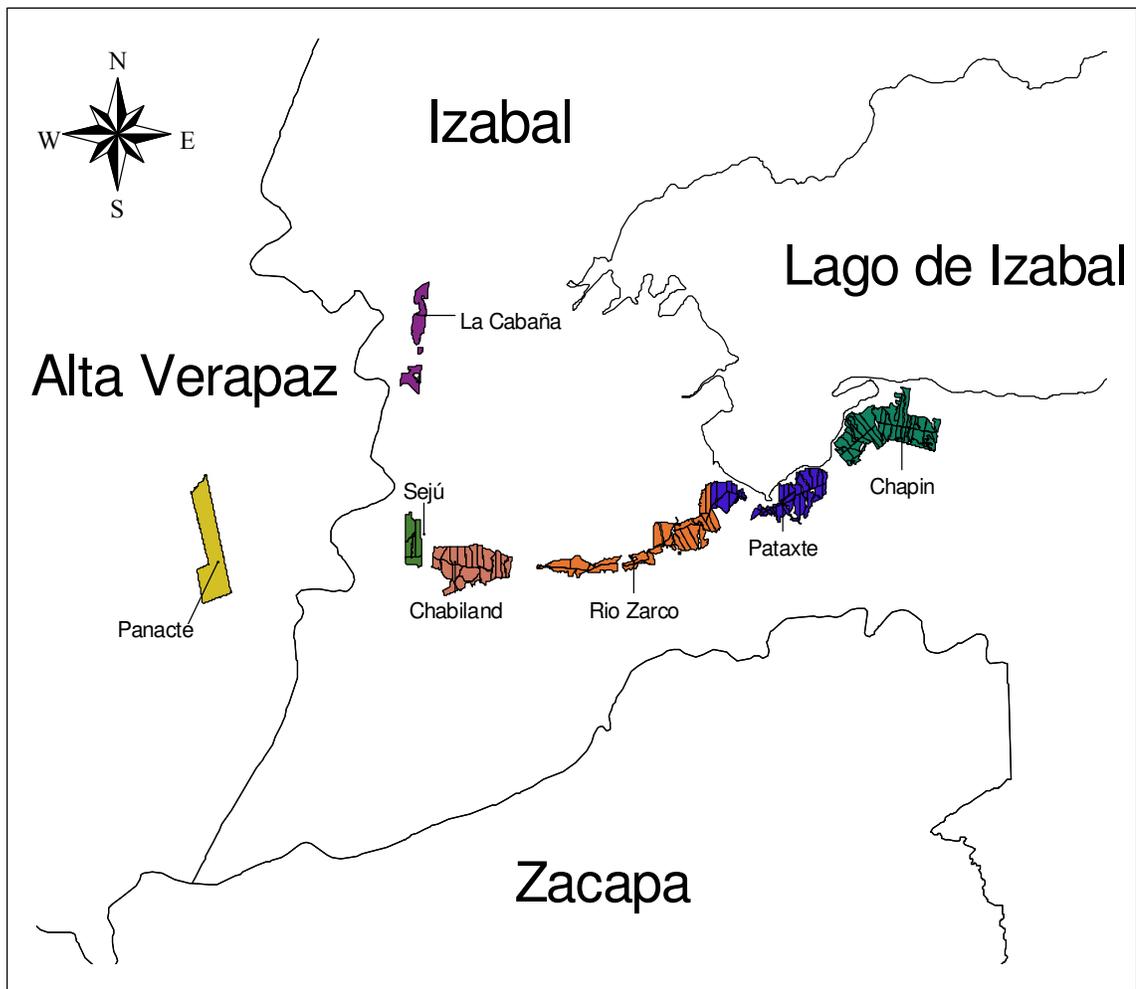
Al actuar sobre las arcillas y los compuestos insolubles, movilizan los iones del suelo poniendo disponibles los nutrimentos para que las plantas los tomen, entre estos al atacar los carbonatos, libera ácido carbónico y forma poros. Al liberarse los metales, coagulan las arcillas, formando poros también. El ácido carbónico liberado y la disociación H.OH, ajustan el pH del suelo. La movilización de los iones desmineraliza y desintoxica los suelos.

La movilidad del sodio así provocada y activada, lo incorpora a la solución del suelo quedando en situación manejable, facilitando que por cualquier método conocido, sea expulsado de la zona radicular.

Los cambios provocados y activados en beneficio del suelo al aportarle extracto de algas, se da en lustros en lugar de milenios como la naturaleza se toma. Año con año, el suelo se va conformando en un medio mas apto para el desarrollo de las plantas cultivadas , resultado parcial y consecutivo que se observa en el tiempo que dura un cultivar en dar cosecha, incrementándola.”

## 2.5. MARCO REFERENCIAL

INDESA es una empresa que se dedica a la producción de aceite y sus derivados por medio del cultivo de Palma africana (*Elaeis guinensis* Jacq), repartida en 4 fincas ( El Chapin, Pataxte, Río Zarco y Chabiland) que se encuentran en el municipio del Estor, departamento de Izabal. Cuentan con 3608.4 Has, aproximadamente.



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

Figura 10 Mapa de ubicación de fincas de INDESA.

## **2.5.1. Características generales del área de estudio**

### **A. Ubicación Geográfica**

La Finca se ubica en el municipio de El Estor, departamento de Izabal. Se encuentra situada en la región nororiente de Guatemala.

La finca se encuentra entre las siguientes coordenadas  $15^{\circ}21'07''$  latitud norte y  $89^{\circ}20'28''$  longitud oeste.

Hipsometría

Según las hojas cartográficas Rió Polochic 2362 II y Mariscos 2362 III a escala 1:50,000 el área de estudio de las fincas presentan altitudes que varían desde 5 a 16 metros sobre el nivel del mar. (7)

### **B. Vías de acceso**

La principal ruta que conduce hacia INDESA S.A. es: CA-9 que conduce hacia la cabecera departamental de Puerto Barrios llegando a la altura del kilómetro 218 a la finca trincheras desviándose hacia la izquierda camino a la aldea Mariscos. Luego 40 kilómetros de terracería hacia la finca el Chapín, pasando por Pataxte, inmediatamente Río Zarco, posteriormente Chabiland terminando en Sejú, Panacte y La Cabaña. También se puede llegar vía acuática a través del Lago de Izabal embarcándose en la Aldea Mariscos.

### **C. Suelos**

Según Simmons (14) 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 calido y húmedo. Ocupan relieves planos a elevaciones bajas en el este de Guatemala. Se

asemejan a los suelos del Polochic que se encuentran en el valle del mismo nombre, pero estos son calcáreos y menos micáceos que los Inca. La vegetación natural consiste de un bosque alto con maleza baja y densa.

#### D. Precipitación

La precipitación pluvial varía entre 2500 a 3000 mm. Como total. En el cuadro 3 se presenta la precipitación pluvial promedio para el año 2008

**Cuadro 5 Precipitación pluvial para el año 2008 Finca Pataxte**

Mes	Milímetros
enero	157.48
febrero	322.58
marzo	144.78
abril	241.3
mayo	269.24
junio	584.2
julio	1079.5
agosto	640.08
septiembre	728.98
octubre	528.32
noviembre	48.26
diciembre	157.48
<b>Total</b>	<b>4902.2</b>

Fuente: Estación meteorológica finca Pataxte

#### E. Temperatura y velocidad del viento

La temperatura mínima anual de la zona en la que se encuentra la finca Pataxte es 20.7 °C y la máxima anual es 33.1 °C. Y la velocidad del viento es 2.0 Km./hora. (9)

En el cuadro 6 se presentan las temperaturas mínimas y máximas promedio para el año 2008 en la finca pataxte.

**Cuadro 6 Temperaturas mínimas y máximas promedio 2008**

Mes	Temperaturas °C	
	Mínimas	Máximas
enero	21	28
febrero	22	31
marzo	25	29
abril	23	32
mayo	24	34
junio	24	33
julio	23	33
agosto	24	34
septiembre	24	34
octubre	22	32
noviembre	22	31
diciembre	22	31

Fuente: Estación meteorológica finca Pataxte

#### **F. Zona de vida**

De la Cruz basado en el sistema Holdridge clasifica la zona de vida bmh- S(c) como bosque muy húmedo subtropical (calido). Perteneciendo a las fincas ubicadas en El Estor, Izabal. (7)

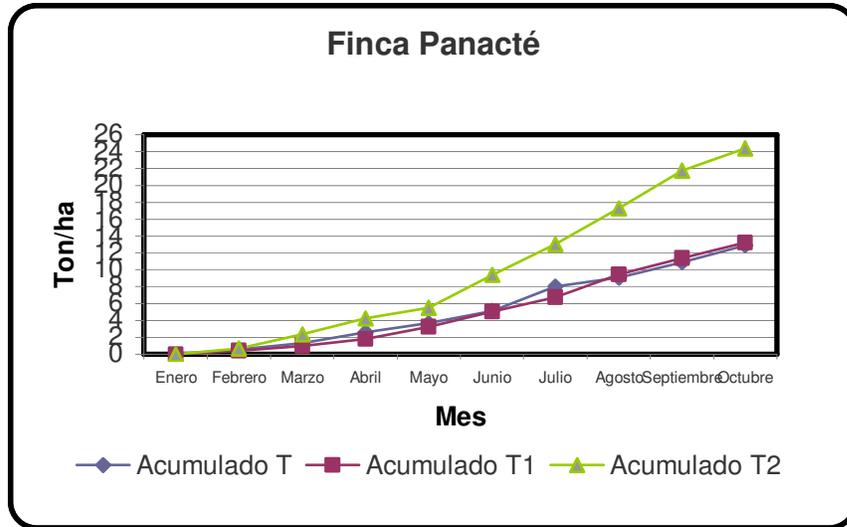
#### **G. Uso actual de la tierra**

Actualmente el uso de la tierra en las fincas de INDESA es Palma africana y bosque.

