

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA FINCA EL CHAPÍN
CULTIVADA CON PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis* Jacq) EN EL MUNICIPIO DE
EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL.**

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

POR

SERGIO ENRIQUE FARFÁN REYES

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

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, JUNIO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Br. Duglas Antonio Castillo Álvarez
VOCAL QUINTO	P. Agr. José Mauricio Franco Rosales
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, junio 2007

Guatemala 5 de junio de 2007

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

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación realizado en las plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq) de INDESA, en el municipio de El Estor, departamento de Izabal, presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

SERGIO ENRIQUE FARFÁN REYES

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Por darme la vida y ser fuente de sabiduría
MIS PADRES	Eladio Enrique Farfán Valenzuela Blanca Elizabeth Reyes de Farfán Pór su apoyo, esfuerzo y sacrificio para darme siempre lo mejor. Que dios les bendiga y que al fin este éxito sea unos de sus máximos orgullos.
MIS HERMANOS	Glendy, Eladio, Josué y Ángel Antonio.
MI ESPOSA	Gladis Pór haberme estimulado para alcanzarlo que los dos anhelábamos. Por su amor y su apoyo con todo mi amor.
MI HIJO	Sergio David El principal motivo para que me halla superado, y también como un digno ejemplo a imitar.
LA FAMILIA	Estrada Abad, gracias por su apoyo.
MIS TIOS	Con mucho cariño.
MI FAMILIA EN GENERAL	Con aprecio y respeto.

AGRADECIMIENTOS

A:

Asesor: Ing. Agr. Anibal Sacbaja Galindo. Por compartir sus conocimientos para la elaboración del presente trabajo.

Asesor: Ing. Agr. Cesar L. García Contreras Por su valiosa colaboración y brindarme su apoyo, asesoría durante el EPS y la elaboración del presente documento.

La empresa Inversiones de Desarrollo S.A. INDESA, por haberme dado la oportunidad de realizar la presente investigación, especialmente al Ing. Rodrigo Erales y al Ing. Jorge Mario Corzo por su apoyo para realizar dicha investigación.

El personal de el departamento de Investigación y monitoreo de la empresa INDESA, gracias por su apoyo.

Los administradores de las fincas de la empresa INDESA, Hamilton Barrios, Marco Antonio Camel, gracias por compartir sus conocimientos.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

GUATEMALA

MIS PADRES

MIS HERMANOS

MI ESPOSA

MI HIJO

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

ÍNDICE GENERAL

	Pág
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vi
CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA FINCA EL CHAPIN, EL ESTOR, IZABAL	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1. Ubicación geográfica	3
1.2.2. Hipsometría	3
1.2.3. Superficie geográfica	3
1.2.4. Vías de acceso	3
1.2.5. Suelos	3
1.2.6. Precipitación	4
1.2.7. Temperatura y velocidad del viento	4
1.2.8. Zona de vida	4
1.2.9. Clima	4
1.2.10. Uso actual de la tierra	4
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. General	6
1.3.2. Específicos	6
1.4. METODOLOGÍA	7
1.4.1. Fase de gabinete inicial	7
1.4.2. Fase de recopilación de la información	7
1.4.3. Fase de ordenamiento y análisis de la información	7
1.4.4. Fase de gabinete final	7
1.5. RESULTADOS	8
1.5.1. Superficie geográfica de la finca	8
1.5.2. Área sembrada y variedades	8
1.5.3. Medios de comunicación	8
1.5.4. Transporte	8
1.5.5. Infraestructura	8
1.5.6. Equipo	9
1.5.7. Primeros auxilios	9
1.5.8. Recurso humano	9
1.5.9. Problemática encontrada	11
1.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	12
1.7. BIBLIOGRAFÍA	13
CAPÍTULO II ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA FINCA EL CHAPÍN CULTIVADA CON PALMA AFRICANA (Elaeis guineensis Jacq) EN EL MUNICIPIO DE EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL	14
2.1. PRESENTACIÓN	15
2.2. MARCO CONCEPTUAL	16

2.2.1. El sistema de producción agrícola	16
2.2.2. Componente suelo	16
2.2.3. Fertilidad de suelo y productividad	16
2.2.4. Importancia de la fertilidad y de un diagnóstico	17
2.2.5. Características que definen la fertilidad de suelos	17
2.2.6. Propiedades físicas	18
2.2.6.1. Textura y estructura	18
2.2.6.2. Color	18
2.2.6.3. Temperatura	19
2.2.6.4. Porosidad	19
2.2.6.5. Profundidad del suelo	19
2.2.6.6. Topografía	19
2.2.7. Propiedades químicas	19
2.2.7.1. Arcillas y coloides inorgánicos	19
2.2.7.2. Capacidad de Intercambio catiónico	20
2.2.7.3. Capacidad de Intercambio catiónico efectiva	20
2.2.7.4. Saturación de bases	20
2.2.7.5. Reacción del suelo	20
2.2.8. Nutrientes esenciales para las plantas	21
2.2.8.1. Sistema de clasificación por capacidad – fertilidad	21
2.2.9. Concepto	22
2.2.10. Formato	23
A. Tipo y Subtipo	23
B. Modificadores	23
a. Modificador g	23
b. Modificador d	24
c. Modificador e	24
d. Modificador a	24
e. Modificador h	24
f. Modificador i	24
g. Modificador x	25
h. Modificador v	25
i. Modificador k	25
j. Modificador b	25
k. Modificador s	25
l. Modificador n	26
m. Modificador c	26
3.1.8.3. Esquema para el sistema de clasificación de suelos capacidad-fertilidad	26
A. Tipo	26
B. Subtipo	26
C. Modificadores	26
*g (Gley)	26
*d (Seco)	27
e = (Baja CICE)	27
*a = (Toxicidad de Al)	27
*h = (Acido)	27
*k = (K deficiente)	27

x = (Minerales amorfos)	27
v = (Vertisol)	27
**b = (Calcáreo)	28
* s = (Salino)	28
*c = (Cat clay)	28
2.2.12. El cultivo de la palma africana	28
2.2.12.1. Origen, botánica, fisiología	28
2.2.12.2. Tronco y hojas	28
2.2.12.3. Sistema radical	29
2.2.12.4. Floración, frutos y racimos	29
2.2.12.5. Lluvia	29
2.2.12.6. Temperatura y brillo solar	29
2.2.12.7. Suelos y topografía	30
2.2.12.8. Nutrición	30
2.3. OBJETIVOS	32
2.3.1. GENERAL	32
2.3.2. ESPECIFICOS	32
2.4. METODOLOGÍA	33
2.4.1. Fase inicial de gabinete	33
2.4.1.1. Recopilación y análisis de información sobre el área de estudio	33
2.4.1.2. Elaboración de mapa de unidades fisiográficas	33
2.4.1.3. Elaboración de mapa base	33
2.4.2. Fase de campo	33
2.4.2.1. Verificación de los límites de las unidades fisiográficas	33
2.4.2.2. Toma y preparación de muestras de suelo	33
2.4.2.3. Fase de laboratorio	35
2.4.3. Fase de gabinete final	35
2.4.4. Procesado de la información	36
2.4.5. Elaboración de informe final	36
2.5. RESULTADOS	37
2.5.1. Unidades fisiográficas	37
2.5.2. Factores modificadores	38
2.5.2.1. Rangos de pendientes	38
2.5.2.2. Profundidad efectiva del suelo	38
2.5.2.3. Pedregosidad	42
2.5.2.4. Drenaje	42
2.5.3. Determinación de la capacidad – fertilidad	45
2.5.3.1. Distribución de las clases texturales	45
2.5.3.2. Modificadores químicos del suelo	47
2.5.4. Descripción de las categorías de capacidad – fertilidad	53
A. LChe	53
B. Cahke	53
C. LChke	53
D. LCahke	54
E. LCSHke	54
F. g = Saturación de agua en el suelo más de 60 días	54
2.5.5. Descripción de las categorías de capacidad - fertilidad en relación la producción	56

2.6. CONCLUSIONES	58
2.7. RECOMENDACIONES	59
2.8. BIBLIOGRAFÍA	60
CAPÍTULO III SERVICIOS PRESTADOS	62
3.1. PRESENTACIÓN	63
3.2. TOMA DE MUESTRA VEGETAL Y EXTRACCIÓN DE EL NEMATODO <i>Radinaphelenchus cocophilus</i> , CAUSANTE DE LA ENFERMEDAD DE EL ANILLO ROJO EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq)	64
3.2.1. Objetivos	64
3.2.1.1. General	64
3.2.2. Metodología	64
3.2.3. Resultados	66
3.2.4. Evaluación	69
3.3. METODOLOGÍA PARA DETERMINACIÓN DE TEXTURAS DE SUELO	70
3.3.1. Objetivos	70
3.3.1.1. General	70
3.3.2. Metodología	70
3.3.3. Resultados	72
3.3.3.1. Determinación de el nombre textural en el triángulo de texturas	73
3.3.4. Evaluación	74
3.3.5. Bibliografía	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica	5
Figura 2. Organigrama del personal de la finca el chapín	10
Figura 3. Mapa de puntos de toma de submuestras de cada uno de los pantes	34
Figura 4. Mapa de unidades fisiográficas	39
Figura 5. Mapa de pendientes	40
Figura 6. Mapa de profundidad efectiva del suelo	41
Figura 7. Mapa de pedregosidad	43
Figura 8. Mapa de drenaje	44
Figura 9. Mapa de clases texturales	46
Figura 10. Mapa de reacción del suelo	49
Figura 11. Mapa de capacidad de intercambio cationica efectiva	50
Figura 12. Mapa de potasio intercambiable	51
Figura 13. Mapa de aluminio	52
Figura 14. Mapa de categorías de capacidad – fertilidad	55

Figura 15. Planta con la sintomatología de anillo rojo	66
Figura 16. Sintomatología en el raquis de la hoja puntos color marrón	67
Figura 17. Fotografía tomada con microscopio electrónico	68
Figura 18. Triangulo equilátero para determinación de texturas	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Propiedades de los suelos para la palma africana	30
Cuadro 2. Propiedades químicas de los suelos para la palma africana	31
Cuadro 3. Metodología determinación de elementos a nivel de laboratorio	35
Cuadro 4. Unidades fisiográficas	37
Cuadro 5. Distribución de pendiente	38
Cuadro 6. Comportamiento de la profundidad efectiva	38
Cuadro 7. Pedregosidad	42
Cuadro 8. Drenaje	42
Cuadro 9. Clases texturales	45
Cuadro 10. Indicador de reacción del suelo	47
Cuadro 11. Indicador de capacidad de intercambio cationica efectiva	47
Cuadro 12. Indicador de potasio intercambiable	47
Cuadro 13. Indicador de toxicidad de aluminio	47
Cuadro 14. Categorías de capacidad – fertilidad	53
Cuadro 15. Modificador (g) suelo saturado con agua más de 60 días	54
Cuadro 16. Categorías de capacidad – fertilidad en relación a la producción	56
Cuadro 17. Presupuesto de equipo para determinación de texturas	74

**ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA FINCA EL CHAPÍN
CULTIVADA CON PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis Jacq*) EN EL MUNICIPIO DE
EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

**SOIL FERTILITY STUDY OF “ EL CHAPÍN “ FARM TO CULTIVATE AFRICAN PALM
(*Elaeis guineensis Jacq*) IN EL ESTOR, IZABAL**

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) como programa académico tiene estipulada su realización en el término de 10 meses. El presente EPSA, fue realizado en el periodo de febrero a noviembre del año 2006, como parte del apoyo que brinda la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, a través de la Facultad de Agronomía FAUSAC, hacia la empresa Inversiones de Desarrollo S.A. INDESA y específicamente la Finca El Chapín, la cual se encuentra ubicada en el municipio de El Estor, Izabal, en donde inicialmente se elaboro el diagnóstico de la finca, como parte fundamental de inicio, para reconocer, recabar e integrar información sobre los recursos existente. La finca cuenta con 1126.44 hectáreas, actualmente cultivadas con palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*), en producción, se encuentran cercanas al Lago de Izabal, en condiciones climáticas con una precipitación media anual de 2500 a 4000 mm, temperaturas 21 a 27 grados centígrados. Como parte del trabajo, se realizo la investigación, que lleva por nombre ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA FINCA EL CHAPIN CULTIVADA CON PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis Jacq*), EN EL MUNICIPIO DE EL ESTOR, IZABAL. El estudio tuvo como objetivo principal generar información para agrupar los suelos en categorías de capacidad–fertilidad sugerida por S.W. Boul, y así conocer el potencial de cada unidad productiva de la finca y a la vez dar recomendaciones para mejorar el nivel operativo de la finca. Se realizaron muestreos de suelos de 0 a 20 y de 20 a 40 centímetros de profundidad, luego de analizarón a nivel de laboratorio, se procedió a la tabulación de la información y se generaron mapas temáticos del comportamiento de las características químicas y físicas. Los servicios prestados fueron: Toma muestra vegetal y Extracción del Nematodo *Radiphelenchus cocophilus* causante de la enfermedad del Anillo Rojo en palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*). Implementación de Metodología para Determinación de Texturas a nivel de Laboratorio por el Método de Hidrometro de Bouyoucos en la finca el pataxte.