#### **H. Estudios realizados con extracto de algas**

##### **a Palma Africana**

En INDESA se realizó una evaluación en palma de 3 años donde se tomaron los rendimientos mensuales acumulados para el año 2008, la dosis evaluadas fueron de 1 y 2 litros por hectárea, realizando 2 aplicaciones al año.



**Figura 11 Rendimientos acumulados en palma de 3 años.**

En la grafica anterior se puede observar que los lotes a los que se le aplicó la dosis de 2 litros por hectárea poseen rendimientos mayores que los otros dos tratamientos. (Información no publicada)

En Guatemala otra empresa que ha evaluado este producto es Agrocaribe, la variable de respuesta que tomaron en cuenta fue el rendimiento en toneladas por hectárea por año, este experimento se llevó a cabo en 3 fincas, la dosis utilizada fue de 1 litro por hectárea donde los rendimientos de los lotes con la aplicación del tratamiento está por lo menos 2 toneladas sobre el testigo, los resultados obtenidos se presentan a continuación: (4)

**Cuadro 7 Rendimiento de palma de fincas de Agrocaribe**

Finca	Ton/ha/año	
	Tratamiento	Testigo
Placa I	20.385	18.184
Canarias	23.492	21.017
Isla	27.035	23.358

Fuente: Departamento de investigación Agrocaribe

Existen otros experimentos realizados utilizando algaenzimas, las variables tomadas son diversas ya que en cada cultivo se han tomado diferentes indicadores, a continuación se presentan ejemplos de experimentos con algaenzimas en otros cultivos:

#### **b Melón**

Se incrementó el contenido de azúcar en 2 a 3 %. Se incrementó la absorción de Mg, N y Ca, (3)

#### **c Plátano**

El experimento se llevó a cabo en Jamaica. La primera aplicación de extracto de algas se hizo cuando las plantas tenían seis meses de edad; la segunda, seis meses después. El incremento en la cosecha fue de 22 % y fructificó más temprano. (3)

#### **d Naranja**

De 16 a 25 años de edad. El experimento se llevó a cabo en La Florida, USA. La aplicación de extracto de algas se hizo por el sistema de riego por aspersión por arriba de las plantas en marzo a abril de 1966, 1967, 1968, 1969, 1970 y 1971 y los incrementos fueron en porcentaje de 4.9, 5.5, 8.5, 5.9, 12.9, 12.1 y 12.4, respectivamente. (3)

#### **e Papa**

Salomón Martínez Lozano, Julia Verde Star, R.K. Maiti, Azucena Oranday C., Homero Gaona R, Enrique Aranda H., Manuel Rojas G. de la Universidad Autónoma de Nuevo León e Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Nuevo León, México, realizaron una evaluación la cual consistió en evaluar el efecto de un extracto de algas y varios fitorreguladores sobre el valor nutricional del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L. var. gigant*).

Cuatro reguladores comerciales (Biofol, Biozyme, Cytokin y Activol) y un extracto de algas (AlgaEnzims) se aplicaron en las dosis recomendadas, sobre un cultivo de papa (*S. tuberosum L. varo gigant*) con el objeto de evaluar su efecto sobre el valor nutricional (materia seca, humedad, ceniza, grasa, proteína, carbohidratos y fibra dietética). Dichos parámetros fueron analizados de acuerdo al Official Methods of Analysis (AOAC).

El diseño experimental consistió en bloques al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones de 32 parcelas. El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre los tratamientos para todas las variables bromatológicas. El mayor contenido de ceniza (6.20) se presentó con el tratamiento AlgaEnzims-suelo. Los tratamientos AlgaEnzims-suelo (9.30), AlgaEnzims-follaje (8.90) y Cytokin (8.70) dieron valores más altos de proteína comparados con el testigo (6.20). El contenido de carbohidratos fue más alto con Biofol (88.21). La fibra dietética fue más alta en el tratamiento AlgaEnzims-suelo-follaje (5.84) y más baja en Biofol (1.67). Con Biozyme y Cytokin se obtuvieron los mayores contenidos de grasa en tubérculos. Con Activol se obtuvo el mejor peso de tubérculos y con AlgaEnzims- suelo el contenido de proteínas más alto. (10)

## **I. El extracto de algas ALGAENZIMS<sup>MR</sup>**

Según Palau Bioquím. (11) Algaenzims es un producto biológico orgánico que es obtenido por un proceso patentado tal, que extrae de las algas marinas el máximo de sus componentes sin perder sus atributos y que permite a microorganismos marinos que viven en asociación con las algas, como son: fijadoras de nitrógeno del aire, halófilos, mohos y levaduras, gérmenes aeróbicos mesofílicos, permanecer en estado viable y, al propagarse en el medio donde se aplican, ya sea en forma foliar o al suelo, se multipliquen y potencien sus acciones benéficas, como la fijación de nitrógeno del aire aun en las no leguminosas, mejoramiento de la textura, descompactación, corrección del pH, salinidad y sodicidad del suelo.

Las algas marinas, contienen todos los elementos mayores, menores y elementos traza que ocurren en las plantas, sustancias naturales con efectos similares a los reguladores

de crecimiento de las plantas tales como: auxinas, citoquininas (citocininas) y otros como las giberelinas, algunas en más de 1,000 ppm, agentes quelatantes, vitaminas, carbohidratos, proteínas, aminoácidos y complejos enzimáticos.

Los microorganismos marinos mencionados, sintetizan enzimas (marinas), cuyas acciones van más allá que las de las enzimas terrestres (las que sintetizamos los seres terrestres), que mejoran (rehabilitan) los suelos y, conjuntamente con los demás componentes, vigorizan las plantas.

En el cuadro 8 se presenta el contenido nutricional del producto Algaenzims.

Contenido nutricional del producto Algaenzims

**Cuadro 8 Contenido nutricional del producto**

			% en peso
	Acondicionadores*		93.84
	Mat. Orgánica (mat. algáceo)		4.15
	Proteína		1.14
	Fibra cruda		0.43
	Cenizas		0.28
	Azúcares		0.13
	Grasas		0.03
	Total		100
<b>Elemento</b>	<b>mg/Lt (ppm)</b>	<b>Elemento</b>	<b>mg/Lt (ppm)</b>
Potasio	4800	Estroncio	22.7
Nitrogeno	14500	Silicio	4
Sodio	13660	Cobalto	2.75
Magnesio	1320	Bario	0.20
Fosforo	750	Estaño	<0.10
Calcio	620	Plata	<0.10
Zinc	505	Talio	<0.10
Hierro	440	Antimonio	<0.10
Cobre	147	Plomo	0.05
Manganeso	72	Niquel	<0.01
Aluminio	23.5	Cadmio	<0.01
		Molibdeno	<0.01

Fuente: Palau Bioquim

## **2.6. HIPOTESIS**

El extracto de algas marinas Algaenzims producirá un aumento significativo en el rendimiento de fruto de la palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq*).

## **2.7. OBJETIVO**

Determinar el efecto que tienen las algaenzimas sobre el rendimiento de fruta de la palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq*).

## **2.8. METODOLOGIA**

### **2.8.1. Diseño del experimento**

En el experimento se evaluaron 3 tratamientos: 0, 2 y 4 litros de extracto de algas marinas por hectárea, mediante un diseño experimental en bloques al azar. Debido a que la toma de datos se realizó cada mes, el tiempo fue la gradiente de variación considerada en los bloques en el diseño experimental utilizado. Los lotes que se seleccionaron como unidades experimentales presentan condiciones similares en cuanto a rendimiento histórico por hectárea por lote. El experimento constó de 8 repeticiones, la cosecha se realizó en forma escalonada mensualmente de julio 2008 a febrero 2009.

### **2.8.2. Manejo del experimento**

#### **A. Material experimental**

El híbrido que se utilizó fue La Mé, la cual posee edad de 9 años posee un crecimiento del tronco lento a moderado (50 a 55 cm al año), una producción de aceite bueno (menor 26% del peso), fruto pequeño (menor de 9 gramos), racimo pequeño (13 a 15 kg), tolerancia

moderada a la baja luminosidad, tolerancia baja al frío, tolerancia alta a la sequía y un largo de la hoja de 7.6 a 8 metros.

## **B. Fertilización**

Esta se realizó en tres ciclos los cuales se presentan a continuación:

**Cuadro 9 Programa de fertilización año 2008**

<b>Fertilizante</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Mes</b>
Granubor (14.3%)	150 gramos/palma	Enero
10.91-11.54-30.33-0-0.3.36(S)	4.5 Kilogramos/palma	Marzo
0-0-60 (KCI)	1.3 Kilogramos/palma	Octubre

Fuente: Departamento de investigación INDESA

### **a Aplicación de Producto**

La dosis indicada para cada tratamiento se suministró en dos aplicaciones, la primera fue en marzo de 2008 y la segunda en septiembre de 2008.

La aplicación del producto se realizó haciendo uso de bomba de mochila de 16 litros, para esto se realizó una calibración para cumplir con las dosis correspondiente a cada tratamiento, esta calibración consistió en determinar que cantidad de agua se necesita para cubrir el área por planta (plato), a partir de esto se calculó cuantas plantas son aplicadas por bomba, la densidad de plantas utilizada fue de 143 palmas/ha.

Según recomendaciones del proveedor del producto para la aplicación del suelo debe estar lo suficientemente húmedo para que se obtenga un mejor efecto, las parcelas a evaluar tuvieron buenas condiciones de humedad por lo tanto esta condición no fue limitante para que el producto actuara.

## **b Variable de respuesta**

La variable de respuesta fue:

- Rendimiento en toneladas por hectárea

A partir de julio de 2008, diariamente se cosecharon los racimos cuyos frutos alcanzaron el punto de maduración ideal, al final el peso acumulado se dividió entre el área del lote para obtener el rendimiento.

El estado de maduración del fruto determina la época de la cosecha. El fruto está maduro cuando toma un color pardo-rojizo en la punta y rojo-anaranjado en la base. Se considera maduro el racimo cuando se separan con facilidad por lo menos 20 frutos o cuando han caído unos seis frutos al suelo.

Antes de iniciar la cosecha, deben prepararse los caminos entre las palmas y las plataformas de recolección. Estas se construyen a orillas de la carretera que bordea los lotes, de estas plataformas o sitios de recolección es de donde los camiones cargan la fruta.

El trabajo de cosecha consiste en el corte de los racimos, recolección de éstos y de los frutos caídos, colocación de las hojas cortadas en las interlíneas, transporte manual o en carretas de los racimos a vehículos que han de llevarlos a la planta extractora de aceite.

En palmas jóvenes, el corte de los racimos se hace con cinceles, y en palmas adultas con una cuchilla en forma de hoz, o cuchillo malayo, acoplado a una vara.

Luego de esto los vehículos son pesados en la báscula de la planta extractora en donde se toma el dato del lote cosechado, luego el vehículo es vaciado y nuevamente pesado en la báscula y la resta de estos dos pesos constituye las toneladas cosechadas por lote.

**c Análisis de Resultados**

Mediante el análisis de el Diseño de Bloques al Azar.

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

Siendo:

$i$  = 1, 2... dosis de Algaenzims

$j$  = 1,2... repetición del experimento

$Y_{ij}$  = Rendimiento del tratamiento, asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = Media general del Rendimiento

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo mes

$T_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima dosis

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

## 2.9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 10 se presenta los análisis foliares realizados cada 60 días para observar el comportamiento de los elementos mayores en la planta, éstos reflejaron un comportamiento similar en cuanto a absorción de elementos.

**Cuadro 10 Elementos absorbidos por la palma africana en suelo incubado por diferentes períodos a diferentes dosis.**

Elemento	Dosis lt/ha	Absorción (%)			
		Días de incubación			
		0	60	120	180
N	0	2.69	2.36	2.79	2.67
	2	2.84	2.36	2.6	2.51
	4	2.81	2.33	2.6	2.59
P	0	0.22	0.14	0.17	0.1
	2	0.15	0.14	0.15	0.18
	4	0.18	0.14	0.16	0.19
K	0	0.37	0.46	1.1	0.9
	2	0.7	0.44	0.6	0.59
	4	0.66	0.74	0.8	0.65
Ca	0	0.42	0.59	0.94	1.17
	2	0.64	0.46	0.6	0.68
	4	0.42	0.41	0.5	0.72
Mg	0	0.35	0.14	0.25	0.28
	2	0.28	0.13	0.22	0.3
	4	0.18	0.1	0.17	0.29

En el cuadro 11 se presenta la tabla de datos utilizada para el análisis de varianza, en el mismo podemos observar que los promedios de producción en toneladas por hectárea de los lotes tratados son mayores que el testigo. La variable de respuesta utilizada fue el rendimiento en Toneladas por hectárea.

Cuadro 11 Rendimiento en Toneladas de fruta/hectárea

Mes	Bloque	Ton/ha		
		Testigo	2 litro/ha	4 litros/ha
Julio	I	4.26	5.87	5.86
Agosto	II	3.51	3.97	4.37
Septiembre	III	4.34	4.50	3.89
Octubre	IV	4.36	6.38	4.01
Noviembre	V	2.67	3.43	2.39
Diciembre	VI	1.10	1.80	1.38
Enero 09	VII	1.65	1.29	1.63
Febrero 09	VIII	0.99	2.00	1.37
	<b>Promedio</b>	<b>2.86</b>	<b>3.65</b>	<b>3.11</b>

En la figura 12 se puede observar una representación gráfica de los rendimientos totales acumulados de cada lote evaluado a partir de julio de 2008 hasta febrero de 2009, en la misma se puede observar que la dosis de 2 litros por hectárea por año posee una diferencia en rendimiento de 8 toneladas por hectárea y la dosis de 4 litros por hectárea por año posee una diferencia en rendimiento de 3 toneladas por hectárea.

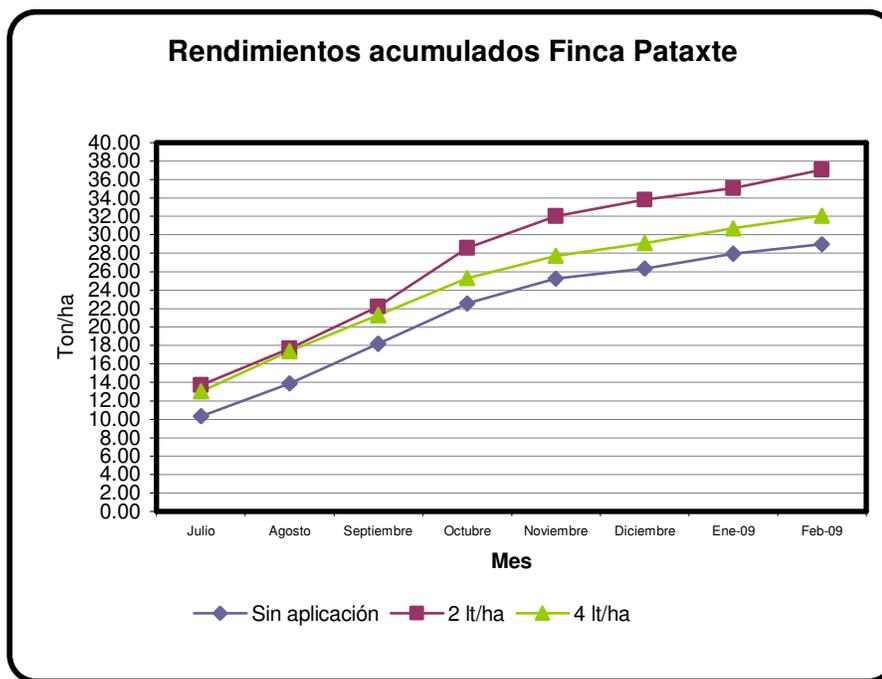


Figura 12 Rendimientos acumulados según la dosis aplicada en la finca Pataxte

### 2.9.1. Análisis de varianza

Utilizando los rendimientos mensuales en toneladas por hectárea se procedió a realizar un análisis de varianza correspondiente al diseño experimental de bloques al azar, para determinar si existían diferencias significativas entre las dosis, el resumen de éste análisis se presenta en el cuadro 12.

**Cuadro 12 Resumen del análisis de varianza.**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Bloques	54.83365	7			
Tratamientos	2.64023333	2	1.32011667	4.24796776*	0.03615496
Error	4.3507	14	0.31076429		
Total	61.8245833	23			

De acuerdo al valor de la probabilidad de la F obtenida nos indica que: si existen diferencias significativas en el rendimiento entre las dosis utilizadas, para determinar el tratamiento que produjo un mejor efecto se procedió a realizar una prueba de contrastes ortogonales, los cuales se presentan en el cuadro 13

**Cuadro 13 Contrastes ortogonales**

Contraste	Dosis	Testigo	2 litros/ha	4 litros/ha	$r \sum_{i=1}^t C_i^2$	$\sum_{i=1}^t C_i Y_i$	SC Contrastes	Valor de F
	Y <sub>i</sub>	22.88	29.24	24.9				
1	A=B+C	2	-1	-1	48	-8.38	1.463	4.719*
2	B=C	0	1	-1	16	4.34	1.177	3.797

Valor crítico de F:  $F_{(1, 14, 0.05)} = 4.6$

El contraste 1 nos indica que existen diferencias significativas a favor de aplicar el producto contra no aplicar y en el contraste dos se puede observar que el resultado obtenido al aplicar 2 litros es el mismo que al aplicar 4 litros por hectárea.