CAPÍTULO I
DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA FINCA EL CHAPIN EN EL MUNICIPIO
DE EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL.

1.1 PRESENTACIÓN

El presente diagnóstico se realizó durante febrero de 2006 en la Finca El Chapín, El Estor, Izabal, la cual es administrada por la Empresa Inversiones de Desarrollo S.A. INDESA. Actualmente se encuentra cultivada con palma africana, cuenta con un área de 1126.46 hectáreas sembradas con las variedades Avros y Ekona. El objetivo principal fue de conocer las condiciones biofísicas, socioeconómicas, tecnológicas e institucionales del área de trabajo.

El diagnóstico se desarrollo en tres fases: la primera, consistió en plantear los objetivos y metodología del diagnóstico, la segunda fase fue la recopilación de la información de campo (descripción del proceso productivo) a través de entrevistas y observaciones, la tercera fase tuvo como base la fase anterior y consistió en analizar la problemática del subsistema productivo de palma africana, discerniendo las causas del problema central y su efecto principal, para luego plantear las estrategias a seguir, con el fin de plantear una solución viable a la problemática identificada.

1.2. MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Ubicación geográfica

La finca el Chapín se ubica en el municipio de El Estor, Izabal se encuentra situada en la región Nororiente, la finca limita al Norte con el Lago de Izabal, al Sur con el Caserío Balandra, al Este con la finca las Cañas y al Oeste con el Caserío Chapín Abajo y Caserío Guaritas. La finca El Chapín se ubica entre las Latitud Norte 15° 22' 43" y 15° 24' 30" y Longitud Este 89° 12' 32" – 89° 16' 4"

1.2. 2. Hipsometría

Según la hoja cartográfica río Polochic 2362 II y Mariscos 2362 III a escala 1:50,000 el área de estudio de la finca El Chapín presenta altitudes que varían desde 5 a 16 metros sobre el nivel del mar (2, 3).

1. 2. 3. Superficie geográfica

El área de estudio dentro de la finca El Chapín, posee una superficie territorial de 1,126.44 hectáreas (7).

1. 2. 4. Vías de acceso

Se observa en la Figura 1, la principal carretera que lleva a la finca El Chapín es: CA-9 que se dirige hacia la cabecera departamental de Puerto Barrios llegando a la altura del kilómetro 218 a la finca trincheras no desviamos hacia la izquierda hacia la aldea Mariscos, luego 30 kilómetros de terracería hacia la finca El Chapín. También se puede llegar vía acuática a través del Lago de Izabal, embarcándose en la aldea Mariscos.

1. 2. 5. Suelos

Según Simmons, Tárano y Pinto (8), 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 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 (8).

1. 2. 6. Precipitación

La precipitación pluvial varía entre 2500 y 3000 mm. La biotemperatura media anual para esta zona varia entre 21 °C – 25 °C según la estación metereologica de la empresa INDESA.

1. 2. 7. Temperatura y velocidad del viento

La temperatura mínima anual de la zona en la que se encuentra la finca el chapín es 20.7 °C y la máxima anual es 33.1 °C. y la velocidad del viento es 2.0 km/h según (INSIVUMEH) (3).

1. 2. 8. Zona de vida

De la Cruz basado en el sistema Holdridghe (1) clasifica la zona de vida bmh- S(c) bosque muy húmedo subtropical (calido) (4).

1. 2. 9. Clima

El clima de la región de estudio va de caliente húmedo, con lluvias abundantes todo el año.

1. 2 .10. Uso actual de la tierra

Por su clima, tipos de suelo y la topografía del terreno, la finca El Chapín posee un uso de la tierra en toda el área con el cultivo de palma africana.

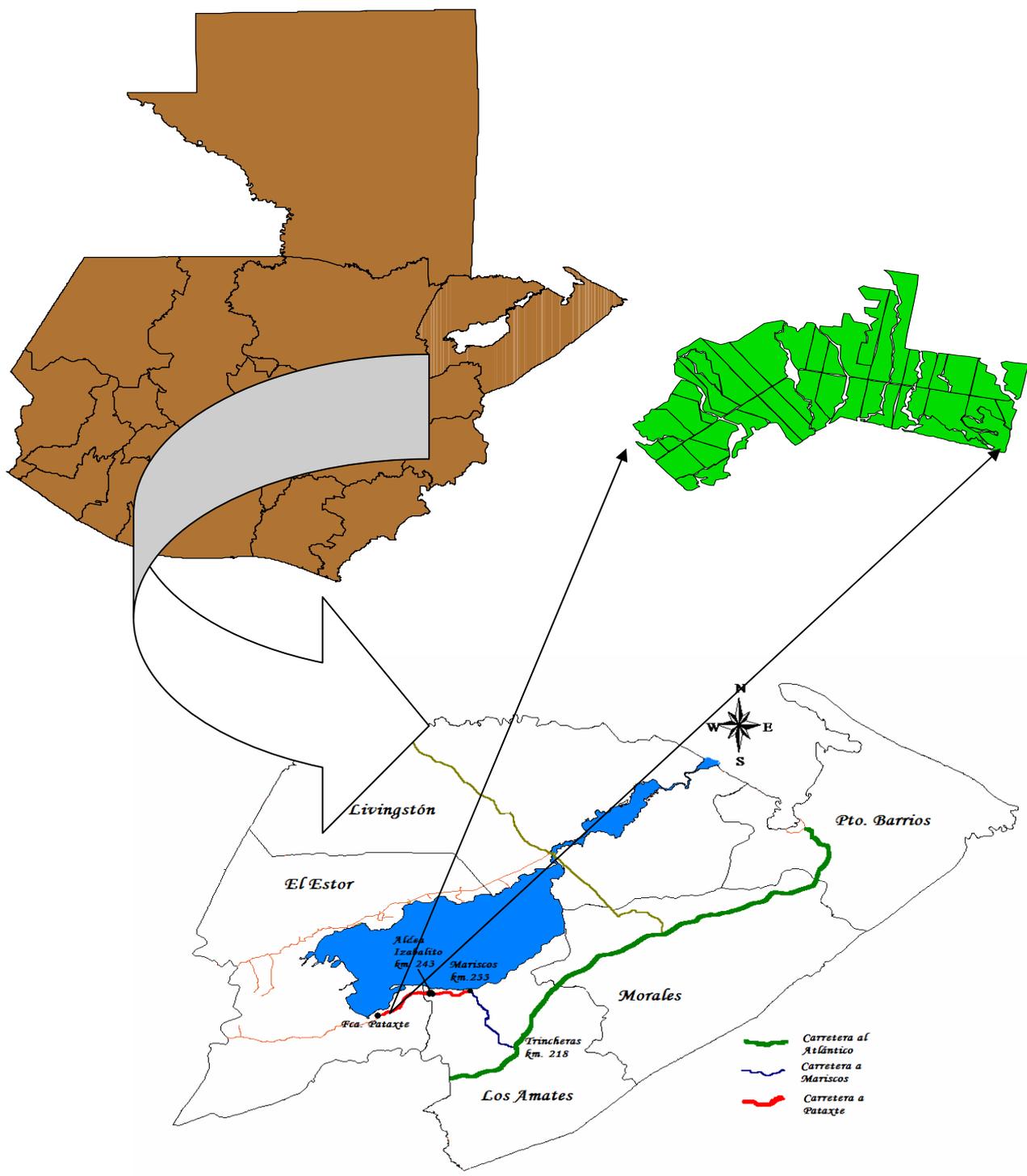


Figura 1. Mapa de ubicación y forma de como llegar a la Finca El Chapín.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

- A. Conocer las principales limitantes que cuentan la finca El Chapín.

1.3.2. ESPECIFICOS

- A. Identificar y priorizar la problemática actual de la finca El Chapín.
- B. Plantear soluciones a la problemática identificada.

1.4. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la realización del presente diagnóstico consistió básicamente en las fases.

1. 4. 1. Fase de gabinete inicial

Se definieron aspectos a investigar en la organización de la finca, actividades que se estaban realizando para que la finca se estableciera, las variables a tomar en cuenta y la forma en que se obtendría la información.

1. 4. 2. Fase de recopilación de la información

- A. Revisión bibliográfica, mapas, hojas cartográficas escala 1:50,000, fotografía áreas proporcionadas por aerofotomapas y mapas existentes en la base de datos de la finca.
- B. Reconocimiento del área de la finca a través de presentaciones con el personal.
- C. Recorridos dentro de la finca y en toda su área perimetral, tomando nota de todo lo observado.
- D. Observaciones directas, en lo que se refiere a tipo de infraestructura y relieve.
- E. Entrevistas personales, con el administrador, jefe de investigación, auxiliar de campo, caporales y jornaleros.

1. 4. 3. Fase de ordenamiento y análisis de la información

Una vez recabada toda la información necesaria, se procedió a su ordenamiento en base información general de la finca, condiciones climáticas y actividades.

1. 4. 4. Fase de gabinete final

La última fase consistió en la elaboración del presente documento, en el cual se refleja la situación actual de la finca El Chapín, determinando y priorizando los problemas existentes y las opciones de los mismos.

1.5. RESULTADOS

1. 5. 1. Superficie geográfica de la finca

El área de estudio dentro de la finca El Chapín, posee una superficie territorial de 1,126.44 hectáreas, de las cuales 74.33 hectáreas se encuentran en pendientes pronunciadas mayor de 25 % y 1052 hectáreas se encuentran con una fisiografía plana a ondulada de 0 a 4 % por ciento.

1. 5. 2. Área sembrada y Variedades de palma africana

643 hectáreas sembradas con la variedad Avros.

483.44 hectáreas sembradas con la variedad Ekona. Todo el cultivo tiene una edad de 8 años.

1. 5. 3. Medios de comunicación

- A. Telefónica.
- B. Radial.

1. 5. 4. Transporte

- A. Administrador cuenta con un vehículo.
- B. El caporal encargado de cosecha dispone de una moto que le permite desplazarse en el área de trabajo.

1. 5. 5. Infraestructura

- A. Casa de administrador
- B. Casa de planillero
- C. Bodega
- D. Comedor
- E. Pozo

En la Figura 2 se representa gráficamente la estructura orgánica de los puestos laborales administrativos de la finca El Chapín.

1. 5. 6. Equipo

- A. Mobiliario
- B. Equipo de computo
- C. Bombas de mochilas
- D. Malayos (cuchillos para cortar racimos)
- E. Insumos
- F. Fertilizantes, pesticidas.

1. 5. 7. Primeros auxilios

- A. En la oficina de contabilidad se cuenta con un botiquín.
- B. Alcohol, agua oxigenada, aspirinas, antibióticos, jeringas, algodón, antídotos.

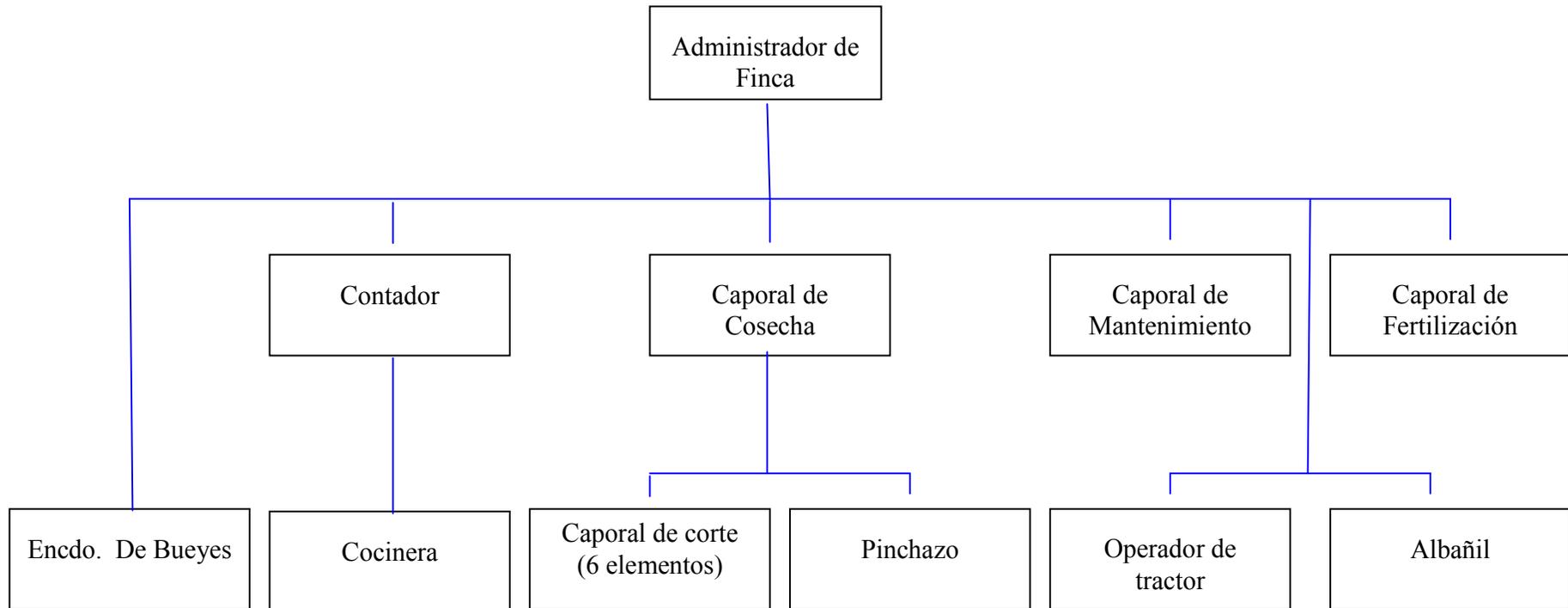
1. 5. 8. Organigrama del personal con que cuenta la finca para poder operar diariamente.