El comportamiento fisiológico de la palma africana es complicado, tal es el caso de que el rendimiento depende de la relación en la producción de flores masculinas y femeninas, una disminución en la intensidad de luz, demasiada sombra, exceso de poda y períodos prolongados de sequía aumentan la producción de inflorescencias masculinas.

Normalmente hay períodos de floración masculina y femenina, la mayor producción de un lote corresponde a una mayor duración del ciclo de floración femenina.

Durante el período de floración femenina y maduración de racimos, la palma demanda grandes cantidades de elementos nutritivos, si estos no están disponibles, se desarrollarán inflorescencias masculinas y muy pocas femeninas. Por lo tanto, dos años después los rendimientos serán bajos. (1)

Por lo anteriormente descrito se puede decir que, un producto puede tener efectos en corto plazo (5-6 meses) en la disponibilidad de elementos para la maduración del racimo, pero el verdadero efecto se podrá observar a largo plazo (2 años), ya que en este tiempo se podrá observar el efecto en la relación de producción de flores femeninas y masculina, que si es mayor la producción de inflorescencias femeninas, los rendimientos serán mayores.

En cuanto a la aplicación del extracto de algas, podemos decir: cuando se aplica un producto no siempre las mayores dosis van a tener como resultado un mayor aumento del efecto, en esta evaluación la razón de este resultado pudo estar influenciado por el patrón de crecimiento del alga, ya que éste es dependiente de la luz, en el sentido de que el crecimiento se mantiene gracias a elevadas tasas de fotosíntesis durante un corto periodo favorable cuando las condiciones de luz y nutrientes son adecuadas.

La edad de la palma evaluada es de 10 años por lo tanto las condiciones bajo las hojas son húmedas y con baja luminosidad, esto por efecto de la sombra, para el crecimiento de sargassum la luz y la temperatura son factores críticos.

La aplicación del doble de la dosis no trae consigo el aumento del efecto debido a que la sobre dosificación del inóculo provoca una mayor competencia por humedad y luminosidad bajando la eficiencia de crecimiento de ésta.

En el experimento las condiciones de humedad fueron adecuadas, por lo tanto el factor limitante pudo haber sido la luminosidad.

## **2.10. CONCLUSIONES**

El producto Algaenzims, produjo un efecto significativo sobre el rendimiento de la palma africana.

La aplicación de 2 litros/hectárea por año del extracto de algas marinas produce el mismo efecto sobre el rendimiento de la palma adulta, que aplicar 4 litros/hectárea por año.

## **2.11. RECOMENDACIONES**

Debido a la fisiología de la palma se recomienda observar el rendimiento por un año más, ya que con esto se cumplirá con el ciclo de floración y la aplicación del producto se verá mayormente reflejada.

Se recomienda no exceder las dosis recomendadas ya que tienen un efecto menor en plantaciones adultas.

Se recomienda a los proveedores del producto Algaenzims que proporcionen la información de las condiciones ambientales mínimas para que el producto tenga un mejor efecto.

## 2.12. BIBLIOGRAFIA

1. Angelfire.lycos.com 2006. Palma africana de aceite: información técnica (en línea). US. Consultado 6 mar 2008. Disponible en: <http://www.angelfire.com/biz2/palmaaceitera/infotecnica.html>
2. Blanco, V. 2006. Las algas marinas en la agricultura: usos, aplicación y resultados. México, Palau-Bioquim. 10 p.
3. Canales López, B. 1999. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo, Terra Latinoamericana. p. 271-276.
4. Celis, LA. 2005. AGROCARIBE informe de resultados. Puerto Barrios, Izabal, Guatemala. 45 p.
5. Devida.gob.pe. 2005. Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera (en línea). Perú. Consultado 10 mar 2009. Disponible en : <http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/Manual%20Palma%20Aceitera.pdf>
6. Farfán R, SE. 2006. Estudio de la fertilidad de los suelos de las fincas El Chapín, El Pataxte, Rio Zarco, Chabiland, Sejú, La Cabaña, en el municipio de El Estor, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 124 p.
7. IGN (Instituto Nacional Forestal, GT). 1972. Atlas nacional de Guatemala p. 52
8. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge. Guatemala. Insituto Geográfico Militar. Escala 1:600,000.
9. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Meteorología e Hidrología GT). 2009. Datos meteorológicos de los departamentos (en línea). Guatemala. Consultado 31 may 2009. Disponible en: <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm>
10. Martínez Lozano, S; Verde Star, J; Mait, RK; Oranday C, A; Gaona R, O; Aranda H, E; Rojas G, M. 1999. Efecto de un extracto de algas y varios fitorreguladores sobre el valor nutricional del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var. Gigant). Venezuela. Consultado 10 mar 2009. Disponible en: [http://www.alanrevista.org/ediciones/1999-2/extracto algas fitorreguladores valor nutricional cultivo papa es.asp](http://www.alanrevista.org/ediciones/1999-2/extracto%20algas%20fitorreguladores%20valor%20nutricional%20cultivo%20papa%20es.asp)
11. Palau Bioquim, MX. 2008. Que es un extracto de algas marinas (en línea). México. Consultado 4 mar 2008. Disponible en: <http://globalorganicspe.com/prod.html>

12. Rothschuh, AJ; Obando, M; Martínez Rodas, R; Muñoz R, C. 2006. Guía técnica del cultivo de la palma africana. Managua, Nicaragua, IICA. 43 p. (Publicación Miscelánea no. 433).
13. Sargassum muticum, ES. 2009. Biología del Sargassum (en línea). España. Consultado 10 mar 2009. Disponible en: <http://sargassum.muticum.googlepages.com/biology>
14. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
15. Sterling, F; Montoya, C; Alvarado, A. 1997. Efecto del clima y la edad del cultivo sobre la varianza de algunos componentes del racimo de la palma aceitera. Coto, Costa Rica. Consultado 6 mar 2008. Disponible en: <http://www.asd-cr.com/paginas/asd-cr.com/ASD-Pub/Bol16/B16c2fs1.html>
16. Wikipedia.com. 2009. Sargassum (en línea). España. Consultado 10 mar 2009. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sargazo>



### **CAPITULO III**

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA EMPRESA INDESA S.A. UBICADA EN  
LA ALDEA PATAXTE, EL ESTOR, IZABAL.**



### 3.1. PRESENTACIÓN

El presente informe es el resultado de los servicios realizados durante el tiempo del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala correspondiente al período de febrero a noviembre de 2008. En la empresa Inversiones de Desarrollo S.A. dedicada a la explotación de Palma Africana (*Elaeis guineensis Jacq*).

Los servicios se componen de diversas actividades que fueron resultado del diagnóstico realizado, estos servicios tuvieron como objetivos contribuir con el estudio y desarrollo del cultivo de la palma.

Los servicios realizados consistieron básicamente en el establecimiento de pozos de observación para conocer el comportamiento del manto freático a lo largo del año en áreas con problemas de anegamientos y también se evaluó el efecto que tiene la glicerina proveniente del proceso de producción de biodiesel sobre el contenido nutricional y la reducción del tiempo de descomposición del raquis de palma para la elaboración de compost.



### **3.2. CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE OBSERVACIÓN EN ÁREAS CON PROBLEMAS DE ANEGAMIENTO**



### 3.2.1. INTRODUCCIÓN

La explotación de plantaciones de palma aceitera en condiciones económicas requiere un ambiente edáfico adecuado en la zona radicular del cultivo, que depende de las características climáticas de la región, así como de la aireación, nivel de salinidad y fertilidad del suelo. (2)

El exceso de agua sobre los terrenos puede ser ocasionado por: precipitación, inundaciones, limitaciones topográficas y limitaciones edáficas. La precipitación es la principal fuente de exceso de agua; las inundaciones son consecuencia de la precipitación y las limitaciones topográficas y edáficas contribuyen a agravar la acción de las causas anteriores. (2)

Para poder saber el impacto que tiene el exceso de agua en un terreno es necesario efectuar estudios e investigaciones de las condiciones de las áreas que tienden a anegarse.

Uno de los métodos para determinar el comportamiento del agua es la construcción de pozos de observación los cuales permiten ver el comportamiento de los niveles de la lámina de agua de un terreno dado.

Las fincas de la empresa INDESA S.A. están ubicadas cerca del lago de Izabal, por lo que algunas áreas cercanas a éste tienden a anegarse, pero no se tienen datos sobre las épocas en donde estos anegamientos son mayores, por lo que no se han tomado medidas para disminuir esta situación, este proyecto tuvo como objetivo realizar la construcción de pozos de observación para poder tener cuantificada la lámina de agua en diferentes meses, para poder saber en qué época es mayor la incidencia de este problema, para así poder tener claro que medidas son necesarias para disminuir este problema y contribuir con el normal desarrollo de las palmas.

### 3.2.2. OBJETIVOS

Realizar la construcción de pozos de observación en las áreas con problemas de anegamiento en las fincas El Chapín y Pataxte.

Conocer el comportamiento de la lámina de agua a lo largo del año en las áreas con problemas de anegamiento.

### 3.2.3. METODOLOGÍA

#### A. Diámetro de la tubería

El diámetro de la tubería puede variar de 3/4 a 2 pulgadas, y puede ser de cualquier material disponible para este caso se utilizó una tubería de PVC de 2 pulgadas, sobresaliendo del terreno aproximadamente 0.30 metros, con una profundidad entubada de 1.70 m, por lo tanto la longitud de tubos fue de 2 m. (Ver figura A5,A6)

A cada tubo se le realizaron perforaciones para un mejor drenaje y fueron forrados con cedazo para evitar el taponamiento de los agujeros.

#### B. Perforación del pozo

Los pozos fueron perforados con un diámetro mayor al de la tubería, para esto se utilizó un barreno cilíndrico y su profundidad fue de 1.70 metros. (Ver figura A.4)

#### C. Recursos

**Cuadro 14 Recursos utilizados para la elaboración e instalación de 33 pozos.**

<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Tubos PVC 2"	11	Q.60.00	Q.660.00
Cedazo	2 Rollos	Q.250.00	Q.500.00
Pegamento	5	Q.28.00	Q.140.00
Jornales	7	Q.53.53	Q.374.71
		<b>Total</b>	<b>1,674.71</b>

### **3.2.4. RESULTADOS**

#### **A. Número de pozos**

La relación de pozos utilizada fue de 1 por cada 10 hectáreas.

El relieve exterior del terreno generalmente da una idea de la configuración de la superficie de agua subterránea.

El número total de pozos establecidos fue de 33 pozos es decir que fueron cubiertas 330 hectáreas. (Ver figura A.1)

#### **B. Frecuencia de lecturas**

La frecuencia de las lecturas depende del grado de variación del nivel freático, en este caso las lecturas fueron diarias en época lluviosa y semanal en época seca.

#### **C. Presentación de datos**

Los datos colectados en las lecturas de los pozos fueron ordenados y presentados de una manera gráfica para poder interpretarlos fácilmente, para esto se utilizó el programa Microsoft Excel. (Ver figura A.2)

Estos mapas se obtuvieron interpolando los datos de elevación o cotas del nivel freático obtenido al relacionar la lectura de los pozos de observación a un plano de comparación.

La profundidad de la tabla de agua en cada punto, se obtuvo restando la elevación del nivel freático del nivel del terreno o directamente de la lectura de los pozos.

También fueron presentados en mapas los cuales permiten observar la profundidad del manto freático en función del color que representa un rango establecido, para esto se utilizó el programa Arcgis. (Ver figura A.3)

### **3.2.5. Conclusiones**

Se realizó la construcción e instalación de 33 pozos de observación distribuidos en las fincas El Chapín y Pataxte, cubriendo un área de observación de 330 hectáreas, lo que ayudará a tener cuantificada la lámina de agua por efectos de anegamiento.

Para la interpretación de resultados se desarrolló una hoja de procesamiento de datos para poder observar las fluctuaciones que tiene el manto freático en los diferentes meses del año para con esto poder calcular la lámina de agua.

### **3.2.6. Evaluación**

Para conocer el comportamiento del manto freático en las áreas que presentaban problemas de anegamientos, fue necesario realizar la construcción de pozos de observación, los datos obtenidos consistieron principalmente en la profundidad a la cual se encontraba el manto freático, para con esto estimar la lámina de agua que está causando problemas.

Las dificultades que se presentaron al momento de realizar este proyecto fueron las siguientes: para una mejor evaluación del comportamiento del nivel freático es recomendable ubicar los pozos a la cuadrícula, esto no fue posible por la poca disponibilidad de equipo topográfico y también a la poca visibilidad que existe en palma adulta para el uso de equipo.

Otra limitación fue el tiempo, ya que para tener un mejor conocimiento del comportamiento del nivel freático es necesario tener datos de por lo menos dos años para poder dar una conclusión más concreta sobre las áreas con mayores problemas de anegamientos, por lo tanto el tiempo de EPS no fue suficiente para identificar las áreas con mayores problemas, ni tampoco fue posible realizar cálculos de sistemas de bombeo o canales para drenaje de dichas áreas.

**3.3. EVALUACIÓN DE 3 TRATAMIENTOS PARA LA ACELERACIÓN DEL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN Y EL AUMENTO DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST DEL RAQUIS DE PALMA AFRICANA, INDESA S.A., EL ESTOR, IZABAL**



### **3.3.1. INTRODUCCIÓN**

El compostaje es un proceso biológico aeróbico, en el cual los microorganismos actúan sobre la materia biodegradable en este caso el raquis del fruto de palma, permitiendo obtener compost, el cual puede ser utilizado como fuente de fertilizante.

Inversiones de desarrollo (INDESA) posee un área designada para la elaboración de compost, el material utilizado es el raquis, llamado así el residuo de la fruta después del proceso de extracción de aceite, el proceso de compostaje tarda alrededor de doce semanas en completarse, por lo cual esta investigación tuvo como objetivos acortar el tiempo de descomposición de este material, para así reducir costos de manejo y también poder procesar mayor cantidad de material y también aumentar su contenido nutricional.

Los productos evaluados fueron un activador biológico y la glicerina procedente del proceso de elaboración de biodiesel, con éstos se esperaba aumentar el contenido nutricional del producto final y también que redujera el tiempo de descomposición.

Con los resultados obtenidos se pudo concluir que el aporte de glicerina en el proceso de compostaje trae consigo el aumento significativo sobre el contenido nutricional del potasio y del nitrógeno

### **3.4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En INDESA luego de extracción de aceite del fruto de la palma africana, se generan dos productos resultantes de este proceso, uno es el lodo por el uso de agua en el proceso de extracción y el otro es el raquis, que es el bagazo resultante de la fruta.

En los últimos años INDESA ha logrado realizar un manejo de estos residuos a través de la elaboración de compost, este proceso en promedio se lleva a cabo en doce semanas.

En época de producción alta, estos residuos son demasiados, a tal punto de que el espacio disponible de la compostera no es suficiente para procesar estas cantidades.

Por el alto costo que se tiene por la aplicación de fertilizantes, la empresa está optando por empezar a reducir la aplicación de éstos y aumentar la aplicación de compost, es por eso que es necesario que éste tenga un contenido de elementos aceptable, este contenido puede aumentarse adicionando fuentes con mayores contenidos de elementos como por ejemplo: los fertilizantes químicos, pero esto conlleva un aumento en los costos.

La glicerina bruta es un subproducto del proceso de elaboración de biodiesel, la glicerina bruta obtenida se produce en una cantidad del orden del 10% del biodiesel elaborado, estos desechos pueden ser tratados para generar otros productos pero la empresa no cuenta con la maquinaria necesaria para realizarlo, por lo tanto ésta glicerina, sencillamente se almacena, lo que conlleva a elevar los costos por almacenamiento sin obtener ningún beneficio.

### 3.4.1. JUSTIFICACIÓN

La realización de compost en INDESA tiene dos objetivos, aprovechar el residuo de cosecha para incorporarlo al suelo acelerando su proceso de descomposición y contribuir con la protección del ambiente con el aprovechamiento del agua sucia que queda después del proceso de extracción de aceite.

La elaboración de compost es un proceso que contribuye al mejor aprovechamiento de los recursos, aunque en época alta el residuo de cosecha es demasiado para el área disponible por lo tanto acelerar este proceso contribuirá a tener un mayor aprovechamiento de los mismos y también se reducirán los costos en el manejo del compost.

Para el proceso de extracción de biodiesel se utilizan tres materiales los cuales son: aceite, alcohol y un catalizador, dicho proceso es llamado transesterificación, la cual consiste en que el glicerol contenido en los aceites es sustituido por un alcohol ante la presencia de un catalizador, el catalizador utilizado normalmente es hidróxido de potasio (KOH), lo que quiere decir que el subproducto (glicerina) contiene como contaminante KOH, también en el proceso se utiliza nitrógeno en pequeñas cantidades, lo que quiere decir que si se agregara este producto en el proceso de compostaje, podría contribuir en el aumento de estos elementos.

El efecto que tiene la glicerina sobre el comportamiento de la temperatura del proceso de compostaje no ha sido estudiado, por lo tanto esta investigación nos permitió observar si ésta influye o no sobre el proceso.

Por lo anteriormente descrito la glicerina se podría aprovechar como fuente de nutrimentos, ayudar a reducir el tiempo de descomposición también el uso de la glicerina bruta contribuiría a bajar los costos por almacenamiento de la misma.