Figura 2. Organigrama de el personal de la finca El Chapín.

1. 5. 9. Listado de Problemas

1.5.9.1. Se observarán deficiencias de magnesio.

1.5.9.2. En la parte Norte se observarán áreas con anegamientos

1.5.9.3. Se observó la maleza del género *phyllocladon sp.*

1.5.9.4. Frutos olvidados en los centros fruteros

1.5.9.5. Se observarán daños ocasionados por zompopos

1.5.9.6. Problemas de erosión en las áreas con pendientes pronunciadas.

1.5.9.7. Se observarán algunas plantas enfermas pudrición de flecha (meristemo apical).

1.5.9.8. Se observarán plantas enfermas anillo rojo.

1.5.9.9. Materia orgánica sin descomponer sobre la superficie del suelo.

La problemática encontrada se logro atraves de observaciones directas en el campo y caminamientos en toda el área de la finca.

1.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.6.1. Planificar un estudio más detallado sobre la deficiencia de magnesio.
- 1.6.2. Delimitar las áreas con anegamientos.
- 1.6.3. Planificar un método de control de malezas para *phyllodendron sp.*
- 1.6.4. Monitorear estadísticamente cuanta fruta se queda olvidada en el suelo.
- 1.6.5. Crear brigadas de monitoreo de plagas y enfermedades para detectar las enfermedades y realizarles un control preventivo.

1.7. BIBLIOGRAFIA

1. Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
2. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1972. Atlas nacional de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1, 000,000. 52 p.
3. _____. 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Río Polochic, no. 2362-III. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.
4. _____. 1975. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Mariscos, no. 2362 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
5. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
6. INDESA (Inversiones de Desarrollo, SA, GT). 2005. Mapas de las fincas de INDESA: base de datos. Guatemala.
7. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Sistemas de información geográfica. Guatemala, MAGA / UPIE / PEDN. 1 CD.
8. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.



CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA FINCA EL CHAPÍN CULTIVADA CON PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis* Jacq) EN EL MUNICIPIO DE EL ESTOR, DEPARTAMENTO DE IZABAL

SOIL FERTILITY STUDY OF “ EL CHAPÍN “ FARM TO CULTIVATE AFRICAN PALM (*Elaeis guineensis* Jacq) IN EL ESTOR, IZABAL

2.1. PRESENTACIÓN

Guatemala se caracteriza por tener en la agricultura una de las bases más importantes de su economía, lo cual demanda aumentar dicha eficiencia, para la cual debe existir un conocimiento y planificación completa sobre el ambiente biofísico, que es necesario en el proceso de la producción agrícola. La finca El Chapín, es actualmente administrada por la empresa de Inversiones de Desarrollo, S.A. (INDESA) la cual se localiza en la región Nor-oriente del país en el municipio de El Estor del departamento de Izabal, en las cercanías del lago de Izabal.

El área total de todas las fincas en producción 4020.36 hectáreas cultivadas con palma africana (*Elais guineensis Jacq*), de las variedades Avros y Ekona, con una edad vegetativa de ocho años, con rendimientos promedios bajos de 13 a 16 toneladas métricas por hectárea, medios de 20 a 24 toneladas métricas por hectárea y altos de 28 a 31 toneladas métricas por hectárea.

En la presente investigación se realizara un estudio de la fertilidad de los suelos de la finca a través del sistema de clasificación capacidad - fertilidad, propuesto por Boul, S.W. (1990), el cual considera factores relevantes que afectan la relación fertilizante - suelo.

Para cumplir con el objetivo propuesto, se diseñó un plan de muestreo, luego se toma muestras respectivas y necesarias, para su análisis en laboratorio, se procederá a tabular y analizar la información a fin de generar los mapas temáticos que exige la metodología de Boul, para finalmente desarrollar el mapa de capacidad - fertilidad de la finca, a partir del cual se planificara las actividades y acciones en materia de fertilización según las características específicas de cada grupo de unidades productivas.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. El sistema de producción agrícola

Se define que la producción de un sistema agrícola o agro ecosistema es la salida que se obtiene como resultado de la interacción de los cuatros componentes, suelo, planta agua y clima con la acción del manejo que el ser humano puede introducir sobre ellos. Que es un aspecto relacionado con el crecimiento, también puede expresarse como (2)

$$\text{Producción} = (\text{suelo, cultivo, clima, etc.}) + \text{manejo}$$

2.2.2. Componente suelo

El suelo es aquel material terrestre que cubre las superficies naturales y en cuyas características interviene la acción de los procesos también naturales, de tipo físico, químico y biótico sobre el material rocoso original a lo largo de la sucesión del tiempo, además tiene la capacidad de brindar soporte, y suministro de elementos nutritivos a la cubierta vegetal (7).

El suelo es uno de los componentes de un sistema de producción lo que determina la producción es la mejor interacción que se logre entre los tres componentes (suelo, planta, agua y clima) a través del manejo, y no las características aisladas de uno y otro.

2.2.3. Fertilidad de suelo y productividad

La fertilidad del suelo puede definirse como la capacidad del mismo para suministrar todos los nutrientes esenciales a la planta en forma obtenible y un equilibrio adecuado. También se entiende que el suelo debe estar razonablemente libre de sustancias que perjudiquen el crecimiento de la planta y de esta manera tener propiedades satisfactorias. (13). Por lo contrario, la productividad del suelo es una capacidad para producir cosechas.

Para comprender la productividad del suelo se debe reconocer las relaciones suelo, planta, agua existentes. Algunos de los factores externos que controlan el crecimiento de las plantas como lo son: aire, temperatura, luz, soporte mecánico, nutrientes y agua lo cual estos contribuyen a la productividad del suelo (13).

La productividad es básicamente un concepto económico y no una propiedad del suelo, que implica en el mismo tres cosas. (13).

- A. El manejo
- B. El producto (los rendimientos de cierto cultivos)
- C. El tipo de suelo

2.2.4. Importancia de la fertilidad y de un diagnóstico

Los suelos son el medio en el cual los cultivos crecen, lo cual se entiende que la fertilidad de los suelos es la necesidad básica de la producción de cultivos, esta es vital para un suelo productivo. Un suelo fértil no tiene que ser necesariamente un suelo productivo, ya que el drenaje insuficiente, insectos, sequía y otros factores puedan limitar su producción. Para comprender mejor la fertilidad del suelo, se debe conocer primero los factores que favorecen o limitan la productividad (14).

2.2.5. Características que definen la fertilidad de suelos

La productividad del suelo se debe conocer las relaciones suelo – planta – clima existentes. Algunos de los factores externos que controlan el crecimiento de las plantas son: aire, temperatura, luz, soporte mecánico, nutrientes y agua. La planta depende del suelo en forma total o parcial. Cada uno de estos factores afectan en forma directa el crecimiento de la planta y se relacionan entre si (2).

Los suelos pueden agruparse según sus características entre si que son (2).

- A. Químicas
- B. Físicas
- C. Biológicas

2.2.6. Propiedades físicas

En estas propiedades se incluyen la textura del suelo, estructura, color, profundidad, porosidad, consistencia y topografía (5).

2.2.6.1. Textura y estructura

La textura es la proporción relativa de arena, limo, y arcilla contenidos en el suelo.

Cuando las partículas del suelo son pequeñas, la textura será de tipo arcilloso y cuando las partículas son grandes se aproxima al tipo arenoso.

La estructura del suelo se conoce como la distribución espacial de las partículas primarias del suelo (5).

La textura como la estructura influye en la cantidad de aire y agua que las plantas necesitan para su crecimiento.

- A. Las partículas de arcilla que son muy pequeñas encajan entre si, en forma mucho mas exacta que las partículas de arena que son más grandes. Esto significa que tanto para el aire como para el agua, los poros serán pequeños.
- B. Las partículas pequeñas tienen mayor área de superficie que las más grandes. Por ejemplo, las partículas más grandes de arcilla, tienen un área de superficie alrededor de veinticinco veces mayor que la partícula de arena más pequeñas. A medida que aumenta el área de superficie también aumenta la cantidad de agua absorbida (5).

2.2.6.2. Color

Esta propiedad física del suelo puede depender de la herencia de su material originario, el color del suelo es un resultado de sus procesos formativos y se denomina color adquirido o genético (2).

La materia orgánica, la condición del drenaje y la aireación del suelo, son factores relacionados con el color (5).

2.2.6.3. Temperatura

La temperatura del suelo depende fundamentalmente, de la relación entre el calor que absorbe el suelo y las pérdidas a través de la radiación y la evaporación de la humedad. La cantidad de calor que penetra en el suelo es controlada por su color, el clima, la altitud. La temperatura provoca efectos en la germinación de las semillas y es importante en la actividad de los microorganismos (5).

2.2.6.4. Porosidad

La porosidad del suelo es los espacios vacíos entre partículas del suelo que constituyen los poros estos pueden estar ocupados por agua y aire. El volumen total de poros lo constituye la porosidad (5).

2.2.6.5. Profundidad del suelo

Esta determinada por la capa efectiva de penetración radicular en el suelo. Esta determina el drenaje, la capacidad de almacenamiento de agua y el volumen del suelo disponible a la planta para la exploración de las raíces (5).

2.2.6.6. Topografía

La topografía influye en la presión que el agua de escorrentía adquiere. Entre mayor es el declive habrá mayor presión y por consiguiente, el grado de erosión del suelo será mayor (2).

2.2.7. Propiedades químicas

2.2.7.1. Arcillas y coloides inorgánicos

A las partículas más pequeñas se llama coloides estas se forman durante el proceso de interperización ya que este proceso determina las clases de arcillas que se encuentran en el suelo (5).

2.2.7.2. Capacidad de Intercambio Cationico

Es la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes, esto quiere decir que los cationes retenidos en los coloides del suelo pueden ser reemplazados por otros cationes. Mientras más alta sea la capacidad de intercambio cationico de un suelo, mayor será la cantidad de cationes que pueda retener. Por ejemplo, un suelo con alto contenido de arcilla puede retener más cationes intercambiables que un suelo bajo en arcillas.

También la CIC aumenta a medida que aumenta la materia orgánica. La capacidad de intercambio cationico de un suelo se expresa en términos de miliequivalentes por 100 gramos de suelo (16).

2.2.7.3. Capacidad de Intercambio cationico efectiva

Debido a las dificultades para estimar correctamente la capacidad de cambio de un suelo que tiene cargas permanentes y variables, se ha propuesto que esta propiedad se determine sumando los miliequivalentes de los diferentes cationes de cambio a los del aluminio e hidrogeno presente, a esta sumatoria se le llama Capacidad de Intercambio efectiva (6).

2.2.7.4. Saturación de bases

La saturación de bases se define como la suma de las bases cambiables (Ca, Mg, K, y Na) expresada como porcentaje de la capacidad total de intercambio cationico; el tanto por ciento de acidez cambiante (aluminio y hidrogeno) correspondería al complemento del anterior hasta el 100 %. De igual manera se estima como el porcentaje de la total capacidad de intercambio cationico ocupada por cationes básicos (Ca, Mg, Na, y K) (16).

2.2.7.5. Reacción del suelo

Es el grado de la acidez y la basicidad del suelo, se trata de una propiedad que influye tanto en sus características químicas y físicas, además de tener considerable impacto sobre la vida microbiana del suelo (6).

La reacción del suelo se evalúa midiendo su pH, es decir el logaritmo negativo de la actividad de iones de hidrogeno más en la suspensión (6). El pH influye en la disponibilidad de nutrientes, especialmente el fósforo y micronutrientes. Suelos ácidos son

suelos muy bajos en niveles de cationes y mucha lixiviación, se caracterizan por altas precipitaciones. Los suelos alcalinos generalmente se dan en zonas con bajas precipitaciones y con mal drenaje (17).

2.2.8. Nutrimientos esenciales para las plantas

Las plantas absorben elementos minerales de las proximidades de las raíces de una forma indiscriminada, pero la presencia en una planta de algún elemento particular no constituye una prueba de que este elemento sea esencial (16).

- A. Una deficiencia del elemento hace imposible para la planta de completar el estado vegetativo o reproductivo de su vida.
- B. Los síntomas de deficiencia del elemento en cuestión puede ser prevenidos o corregidos solamente mediante el suministro del elemento.
- C. El elemento esta directamente involucrado en la nutrición de la planta, aparte de su posible efecto corrigiendo alguna condición microbiológica o química en el suelo o medio de cultivo (16).

Existen 16 elementos químicos esenciales para el crecimiento de las plantas se divide en dos grupos: Minerales y no minerales.

- A. No minerales son: Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O).

Minerales provenientes del suelo, se pueden dividir en:

- A. Macronutrientes primarios (N, P, K)
- B. Macronutrientes secundarios (Ca, Mg, S)
- C. Micronutrientes (Mn, Zn, Cu, Fe, B, Mo, Cl,) (2).