### **3.4.2. MARCO TEORICO**

Según Infoagro (3) “el compost o mantillo se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

#### **A. Propiedades del compost**

Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

#### **B. Factores que condicionan el proceso de compostaje**

Como se ha comentado, el proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de

residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los factores más importantes son:

#### **a Temperatura**

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

#### **b Humedad**

En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.

#### **c pH**

Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia ( pH= 6-7,5 ).

**d Oxígeno.**

El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

**e Relación C/N equilibrada.**

El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el aserrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero.

**f Población microbiana**

El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes.

**C. El proceso de compostaje**

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

**a Mesolítico**

La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

**b Termofílico**

Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

**c De enfriamiento**

Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

**d De maduración.**

Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.”

**D. Glicerina proveniente del proceso de elaboración de biodiesel**

El Biodiesel es un combustible sustituto del gas-oil para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales ), aceites o grasas de fritura usados y metanol o etanol (estos también puede ser obtenidos a partir de productos agrícolas).(4)

El Biodiesel se produce gracias a una reacción química denominada transesterificación, lo que significa que el glicerol contenido en los aceites es sustituido por un alcohol ante la presencia de un catalizador. En nuestro caso utilizaremos Metanol y NaOH (soda cáustica)

o KOH (hidróxido de potasio). Este es sólo un método posible para la elaboración de biodiesel, pero existen otras formas y trucos para preparar biodiesel de buena calidad. (1)

A continuación se indican los consumos específicos (valores aproximados), para la producción de 1 ton de biodiesel así como los subproductos de recuperación:

**Cuadro 15 Materiales utilizados para la producción de 1 tonelada de biodiesel**

ITEM	CONSUMO
<b><u>MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES</u></b>	
Aceite vegetal	1030 Kg.
Metanol	102 Kg.
Catalizador (metilato de sodio)	6,2 Kg.
Ácido mineral	6 kg
<b><u>SERVICIOS</u></b>	
Agua enfriamiento	20 m <sup>3</sup>
Vapor de agua(a 4 bar)	350 Kg.
Energía eléctrica	50 Kwh.
Nitrógeno	3,2 N m <sup>3</sup>
Aire instrumentos	4,8 N m <sup>3</sup>
<b><u>SUBPRODUCTOS</u></b>	
Glicerina bruta	112 Kg. (título: 85% min)

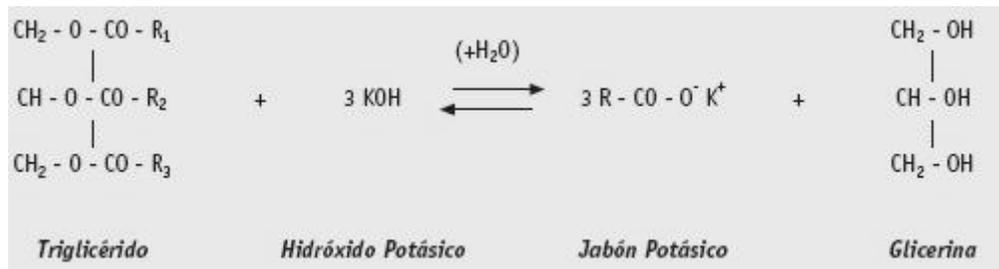
La glicerina bruta obtenida, que se produce en una cantidad del orden del 10% del biodiesel elaborado. (4)

### **E. Reacciones implicadas en la transesterificación**

En la reacción de transesterificación se utiliza un catalizador para mejorar la velocidad de reacción y el rendimiento final, amen que sin él no sería posible esta reacción. Los catalizadores pueden ser ácidos homogéneos (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, RSO<sub>3</sub>), ácidos heterogéneos (Zeolitas, Resinas Sulfónicas, SO<sub>4</sub>/ZrO<sub>2</sub>, WO<sub>3</sub>/ZrO<sub>2</sub>), básicos heterogéneos (MgO, CaO, Na/NaOH/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), básicos homogéneos (KOH, NaOH) o enzimáticos (Lipasas: Candida, Penicillium, Pseudomonas); de todos ellos, los catalizadores que se suelen utilizar a escala comercial son los catalizadores homogéneos básicos ya que actúan mucho más rápido y además permiten operar en condiciones moderadas.

El triglicérido reacciona con el catalizador básico, consumiendo éste, en presencia de agua dando lugar a la formación de jabones, como se observa en la figura 13. (1)

**Figura 13** Reacción implicada en la transesterificación



### 3.4.3. HIPOTESIS

La aplicación de 9 litros de glicerina por metro lineal de raquis producirá un aumento significativo sobre el contenido nutricional del compost.

La aplicación de 9 litros de glicerina por metro lineal de raquis producirá una reducción del tiempo de descomposición por efecto del aumento de la temperatura en el proceso de compostaje.

### 3.4.4. OBJETIVOS

1. Determinar el tratamiento que aumenta el contenido nutricional del compost procedente del raquis de palma africana.
2. Determinar el tratamiento que reduce el tiempo de descomposición del compost procedente del raquis de palma africana.

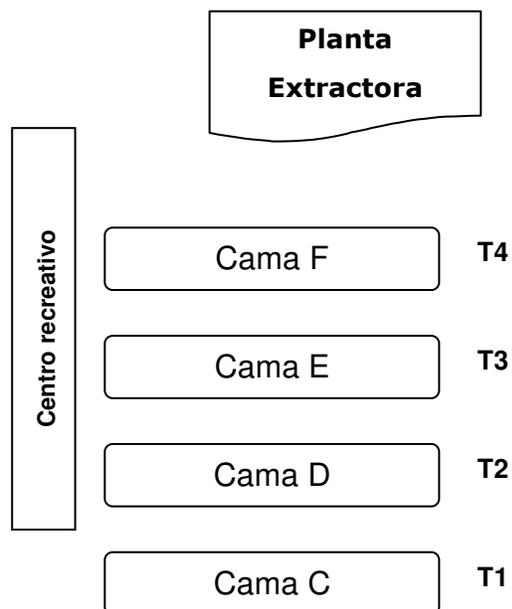
### 3.4.5. METODOLOGIA

#### A. Tratamientos

El experimento contó con 4 tratamientos los que se describen a continuación:

**Cuadro 16 Tratamientos**

Tratamiento	Descripción
1	Testigo
2	Glicerina 9 lt/m
3	Activador Biológico (Biomax)
4	Glicerina 8 lt/m



**Figura 14 Ubicación de las camas**

## **B. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques al azar. Siendo la fuente de variación la ubicación y el volteo de las camas.

### **a Unidad Experimental**

Cada unidad experimental la constituyo 10 metros lineales de compost.

### **b Repeticiones**

El experimento contó con 5 repeticiones, es decir por cama se tomaron 5 muestras, cada muestra estuvo constituida por 5 submuestras tomadas al azar.

### **c Variable de respuesta**

- Contenido nutricional

Para determinar esta variable, las muestras se analizaron químicamente, a través de un análisis de abono orgánico en el laboratorio de soluciones analíticas.

## **C. Manejo del Experimento**

### **a Material Experimental**

El material utilizado fue el raquis de palma, llamado así al residuo del fruto luego del proceso de extracción.

### **b Aplicación de Glicerina**

La dosis de glicerina fue de 9 litros/metro lineal de raquis, realizando 1 aplicación al inicio del proceso.

También existió un tratamiento de 8 litros de glicerina/m de raquis.

### c Aplicación de Bio max

La dosis que se utilizó fue de 300cc/Ton de raquis

### D. Análisis de la información

Mediante el análisis del diseño de bloques al azar.

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

Siendo:

$i$  = 1, 2... Tratamientos

$j$  = 1,2... repetición del experimento

$Y_{ij}$  = Tiempo de compostaje, asociado a la ij-ésima unidad experimental

$\mu$  = Media general del tiempo de descomposición

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo mes

$T_i$  = Efecto de la i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

### E. Recursos

Cuadro 17 Recursos utilizados

Cama	Tratamiento	Largo	Ton Raquis	Dosis	Producto total	Resumen
C	Testigo	66.6	26.64			
D	Glicerina	65,6	26.24	9 lt/m	590,4 Lt	1004 litros
F	Glicerina	51.7	20.68	8 lt/m	413.6 Lt	
E	Biomax	55,3	22.12	300cc/ton	6636 cc	6.64 litros

### 3.4.6. RESULTADOS

#### A. ANDEVAS ELEMENTOS

##### a NITROGENO

**Cuadro 18 Análisis de varianza para el nitrógeno**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ftab
Bloques	4	0.02972			
Tratamientos	3	0.59468	0.19822667	7.54*	3.49
Error	12	0.31532	0.02627667		
Total	19	0.93972			

\*significativo al 5%

Coeficiente de variación: 0.97%

Regla de decisión:

Se rechaza la hipótesis nula, por lo menos uno de los tratamientos produce efectos significativos sobre el aumento del nitrógeno.

Se procedió a realizar una prueba de medias para encontrar el tratamiento que tuvo el mejor efecto sobre el contenido nutricional del nitrógeno el resultado de esta prueba puede observarse en el cuadro 19.

#### **Prueba múltiple de medias de acuerdo al criterio de Tukey.**

**Cuadro 19 Resumen prueba de medias para el nitrógeno**

Cama	Medias	Grupo Tukey
D	1.558	a
F	1.398	b
E	1.372	c
C	1.08	d

En el cuadro 19 se puede observar que el tratamiento aplicado a la cama D que fue el de glicerina a relación de 9 litros por metro lineal, tuvo mejor efecto sobre el contenido nutricional del nitrógeno.

## b FOSFORO

**Cuadro 20 Análisis de varianza para el Fósforo**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Decisión
Bloques	4	0.10048				
Tratamientos	3	0.092935	0.03097833	1.82368524	3.49	Se acepta Ho
Error	12	0.20384	0.01698667			
Total	19	0.397255				

Coef. De variación: 1.71%

No existen diferencias significativas entre los tratamientos.

## c POTASIO

**Cuadro 21 Análisis de varianza para el Potasio**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ftab
Bloques	4	0.63593			
Tratamientos	3	1.1367	0.3789	9.87*	3.49
Error	12	0.46035	0.0383625		
Total	19	2.23298			

\*significativo al 5%

Coef. de Variación: 2.43%

Regla de decisión:

Se rechaza la hipótesis nula, por lo menos uno de los tratamientos produce un aumento en el contenido de potasio del compost proveniente del raquis del fruto de la palma africana.

Se procedió a realizar una prueba de medias para encontrar el tratamiento que tuvo el mejor efecto sobre el contenido nutricional del potasio, los resultados se presentan en el cuadro 22

## Prueba múltiple de medias de acuerdo al criterio de Tukey.

**Cuadro 22 Resumen prueba de medias para el potasio**

Cama	Medias	Grupo Tukey
D	1.172	a
F	0.74	b
E	0.728	b
C	0.516	c

En el cuadro 22 se puede observar que el tratamiento aplicado a la cama D, que pertenece al de 9 litros de glicerina por metro lineal de raquis, tuvo mejores efectos sobre el contenido nutricional del potasio.

### d CALCIO

**Cuadro 23 Análisis de varianza para el calcio**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Decisión
Bloques	4	0.1234				
Tratamientos	3	0.10162	0.03387333	2.50789733	3.49	Se acepta Ho
Error	12	0.16208	0.01350667			
Total	19	0.3871				

Coef. de variación: 1.31%

No existen diferencias significativas entre los tratamientos.

### e MAGNESIO

**Cuadro 24 Análisis de varianza para el magnesio**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Decisión
Bloques	4	0.02543				
Tratamientos	3	0.054935	0.01831167	1.48986372	3.49	Se acepta Ho
Error	12	0.14749	0.01229083			
Total	19	0.227855				

Coef. de variación: 0.88%

No existen diferencias significativas entre los tratamientos.

## Discusión de Resultados

En los análisis de varianza realizados a los elementos mayores se puede observar que los elementos que tuvieron un incremento significativo como contenido nutricional del compost fueron el Nitrógeno y el Potasio.

En el proceso de extracción de biodiesel se utiliza un catalizador, en este caso el utilizado es el hidróxido de potasio y en este proceso se utiliza nitrógeno en pequeñas cantidades.

La glicerina bruta obtenida, se produce en una cantidad del 10% de biodiesel elaborado por lo tanto ésta contiene contaminación de potasio y nitrógeno, es por esto que el compost tratado con la glicerina provocó un aumento significativo en el contenido de estos dos elementos.

### B. Comportamiento de la temperatura

En la figura 15 se observa el comportamiento de la temperatura, estos datos fueron medidos 3 veces por semana, para una mejor interpretación de las mismas se realizaron líneas de tendencia, esto permitió comparar los diferentes tratamientos.

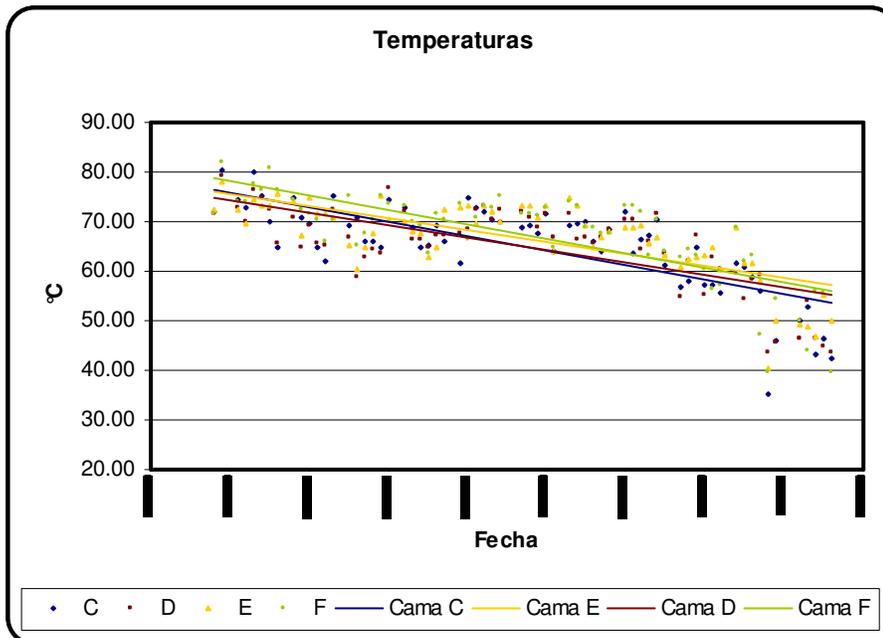


Figura 15 Temperatura de las camas evaluadas

En la figura 15 se observa que el comportamiento de la temperatura en todas las camas fue similar.

La aceleración del tiempo de descomposición es afectado por la relación carbono/nitrógeno, ya que si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica (3), la relación C/N del raquis de palma africana tiene una relación C/N alta (mayor de 35) por lo tanto esta es la limitante para la descomposición.

### **3.4.7. CONCLUSIONES**

La aplicación de 9 litros de glicerina por metro lineal de raquis de Palma Africana, produce un aumento significativo del contenido de nitrógeno (50%) y potasio (>80%).

El tiempo de descomposición es dependiente de la relación C/N, debido a que el raquis de Palma Africana tiene una relación alta, este proceso no fue afectado por la adición de ninguno de los tratamientos.

### **3.4.8. RECOMENDACIONES**

Debido al comportamiento que presentó la aplicación de glicerina a dos diferentes dosis, se recomienda evaluar mayores cantidades para observar si la dosis influye en el aumento del contenido nutricional del compost.

Se recomienda realizar un análisis químico de la glicerina utilizada para observar el contenido nutricional de la misma y también observar la eficiencia que tiene los elementos aportados con los elementos del compost final.

Una de las hipótesis que se habían planteado era que la glicerina disminuiría el tiempo de descomposición aumentando la temperatura, esto no es muy conveniente debido a que a temperaturas muy altas, muchos microorganismos benéficos para el proceso, mueren y otros no actúan al estar en estado de spora (3)

### 3.4.9. Bibliografía

1. Biodisol.com. 2008. La producción de biodiesel (en línea). México. Consultado 21 abr 2009. Disponible en: <http://biodisol.com/biodiesel-que-es-el-bidiesel-definicion-debiodiesel-materias-primas-mas-comunes/la-produccion-de-biodiesel-materias-primas-procesos-calidad/>
2. Delgado, F. 2008. Drenaje agrícola (en línea). Costa Rica, ASC de Costa Rica. Consultado 5 mar 2008. Disponible en: <http://www.gratisweb.com/franciscodelgado/drenajepalma.htm>
3. Infoagro.com. 2008. El compostaje (en línea). España. Consultado 23 abr 2009. Disponible en : <http://www.infoagro.com/abonos/composaje.htm>
4. Larosa, RJ. 2004. Proceso para la producción de biodiesel (en línea). Italia. Consultado 21 abr 2009. Disponible en: [http://www.inia.org.uy/grass/cc\\_cg/biocombustibles/r\\_larosa\\_pro\\_biodiesel.pdf](http://www.inia.org.uy/grass/cc_cg/biocombustibles/r_larosa_pro_biodiesel.pdf)