2.2.8.1. Sistema de clasificación por capacidad - fertilidad

Dentro del campo de la ciencia del suelo, hay una clara diferencia entre las subdisciplinas de mapeo y fertilidad de suelos. Frecuentemente estos grupos compiten entre ellos al tratar de proveer información sobre el potencial agrícola de un país. El grupo encargado del mapeo de suelos anhela producir mapas, en los cuales se cuantificaría las condiciones existentes. Por su parte el grupo de fertilidad evalúa el potencial del suelo

para la producción de cultivos, a través del análisis de suelos y experimentos de campo, considerando ambas funciones esenciales para el planeamiento del desarrollo agrícola de un área (4).

2.2.9. Concepto

Como sistema técnico de clasificación de suelos, el sistema de capacidad-fertilidad, debería ser considerado de la misma manera que la bien conocida clasificación de tierras de acuerdo a su capacidad de uso, así como los sistemas de clasificación de suelos para fines de ingeniería civil, forestal e instalación de cajas sépticas. Este sistema se diseñó para agrupar los suelos de acuerdo con las características que afectan la dinámica del fertilizante en los mismos así como su manejo (4).

Generalmente hay una tendencia a interpretar clasificaciones técnicas más allá de su propuesto uso. Por esta razón debería ser enfatizado que este sistema no es más que una armazón, dentro de la cual todos los suelos del mundo pueden agruparse de acuerdo con algunas características de manejo de la fertilidad (4).

Es importante que un sistema de clasificación sea simple, específico y lo suficientemente conciso para que pueda ser fácilmente comprendido. Por este motivo el presente sistema incluye aquellos factores que se sabe juegan un papel directo en la relación suelo-fertilizante. Factores como pedregosidad y pendiente, importantes para el uso de maquinaria irrigación, no son considerados. Corrientemente se usan sistemas técnicos como base para mapear suelos (4).

El sistema técnico aquí propuesto puede ser usado para interpretar mapas de suelos, siempre y cuando existan ciertos datos analíticos. Los parámetros de este sistema han sido definidos en forma adaptable a la nueva taxonomía de suelo, así como a otros sistemas de clasificación (4).

Este sistema se prevé que el principal uso será por los especialistas en fertilidad de suelos con el objeto de extrapolar resultados de un campo a otro, se ha tratado, de escoger parámetros que puedan ser determinados en el campo o con un trabajo mínimo de laboratorio. Se recalca el hecho de que no es práctico analizar todos los parámetros en cada sitio ya que es obvio que muchos de ellos son igualmente exclusivos (4).

2.2.10. Formato

A. Tipo y subtipo

El sistema esta formado por tres niveles. El tipo es la categoría superior y esta determina la textura promedio de la capa arable o de los 0.20 m. superficiales. Ha sido empleado el sistema textural USDA. Un estimado de la textura en el campo es probablemente suficiente en ausencia de datos de laboratorio (4).

El subtipo es la textura del subsuelo que ocurre dentro los 0.50 m. de profundidad. Se incluye solo si difiere a la textura de la capa arable (Tipo) dentro de los límites definidos. Por ejemplo, un suelo arenoso en el cual el horizonte arcilloso o argilico empieza a los 0.60 m. de profundidad, sería designado como S, mientras que un suelo similar en el cual el horizonte argilico empieza a 0.40 m. sería designado como SC (arenoso sobre arcilloso). Por otra parte si un suelo con textura de arena fina en la superficie presente una textura franco arenoso en el subsuelo, será designado como SL (arenoso sobre franco), pero si el subsuelo presenta una textura de arena franco se designada como S (arenoso) (4).

B. Modificadores

En general los modificadores se refieren las propiedades físicas y químicas de la capa arable 0 a 0.20 m. superficiales, salvo excepciones indicadas. Los modificadores indican limitaciones específicas de fertilidad con posibilidades de diferente interpretación. Todos los modificadores aplicables a un suelo se escriben con letras minúsculas. La siguiente discusión trata de explicar el fundamento de cada modificador y sirve como una guía para coadyuvar en la ubicación de suelos donde no existen datos suficientes. Las letras minúsculas empleadas han sido seleccionadas para proveer una fácil asociación con la condición descrita (4).

a. Modificador g: Este modificador se refiere a una condición "gley" en el suelo como una indicación de la presencia de una saturación de agua dentro de los primeros 0.60 mts durante cierta parte del año (4).

Podría ser indicativo de suelos que necesitan drenaje, o suelos generalmente buenos para el cultivo de arroz. Corresponde a la definición del régimen de humedad "Acuico" en la

taxonomía de suelos de los Estados Unidos, pero puede ocurrir junto con el modificador "d" cuando existen estaciones fuertemente lluviosas y secas alternas (4).

b. Modificador d: Este modificador se refiere a una estación seca anual, de por lo menos 60 días consecutivos. Esta definido en términos generales para corresponder a los regimenes de humedad Ustico, Xerico, Torrico y Aridico, en la taxonomía de suelos de los Estados Unidos. Su importancia en el manejo de fertilidad no esta completamente reconocida, sin embargo, existen indicios de varias consecuencias sobre respuestas de nitrógeno y épocas de siembra al inicio de las lluvias (3).

c. Modificador e: Este modificador delimita los suelos con muy baja capacidad de intercambio cationico (CIC) en la capa arable. Tres límites han sido indicados de acuerdo con el método analítico empleado. La condición infiere problemas serios de fertilidad debido a la lixiviación de cationes y complicaciones en las recomendaciones de encalado (3).

d. Modificador a: Este modificador se refiere a altas concentraciones de aluminio intercambiable, las cuales podrían ser toxicas para la mayoría de los cultivos. También, implica un alto grado de fijación de fósforo por compuestos de aluminio y diferentes formas de interpretar el suelo (2).

e. Modificador h: Este modificador se refiere a un nivel moderado de acidez que retardaría el crecimiento de algunas plantas muy sensitivas de aluminio intercambiable. En vista de que ambas condiciones "a" y "h" pueden ser alteradas por encalamiento y considerando la acidez residual de varios fertilizantes, estos modificadores, deben ser examinados a una profundidad de 0.50 mts. El uso de estos modificadores reflejara la intensidad de futuros requerimientos de encalado (2).

f. Modificador i: Este modificador esta designado para aquellos suelos donde la fijación del fósforo por compuestos de hierro es de mayor importancia. Sugiere también un rango bajo en la humedad disponible del suelo. El criterio "relación hierro y arcilla", es

frecuentemente difícil de obtener y por tanto un criterio basado en estructura y color ha sido dado para uso de campo. Se considera que el modificador esta estrechamente asociado con el orden Oxisol (2).

g. Modificador x: Este modificador identifica suelos con mineralogía dominante alofanica. Principalmente estamos interesados en la alta capacidad de fijar fósforo y la baja tasa de mineralización de nitrógeno para tales suelos. Indicios preliminares de un análisis simple con NaF indican cierta correlación con el potencial de función de fósforo de estos suelos (2).

h. Modificador v: Este modificador indica suelos arcillosos dominados por arcillas expansibles 2:1. Las implicaciones de fertilidad son su alta CIC de carga permanente, dificultad en las relaciones suelo agua y en la preparación del suelo. Se considera que este modificador estará estrechamente ligado con el orden Vertisol y algunos subgrupos verticos (2).

i. Modificador k: Muchos suelos contienen minerales portadores de pequeñas cantidades de potasio, esperándose entonces buenas respuestas a la fertilización potasica. Este modificador intenta delimitar aquellos suelos donde casi siempre el potasio será necesario en un programa de fertilidad (2).

j. Modificador b: Este modificador delimita suelos calcáreos o, más específicamente, carbonato de calcio libre dentro de los 0.50 m. y fijación de fósforo por compuestos calcicos. Es fácilmente determinado en el campo cuando el suelo efervece al aplicar HCl. (2).

k. Modificador s: Este modificador separa a aquellos suelos con problemas de salinidad para la mayoría de los cultivos y esta basado en el criterio general desarrollado por el laboratorio de salinidad de suelos de los Estados Unidos (2).

I. Modificador n: El sodio es considerado debido a su efecto en la dispersión de arcilla y en la disponibilidad de humedad. Este modificador esta designado para delimitar suelos con problemas de sodio (2).

m. Modificador c: Este modificador indica la presencia de suelos ácidos sulfatados y los problemas asociados a su manejo (2).

2.2.11. Esquema para el sistema de clasificación de suelos de acuerdo con la capacidad - fertilidad

A. TIPO (4)

Textura promedio de la capa arable 0 a 0.20 m. de profundidad, el que sea menos profundo:

S = Arenoso: Arena y arenas francas

L = Franco: Menor 35% arcilla excepto arenas y arenas francas

C = Arcilloso: Mayor 35% arcilla.

D = Limoso

O = Suelo orgánico: Mayor 30% materia orgánica en los primeros 0.50 m.

B. SUBTIPO (4)

Usado solo si existe un cambio de textura o una capa dura que impide desarrollo radicular dentro de los primeros 0.50 m.

S = Subsuelo arenoso

L = Subsuelo franco

C = Subsuelo arcilloso

R = Roca u otra capa dura que restringe desarrollo radicular

C. MODIFICADORES

En la capa arable 0 a 0.20 m. excepto cuando sea marcado con un asterisco (*).

***g = (Gley):** Moteados con cromas menor 2 dentro de los primeros 0.60 m. y debajo de los horizontes A, o suelo saturado con agua por más de 60 días.

***d = (Seco):** Régimen de humedad ustico o xerico: suelo seco por más de 60 días consecutivos por un año dentro de 0.20 a 0.60 m. de profundidad.

e = (Baja CICE): Menor 4 miliequivalentes /100 gr. de suelo determinado por suma de bases más aluminio extraído por KCl1 N.

Menor 7 meq/100 gr. de suelo determinado por suma de cationes a pH 7.

Menor 10 meq/100 gr. de suelo determinado por suma de cationes más (aluminio) más H a pH 8.2.

***a = (Toxicidad de Al):** Mayor 60% de la CIC saturada con aluminio (por suma de bases más aluminio) en los primeros 0.50 m. mayor 67% de la CIC saturada con aluminio (por suma de cationes a pH 7) en 50 m. mayor 86% de la CIC saturada con aluminio (por suma de cationes a pH 8.2 en 0.50 m). pH en agua (1: 1) menor 5.0 excepto en suelos orgánicos.

***h = (Ácido):** 10 a 60% de la CIC saturada con aluminio (por suma de bases más aluminio) en los primeros 0.50 m. pH en agua (1:2) entre 5.0 y 6.0

***k = (K deficiente).** Menor 10% minerales meteorizables en la fracción limo y arena dentro de los primeros 0.50 m. o un contenido de potasio intercambiable menor 0.2 meq/100 g, o potasio menor 2% de la suma de base si esta es menor 10 meq/100g.

x = (minerales amorfos) pH menor 10 en NaF 1N o prueba de NaF en el campo positivo, u otras evidencias indirectas del alófono como mineral de arcilla predominante.

v = (Vertisol) Menor 35% de arcilla muy plástica y pegajosa y menor 50% de la fracción arcillas expandibles (2:1), o COLE menor 0.09, o severo agrietamiento e hinchamiento del suelo (2).

* **b = (Calcáreo)**. Carbonato de calcio libre dentro de 0.50 m. (efervescencia con HCl) o pH menor a 7.3 (2).

***s = (Salino)**. Menor 4 mmhos/cm de conductividad eléctrica en pasta saturada a 25°C dentro de 1 metro de profundidad (2).

***n = (Sodico)**. Menor 15% de la CIC con sodio dentro de los primeros 0.50 m. (2).

***c = (Cat clay)**: pH en agua (1:1) menor de 3.5 cuando seco, moteamiento de jarosita con matices 2.5Y o más amarillas y cromas de 6 o más altas dentro de 0.60 m. (2).

2.2.12. El cultivo de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq)

2.2.12.1. Origen, botánica y fisiología

El nombre científico de la palma aceitera es *Elaeis guineensis jacq*. Este nombre se origina del griego *Elaeis* (aceite), y *Jacquin* es el apellido de la persona que dio el nombre a la planta, ocurre en África central, por su mayor explotación comercial en gran escala se ha dado principalmente en el Sur asiático (Malasia, Indonesia y Tailandia) y en América tropical (1).

2.2.12.2. Tronco y hojas

La palma africana tiene un tallo erecto (tronco) sin ramificaciones, que se ensancha ligeramente en su base. El tronco es de 30 a 60 cm de grosor, crece entre 35 y 70 cm por año, la palma africana puede alcanzar de 15 ó más metros de altura. Las bases de las hojas permanecen adheridas al tallo durante la mayor parte de su vida. En plantas adultas la corona esta conformada por unas 36 a 40 hojas compuestas (pinnadas), que se arreglan en forma de espiral alrededor del tronco. Cada hoja mide 5 a 8 metros y pesa 5 a 8 kg, y tiene 250 a 350 foliolos unidos al raquis, a su vez esta unido al tallo por el pecíolo. Cada hoja mide aproximadamente 12 metros cuadrados (1).

2.2.12.3. Sistema radical

El sistema radical de la palma africana es fibroso y concentrado en los primeros 30 a 40 cm del suelo, pero se puede extender lateralmente hasta 20 metros del tronco. Las raíces más gruesas o primarias (6 a 10 mm de diámetro). De estas raíces primarias, se originan otras de menor diámetro las secundarias, y luego las terciarias y cuaternarias, que son las encargadas de absorber agua y nutrientes del suelo (1).

2.2.12.4. Floración, frutos y racimos

Los botones florales son producidos en las axilas de cada hoja, y pueden originar una flor masculina o femenina. La palma africana es monoica, es decir produce tanto flores masculinas como femeninas. Sin embargo la polinización ocurre entre distintas palmas (polinización cruzada) (1).

Un racimo tiene 600 – 1500 frutos individuales, los cuales son de forma esférica a ovoide, y pardo en la punta y anaranjado de la parte media a hacia la base cuando están maduros. La longitud de los frutos individuales varía entre 3 y 5 cm y su peso es de 5 a 15 gramos. Entre la cáscara y la semilla se encuentra la pulpa o mesocarpio anaranjado. La semilla, se encuentra recubierta por una testa o cuesco fibroso muy duro (1).

2.2.12.5. Lluvia

La distribución de la lluvia a través del año, es más importante que la cantidad total. No obstante es difícil obtener buenos rendimientos en lugares con una precipitación inferior a 1800 mm, para la palma africana deben existir precipitaciones 2000 mm a 3500 mm anuales (1).

2.2.12.6. Temperatura y brillo solar

La palma africana crece bien dentro de un ámbito de temperaturas entre 22 y 32 grados centígrados. Y como norma general se considera que al menos cinco horas luz por día son necesarias para lograr un buen nivel de producción de racimos de fruta fresca (1).

2.2.12.7. Suelos y topografía

En el cuadro 1 se muestra las propiedades favorables, marginales, desfavorables donde puede ser sembrada la palma africana en una amplia gama de suelos tropicales. No obstante, las características edáficas adquieren mucha importancia en áreas con limitaciones de orden climático. Los mejores suelos son aquellos de alta fertilidad natural, profundos (1.5 metros), bien drenados, bien estructurados y de textura media a fina (1).

Para sembrar palma africana se deben seleccionar tierras planas, de pendiente suave o ligeramente onduladas (1). En lugares con pendientes pronunciadas al sembrar palma africana la producción es bastante baja (1).

2.2.12.8. Nutrición

En el cuadro 2 se muestran las propiedades químicas que necesita el suelo para el cultivo de palma africana. Se estima que para producir una tonelada de racimos, una palma debe obtener 4.6 kg de nitrógeno (3 kg salen en la fruta y 1.6 kg se usan para crecimiento vegetativo), 0.6 kg de fósforo (0.5 kg salen en la cosecha y 0.1 kg para crecimiento vegetativo), 6 kg de potasio y 1.3 kg de magnesio. Entonces para producir 25 toneladas de fruta fresca, se requieren 115 kg de nitrógeno, 15 kg de fósforo, 150 kg de potasio, y 32 kg de magnesio. Todo esto para satisfacer el crecimiento vegetativo y lo que es removido en la cosecha de 25 toneladas de fruta (1).

Cuadro 1. Propiedades de los suelos, favorables, marginales, desfavorables para el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis* jacq)

PROPIEDAD	FAVORABLE	MARGINAL	DESFAVORABLE
Pendiente	0 a 12 %	12% a 20%	Mayor 20%
Profundidad efectiva	0.75 m. ó más	0.40 a 0.75 m.	Menor 0.40 m
Textura	Franca o mas pesada	Franco arenoso	Arena franca o arena
Estructura y consistencia	Muy friable	Moderadamente friable	Extremadamente firme
pH Cmol más / litros	4.0 a 6.0	3.2 a 4.0	Menor 3.2
Permeabilidad	Moderada	Rapida o lenta	Muy rapida o muy lenta

Fuente: ASD de Costa Rica

Cuadro 2. Rangos de propiedades químicas del suelo para el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq)

PROPIEDAD		BAJO	MEDIO	ALTO
pH	C mol(+)/L	< 5.5	5.6 - 6.5	> 6.5
Ca		< 4	4 - 20	> 20
Mg		< 1	1 - 5	> 5
K		< 0.2	0.2 - 0.6	> 0.6
CICE		< 5	5 - 25	> 25
P		< 10	10 - 20	> 20
Fe	mg/L	< 10	10 - 100	> 100
Cu		< 2	2 - 20	> 20
Zn		< 2	2 - 10	> 10
Mn		< 0.5	0.5 - 3.0	> 3.0
B		< 20	20 - 50	> 50
M.O		%	< 5	5 - 10

Fuente: Fedepalma de Colombia

CICE = Capacidad de intercambio catiónico efectiva

M.O = Materia orgánica

> = Mayor

< = Menor

% = Porcentaje

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. GENERAL

- A. Realizar un estudio edafológico de clasificación por capacidad – fertilidad del suelo en el área de la finca El Chapín, de el municipio de El Estor, Izabal.

2.3.2. ESPECÍFICOS

- A. Clasificar el suelo en categorías de capacidad – fertilidad, mediante el estudio de las características físicas y químicas, por la metodología sugerida por Boul, S.W. (1990).
- B. Determinar los factores edáficos, limitantes de la fertilidad del suelo de acuerdo a la clasificación por capacidad - fertilidad.
- C. Registrar la información mediante la elaboración de mapas temáticos.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. Fase inicial de gabinete

2.4.1.1. Recopilación y análisis de información sobre el área de estudio

Esta etapa se realizó con el fin de tener conocimiento general del área llevando a cabo una revisión documental con información acerca del área de estudios tales como: Mapas de la base de datos de la finca, diagnósticos, mapas temáticos, cartográficos y fotografías aéreas.

2.4.1.2. Elaboración del mapa de unidades fisiográficas

Mediante técnicas de fotointerpretación se definieron y se delimitaron las unidades fisiográficas, con el fin de conocer los componentes fisiográficos, suelo, topografía, clima y hidrografía.

2.4.1.3. Elaboración del mapa base

Luego de haber distribuido las diferentes unidades fisiográficas se digitaliza el mapa en el programa Arview versión 3.3.

2.4.2. Fase de campo

2.4.2.1. Verificación de los límites de las unidades fisiográficas

- A. A través, de caminamientos se hicieron observaciones de drenaje y pedregosidad.
- B. Se hicieron barrenamientos para medir la profundidad efectiva del suelo.
- C. Se midieron pendientes máximas utilizando una cinta métrica, y un nivel de mano.

2.4.2.2. Toma y preparación de muestras de suelo

En la Figura 3, se muestra la toma de muestras se llevo a cabo con un diseño de muestreo en zig – zag en los 43 pantes de la finca tomando dos submuestras por hectárea a profundidades de (0 a 0.20 y 0.20 a 0.40 m.), por ejemplo si un pante mide 40 hectáreas se obtenían 20 submuestras luego se homogenizado para tomar un peso aproximado de 600 gramos, las cuales son enviadas para los análisis físicos y químicos.

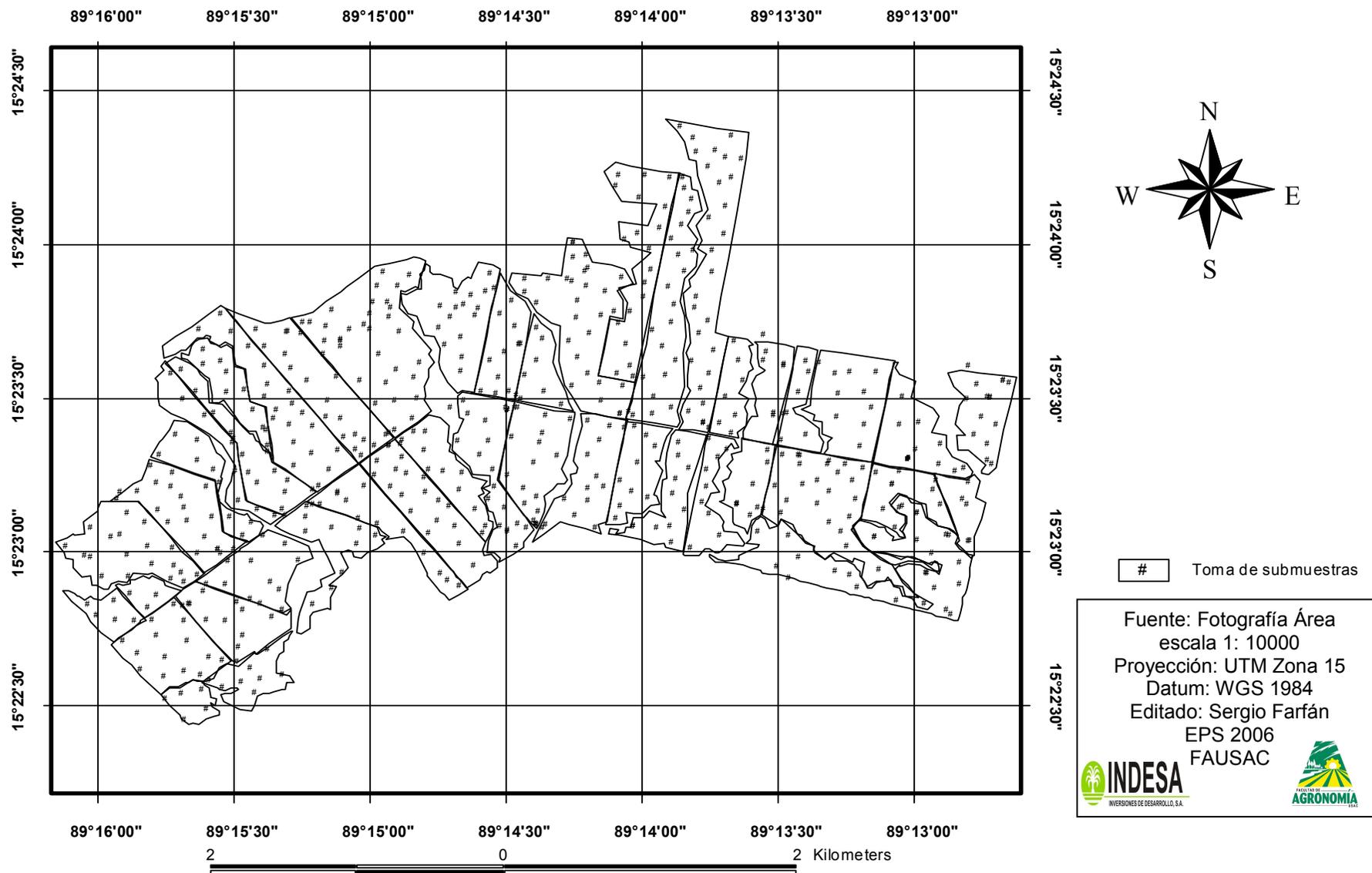


Figura 3. Puntos de toma de submuestras de suelo de cada uno de los pantes de la finca.

2.4.2.3. Fase de laboratorio

Las muestras de suelo son enviadas al laboratorio de Soluciones Analíticas en la ciudad capital. Las propiedades que se determinaran en esta fase corresponden en parte a los indicadores que se asignaron para la evaluación de los parámetros útiles en el estudio y se presentan a continuación en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis desarrollados a nivel de laboratorio.

PARAMETRO	METODOLOGIA
pH	Extracción con agua, relación 1:2, determinación potenciométrica.
Materia organica	Oxidación con dicromato de potasio y determinación por volumetría redox. Walkley-Black.
K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn.	Extracción con solución de Mehlich III, relación 1 : 10 de determinación por espectrofotometría de emisión atómica. (ICP).
P	Extracción con solución de Mehlich III, relación 1 : 10 de determinación por espectrofotometría visible.
Na	Extracción con solución de Mehlich III, relación 1 : 10 de determinación por espectrofotometría de emisión atómica. Absorción atómica
Al	Extracción con cloruro de potasio 1M., relación 1: 10 Determinación por volumetría de neutralización.
S	Extracción con Mehlich III, relación 1:5. Determinación turbidimétrica (por espectrofotometría visible).
CICE	suma de bases más aluminio extraído KCL 1N
Textura	Hidrometro de Bouyouccus

Fuente: Laboratorio de soluciones analíticas

CICE = Capacidad de intercambio catiónico efectiva

2.4.3. Fase de gabinete final

- A. Recepción de análisis físicos y químicos.
- B. Tabulación de datos de análisis físicos y químicos.
- C. Interpretación de resultados.
- D. Elaboración de mapas temáticos en el programa Arview versión 3.3.
- E. Mapa de capacidad – fertilidad
- F. Mapa de pendientes
- G. Mapa de pedregosidad
- H. Mapa profundidad efectiva
- I. Mapa de drenaje
- J. Mapa clases texturales

- K. Mapa reacción del suelo
- L. Mapa capacidad de intercambio cationico efectiva
- M. Mapa de potasio en el suelo
- N. Mapa de toxicidad de aluminio

2.4.4. Procesado de la información

Al finalizar la edición de los mapas temáticos producto del análisis directo de los parámetros considerados en el estudio, se proceso la información del comportamiento del suelo de acuerdo a ubicación y áreas de influencia. Se procedió a formular recomendaciones de uso, de acuerdo en análisis específicos realizados a nivel de laboratorio y observaciones de campo.