## Anexos

Figura A 1 Ubicación pozos de observación

### Ubicación pozos de observación

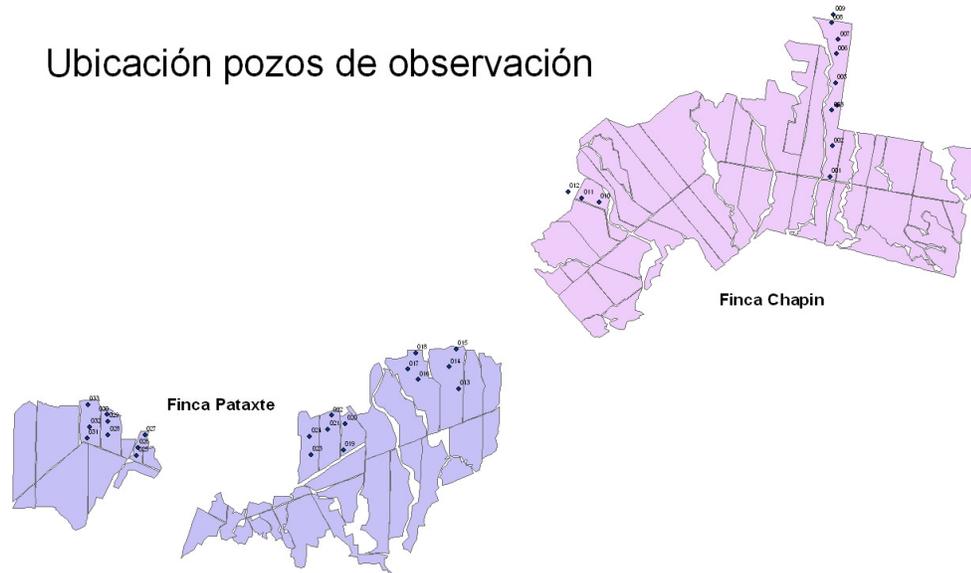


Figura A 2 Gráfica profundidad de agua subterránea

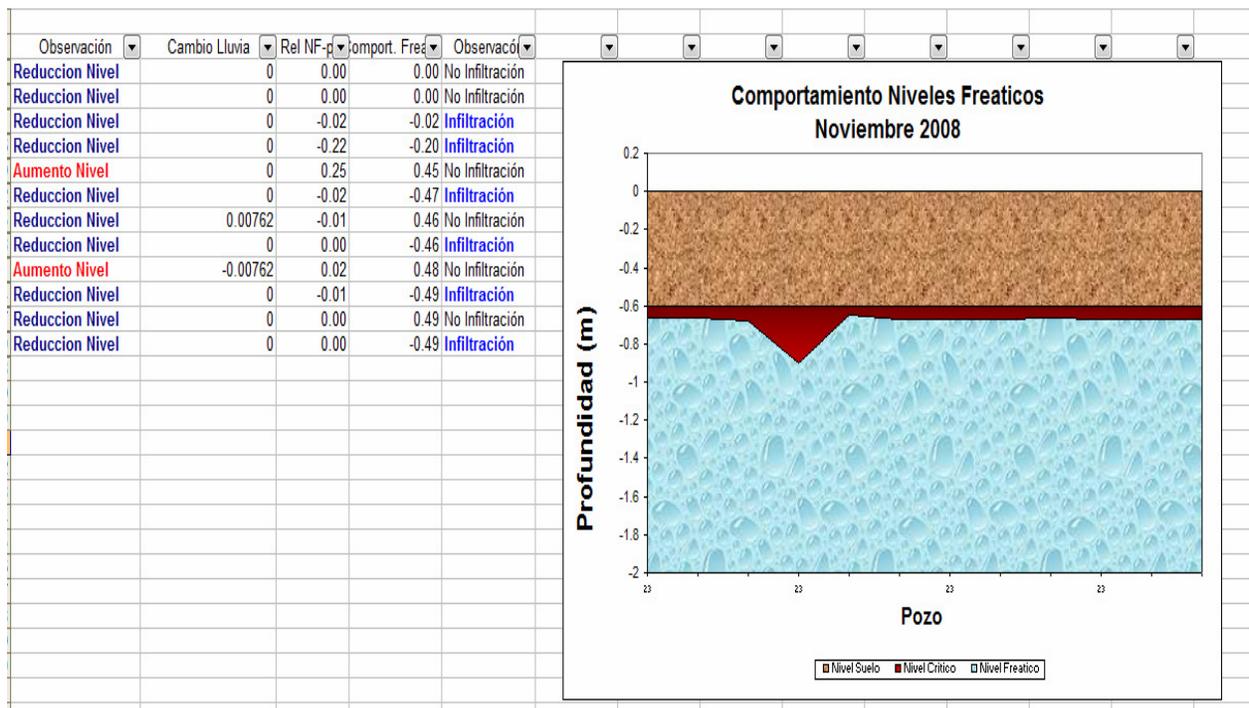


Figura A 3 Interpretación a través de mapas

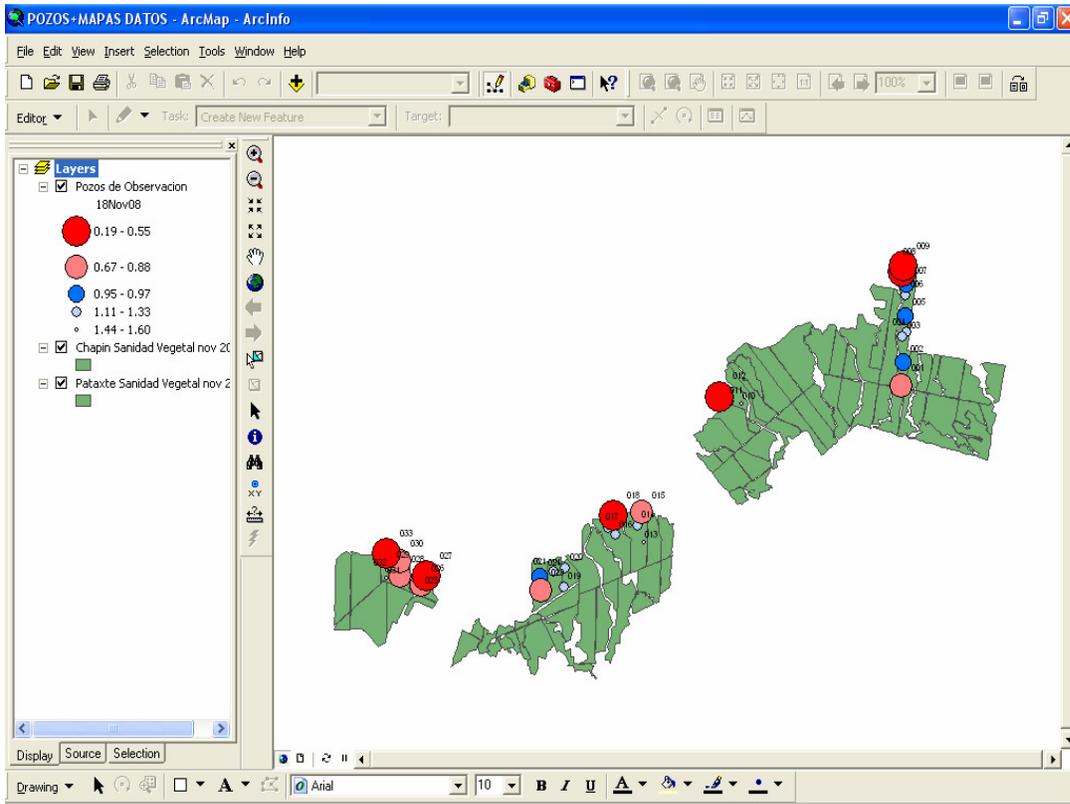


Figura A 4 Abertura de los pozos



**Figura A 5** Pozo perforado



**Figura A 6** Pozo instalado



**Cuadro A 1 Cuadros utilizados para los análisis de varianza.**

## NITROGENO (%)

Repeticiones	TRATAMIENTOS			
	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
1	1.16	1.49	1.27	1.22
2	1.08	1.7	1.2	1.35
3	0.84	1.58	1.59	1.5
4	1.01	1.58	1.36	1.6
5	1.31	1.44	1.44	1.32

## FOSFORO (%)

Repeticiones	TRATAMIENTOS			
	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
1	0.47	0.66	0.8	0.31
2	0.36	0.6	0.46	0.74
3	0.3	0.41	0.41	0.36
4	0.53	0.65	0.5	0.5
5	0.36	0.65	0.38	0.48

## POTASIO (%)

Repeticiones	TRATAMIENTOS			
	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
1	0.45	0.86	0.59	0.31
2	0.46	1.22	0.67	1.27
3	0.36	0.86	0.72	0.6
4	0.72	1.66	0.92	0.88
5	0.59	1.26	0.74	0.64

## CALCIO (%)

Repeticiones	TRATAMIENTOS			
	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
1	0.48	0.63	0.83	0.53
2	0.36	0.65	0.5	0.64
3	0.36	0.4	0.42	0.45
4	0.57	0.79	0.48	0.44
5	0.34	0.64	0.35	0.44

## MAGNESIO (%)

Repeticiones	TRATAMIENTOS			
	C	D	E	F
1	0.7	0.71	0.83	0.53
2	0.66	0.75	0.62	0.85
3	0.81	0.8	0.62	0.5
4	0.72	0.83	0.7	0.68
5	0.52	0.8	0.57	0.63

Figura A 7 Aplicación de la glicerina



Figura A 8 Volteo de Camas