2.4.5. Elaboración del informe final

Se elaborò el informe final con la información acerca de la cartografía de los indicadores de clasificación del área en estudio, de cumplir con los objetivos planteados para el mismo, donde se incluyó información de mapas temáticos, conclusiones y recomendaciones del estudio.

2.5. RESULTADOS

2.5.1. Unidades fisiográficas

De acuerdo a la metodología planteada se obtuvo inicialmente el análisis fisiográfico y paisajístico, el cual resume en el cuadro 4.

Cuadro 4: Unidades Fisiográficas Finca El Chapín

Region Fisiografica	Region Bioclimatica	Gran Paisaje	Paisajes	Subpaisajes	Codigo	Area (Has)	Area %
Tierra de las Llanuras de la Inundación del Norte.	Bosque muy humedo subtropical calido bmh- S(c)	Planicie Coluvio Aluvial del Rio Polochic	Planicie del Lago de Izabal	Planicie	A1	1052.11	93.4
			Altiplanicie del Lago de Izabal			Cimas onduladas	A2
						TOTAL	

Área (Has) = Área Hectáreas

Área % = Área porcentaje

A1 y A2 = Código del área fisiográfica

El área de estudio presenta de laderas con pendientes pronunciadas, hasta planicies del lago de Izabal ya que estas son drenadas por los ríos Cañas, Chapín, Balandras ambos desembocan en el Lago de Izabal. Se puede observar en la figura 4.

El territorio está compuesto por rocas antiguas pertenecientes al periodo Terciario superior al Cuaternario actual, principalmente son una secuencia de rocas metamórficas y rocas sedimentarias carbonatadas de esquistos, caolinitas, gneis, cuarcitas. Desde el punto de vista geológico estas áreas comprenden principalmente aluviones del Cuaternario (15).

2.5.2. Factores modificadores

2.5.2.1. Distribución de los rangos de pendiente en el área de estudio

De acuerdo a la pendiente se puede indicar en el Cuadro 5, que el 6.6 % del área presenta una pendiente pronunciada, lo que propicia la conservación del suelo mediante practicas sencillas que disminuyan la erosión hídrica. Del mismo modo estas pendientes permiten la utilización productiva de palma africana. Y el 93.4 % del área presenta una pendiente que va de plana a ondulado, se encuentra en la parte baja de la antes mencionada. Se puede observar en la figura 5 la distribución.

Cuadro 5: Distribución de la pendiente área de estudio

Rangos de pendiente	Área (hectáreas)	Área porcentaje
0 a 12 %	1052.11	93.4
12 a 26 %	74.33	6.6
TOTAL	1126.44	100

Fuente: Medición a nivel de campo.

2.5.2.2. Factor profundidad efectiva del suelo

En el Cuadro 6 se indica la profundidad efectiva del suelo son tangibles las limitaciones existentes, los niveles más bajos se observan donde se presentan los rangos altos de pendiente, propiciando el lavado y deposición de la capa superficial hacia las áreas más bajas del terreno, además se observa donde se cuenta con la presencia de pedregosidad interna la profundidad efectiva es baja. La mayor parte del área de estudio los suelos son profundos, condiciones mencionadas, donde indican que los suelos de esta región son suelos profundos. Se puede observar su distribución en la figura 6.

Cuadro 6: Comportamiento de la profundidad efectiva

Profundidad del suelo (cm)	Área (hectáreas)	Área porcentaje
0 a 50	74.33	6.6
Mayor 90	1052.11	93.4
TOTAL	1126.44	100

Fuente: Medición a nivel de campo

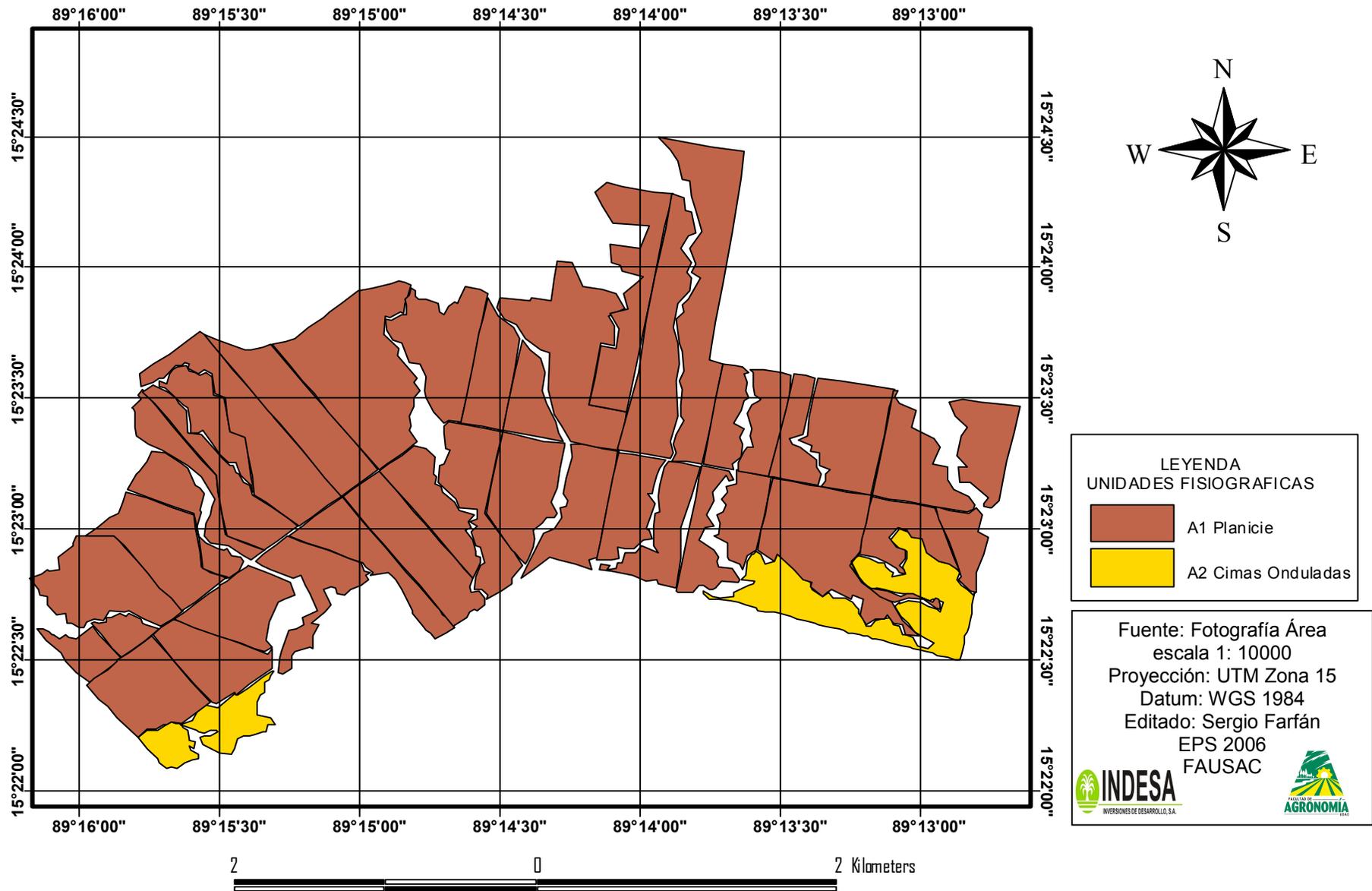


Figura 4. Mapa de unidades fisiográficas

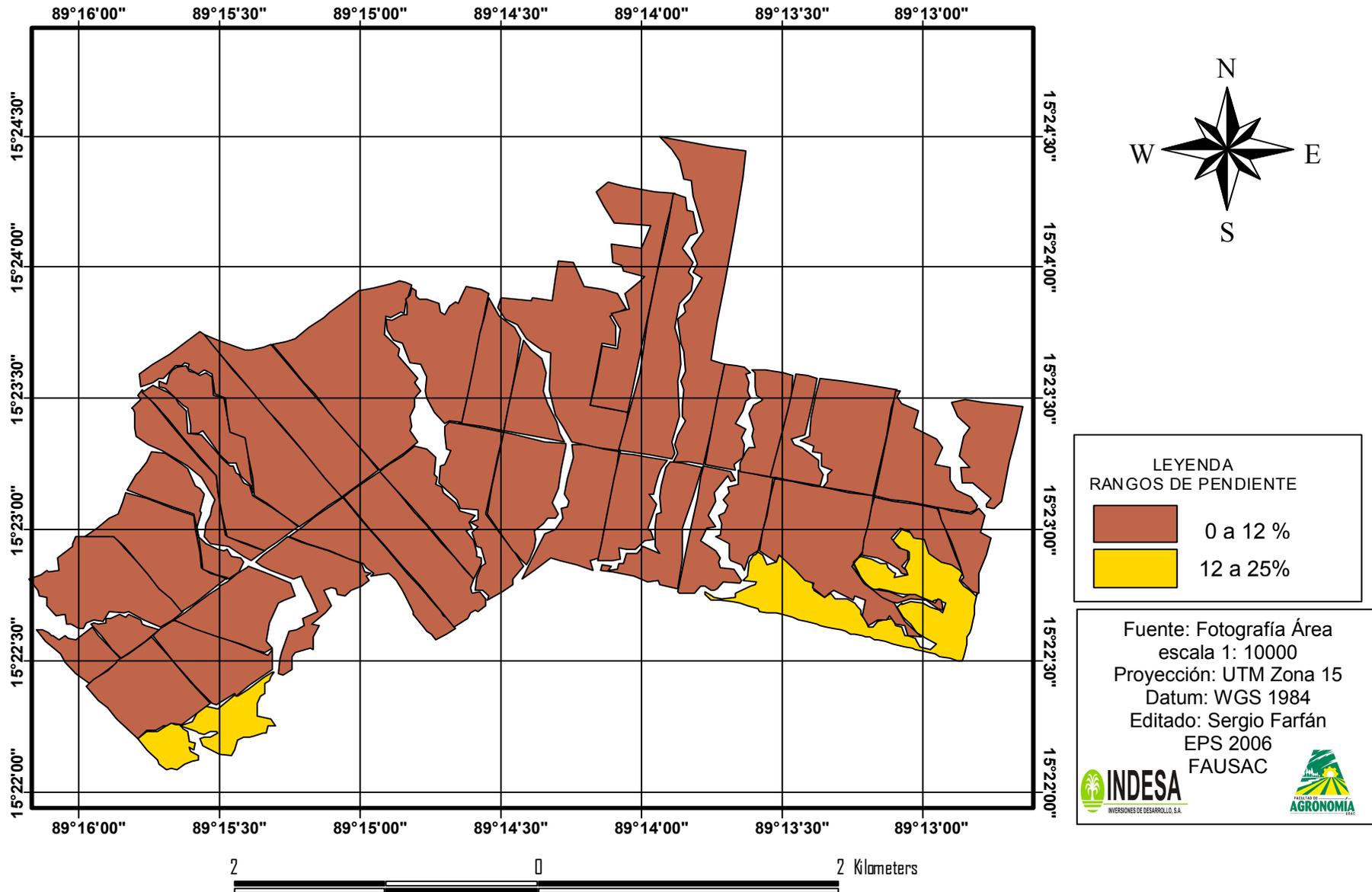


Figura 5. Mapa de rangos de pendientes.

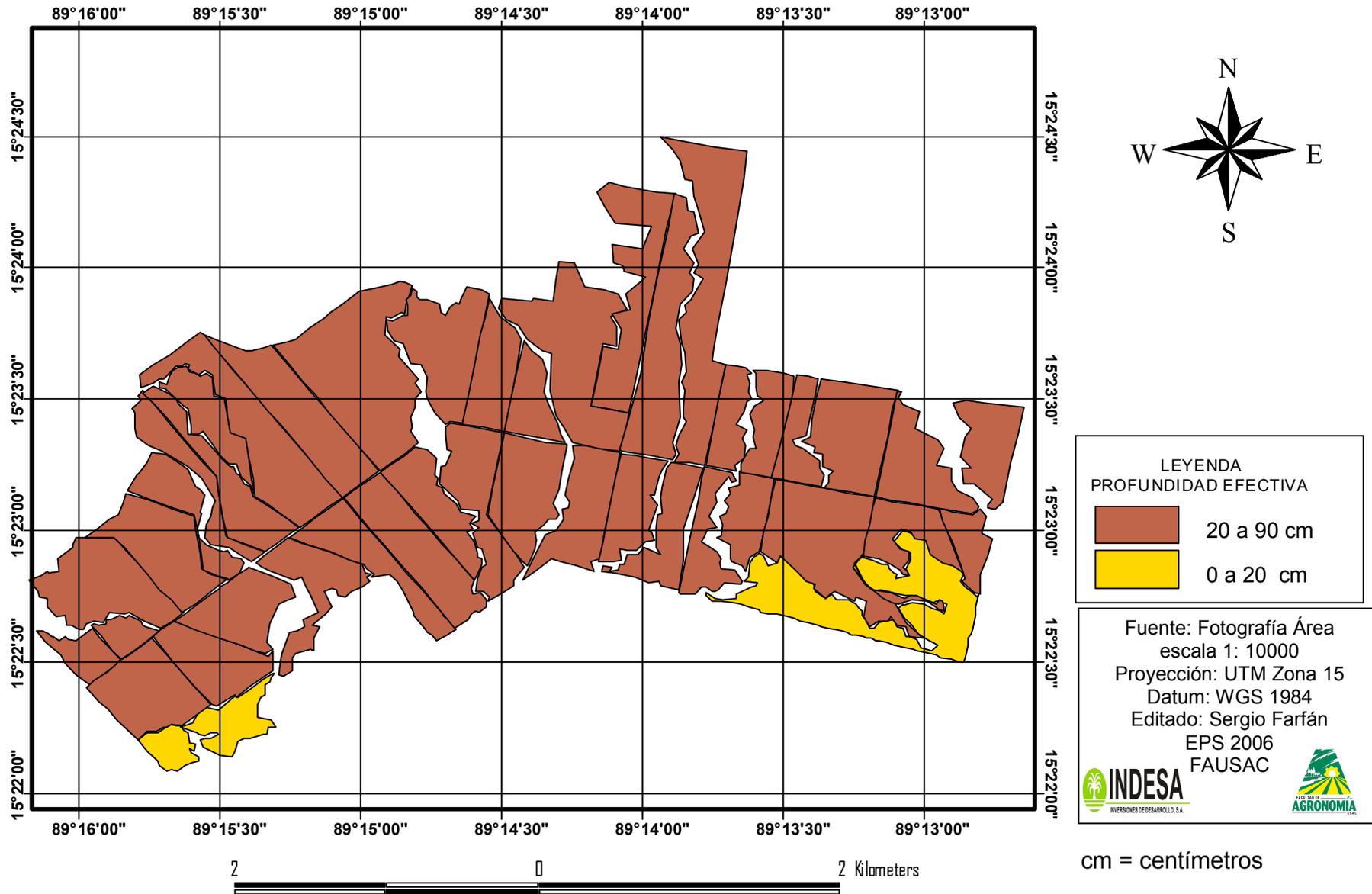


Figura 6. Mapa de profundidad efectiva del suelo.

2.5.2.3. Factor modificador pedregosidad

En el cuadro 7 se indica el factor pedregosidad existe una presencia superficial e interna de materiales pedregosos es limitante la operación del suelo y el desarrollo del sistema radicular de la palma africana, esta área esta constituidas en un 6.6% del área total, un 93.4% del área total no presenta limitaciones del factor pedregosidad, se puede observar en la figura 7.

Cuadro 7: Pedregosidad del área de estudio

Nivel de pedregosidad	Área (hectáreas)	Área porcentaje
Limitante	74.33	6.6
No limitante	1052.11	93.4
TOTAL	1126.44	100

Fuente: Observaciones a nivel de campo.

2.5.2.4. Factor modificador de drenaje.

En el Cuadro 8 se muestra el factor drenaje tiene problemas de anegamiento en 30 hectáreas que equivale a 2.66% del área y 1,096.44 hectáreas no tiene problemas de anegamiento ya que esto equivale a 97.34% del área. como se puede observar en la figura 8.

Cuadro 8: Drenaje en el suelo.

Drenaje	Área (hectáreas)	Área porcentaje	Número palmas afectadas
Anegamiento	30	2.66	4290
No anegamiento	1096.44	97.34	0
TOTAL	1126.44	100	4290

Fuente: Observaciones a nivel de campo.

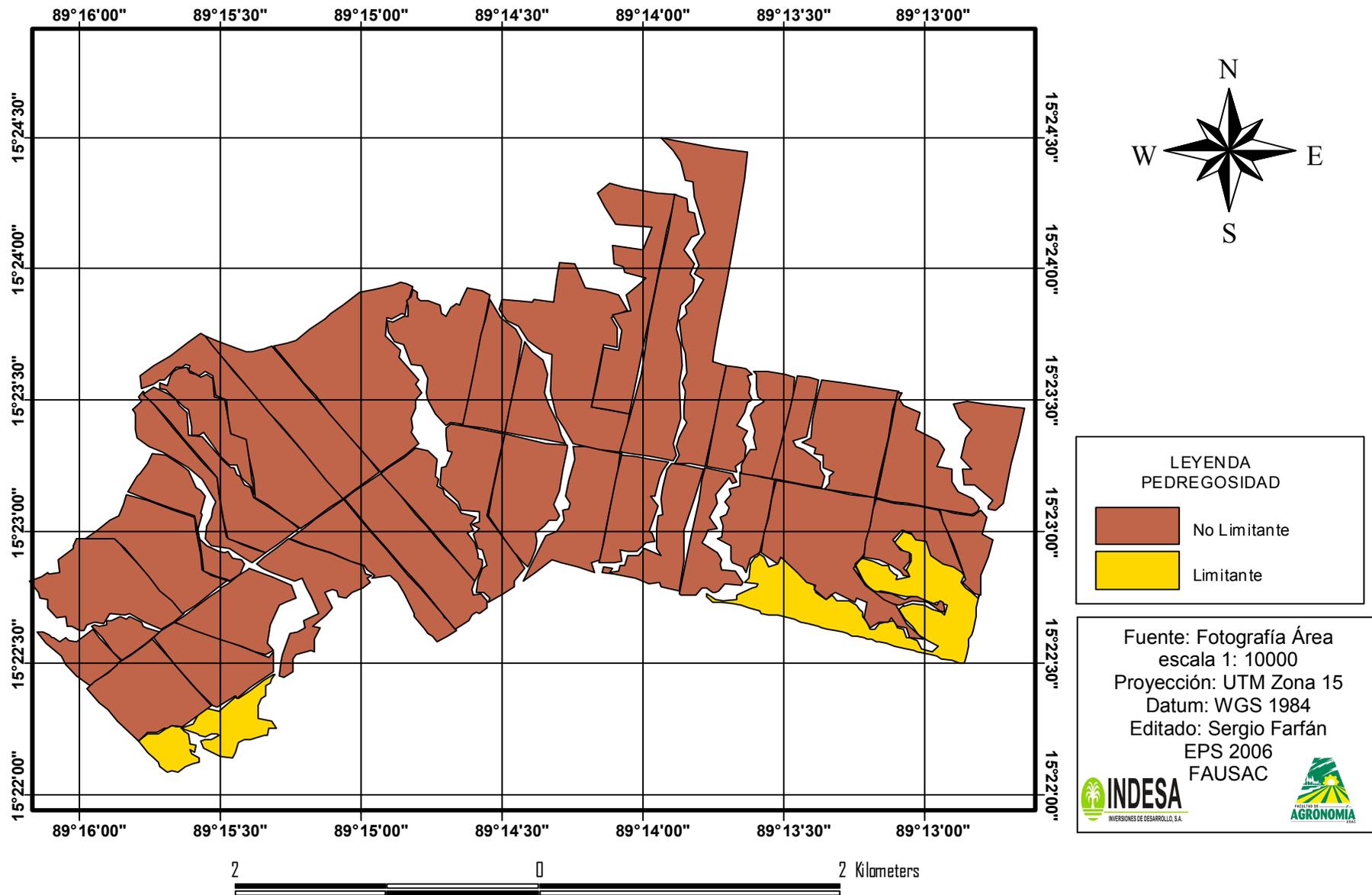


Figura 7. Mapa de pedregosidad

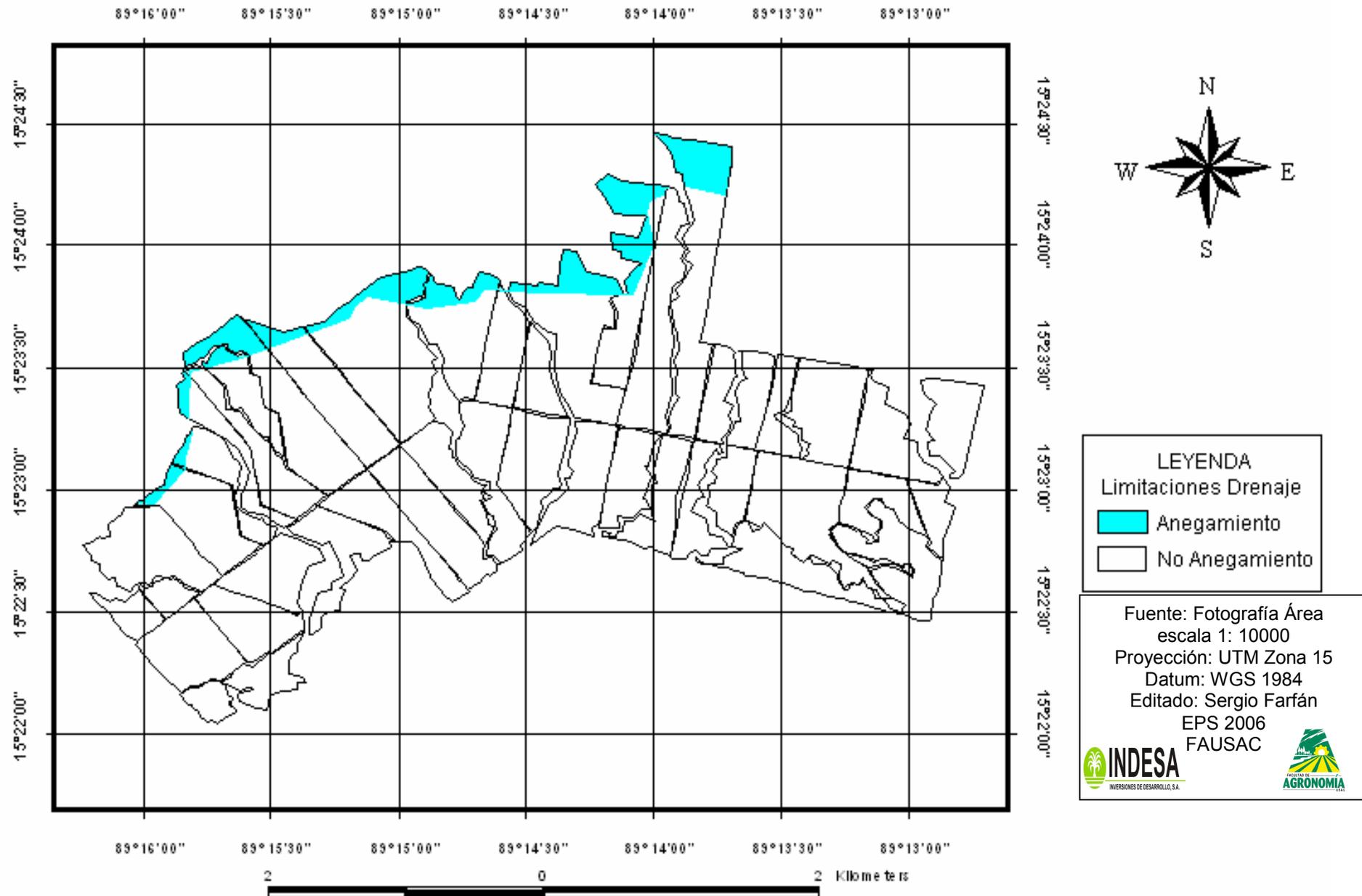


Figura 8. Mapa de limitaciones de drenaje

2.5.3. Determinación de la capacidad – fertilidad

Se analizaron los resultados del laboratorio, y los obtenidos por inspección visual a nivel de campo y se compararon con los indicadores citados por S. W. Boul en la metodología para la determinación de la capacidad – fertilidad del área. Luego de realizado el análisis fisiográfico del área y obtenidos los resultados de laboratorio se procedió a visualizar el comportamiento textural a nivel de suelo y subsuelo, para asignar las categorías de tipo y subtipo del área de estudio.

2.5.3.1. Distribución de las clases texturales

El Cuadro 9 se muestra la distribución de la clase textural franco arcilloso a nivel superficial y subsuelo abarcan un área de 91.59 %. Las áreas que presentan la clase textural arcillosa a nivel superficial y nivel de subsuelo es de un 6.6 %, estas se encuentran en pendientes pronunciadas. Las áreas que presentan clase textural franco arcillo arenoso a nivel superficial y subsuelo ocupan una área de 1.81%, se encuentran cerca del río Cañas, ver en la figura 9 el área de color gris.

2.5.3.1. Distribución de las clases texturales.

Cuadro. 9. Categorías de distribución textural del área de estudio.

Superficial	Categoría subsuelo	Código	Área hectáreas	Área porcentaje
Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	LC	1031.67	91.59
Arcilloso	Arcilloso	C	74.33	6.60
Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	LCS	20.44	1.81
Total			1126.44	100

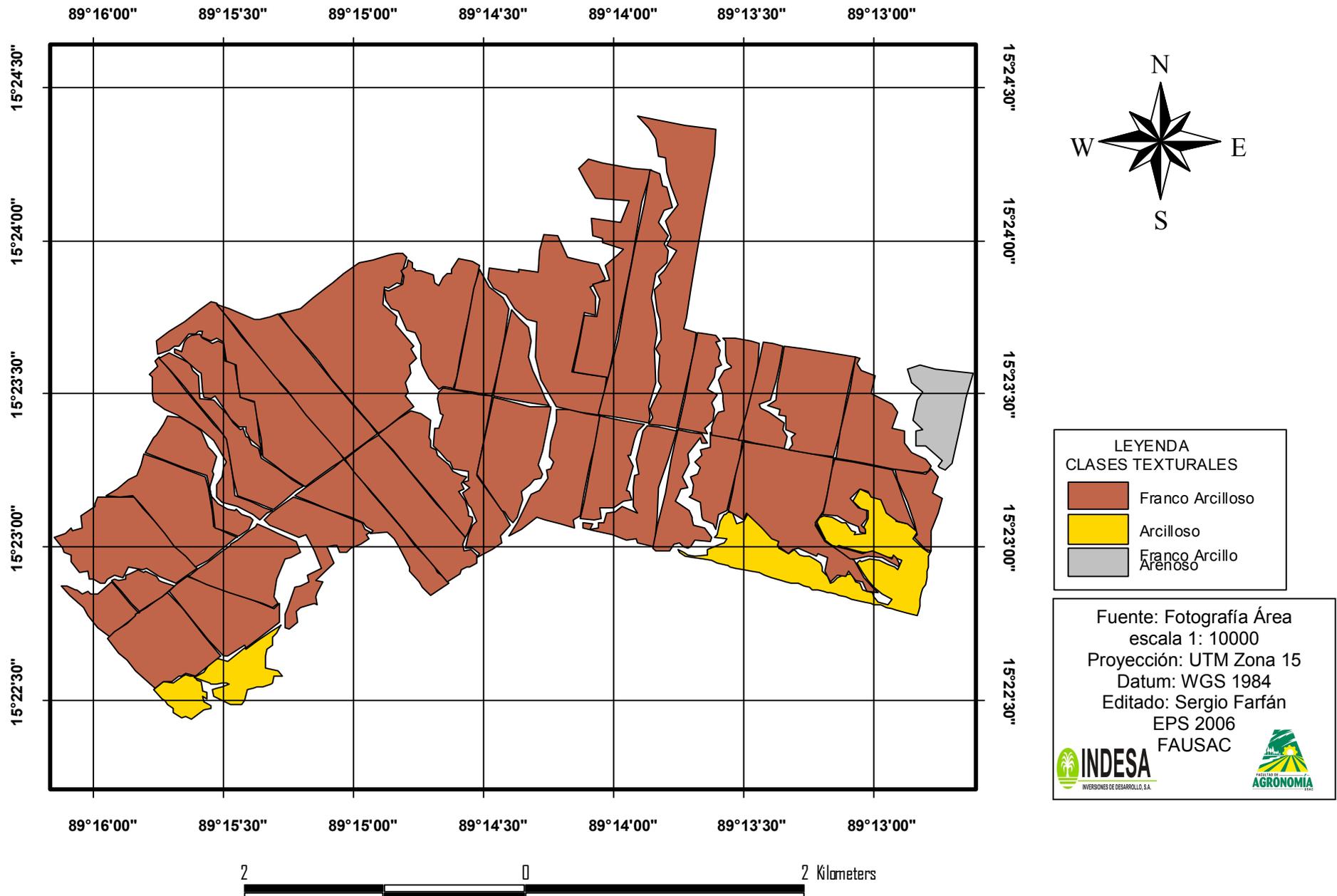


Figura 9. Mapa de Clases Textural

2.5.3.2. Modificadores químicos del suelo

En cuanto a los factores modificadores se hizo una comparación de los resultados obtenidos con los indicadores de la metodología que se muestran en los Cuadros 10,11, 12, 13, para conocer la presencia o ausencia de limitantes en materia de fertilidad según lo expuesto por S. W. Boul (4).

Cuadro 10. Indicador de reacción del suelo.

Modificador de acidez (h)	Área hectáreas	Área porcentaje
Acido (pH 4 - 6)	1126.44	100
Neutro (pH 6.0 - 7.0)	0	0
Total	1126.44	100

Cuadro.11. Indicador del Comportamiento Capacidad de Intercambio Cationico Efectiva

Modificador CIC.e (e)	Área hectáreas	Área porcentaje
Bajo (menor 4 meq / 100 gr)	1126.44	100
Adecuado (mayor 4 meq / 100 gr)	0	0
Total	1126.44	100

Cuadro. 12. Indicadores del comportamiento de potasio Intercambiable.

Modificador potasio (k)	Área hectáreas	Área porcentaje
Bajo (menor 0.2 meq / 100 gr)	1113.58	98.86
Adecuado (mayor 0.2 meq / 100 gr)	12.86	1.14
Total	1126.44	100

Cuadro.13. Indicadores de Toxicidad de Aluminio

Modificador aluminio (a)	Área hectáreas	Área porcentaje
Toxicidad mayor 60 % de saturación de aluminio	297.9	26.45
No toxicidad menor 60 % de saturación de aluminio	828.54	73.55
Total	1126.44	100

Luego de visualizar el comportamiento de cada uno de los modificadores, se puede observar en la Figura 10, se presentan problemas de reacción acida en un 100 % del área a causa de las altas precipitaciones, se da el lavado de las bases y presentan texturas franco arcillosos.

Se puede observar en la Figura 11, el comportamiento de la Capacidad de Intercambio Cationico Efectiva se encuentra en un rango bajo (menor 4 meq/100g) en una área del 100%.

En la Figura 12, el Potasio Intercambiable presenta limitaciones de (menor 0.2 meq/ 100 gr), ya se encuentra en baja disponibilidad el 98.86% del área.

En la Figura 13, el comportamiento toxicidad de aluminio presenta limitaciones en una área de 26.45% del área que equivale a (297.9 hectáreas) ya que se encuentra en un nivel de mayo 60% de saturación de aluminio en el suelo.

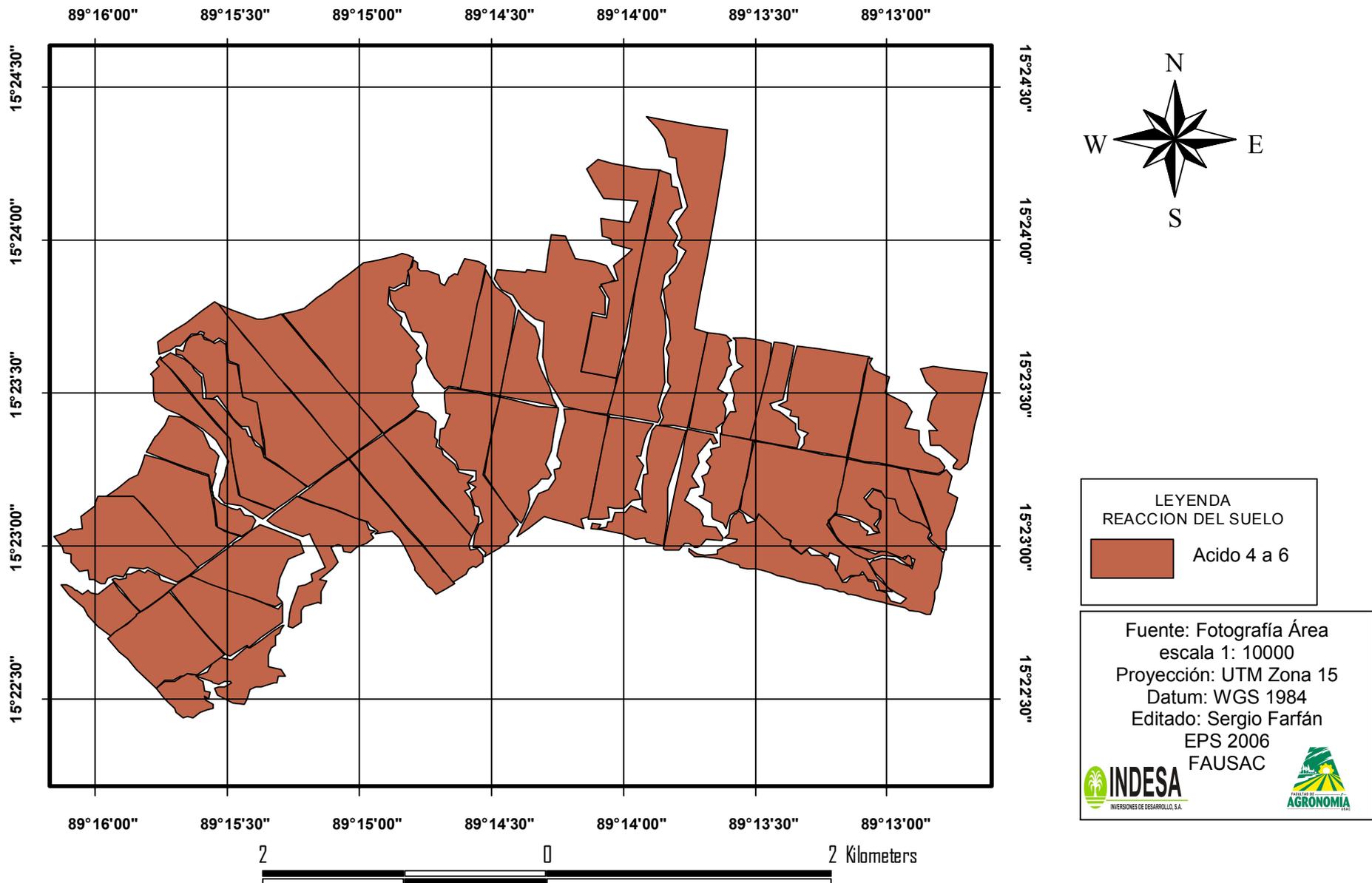


Figura 10. Mapa de Reacción en el Suelo.

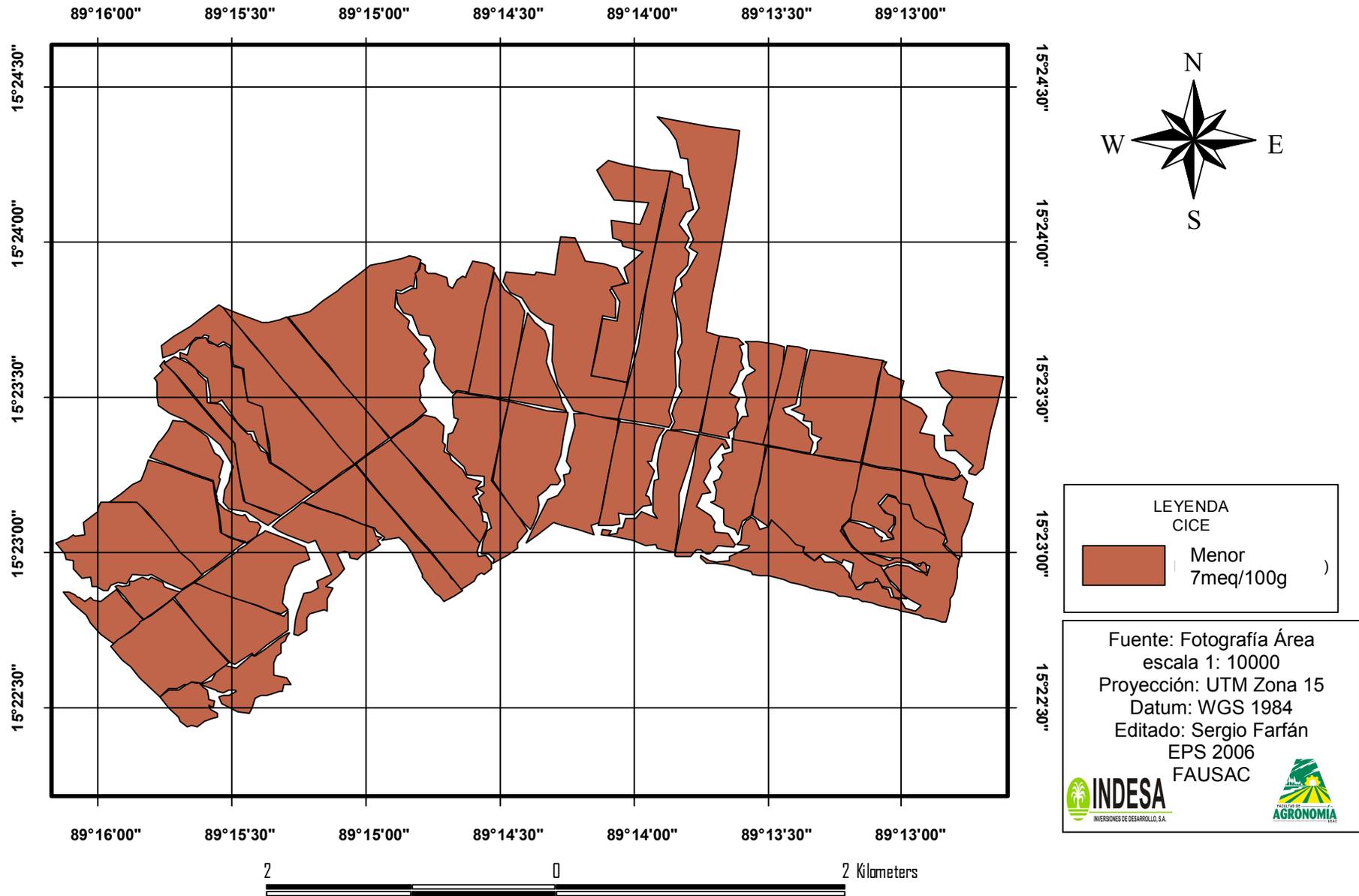


Figura 11. Mapa de Capacidad de Intercambio Cationico Efectiva

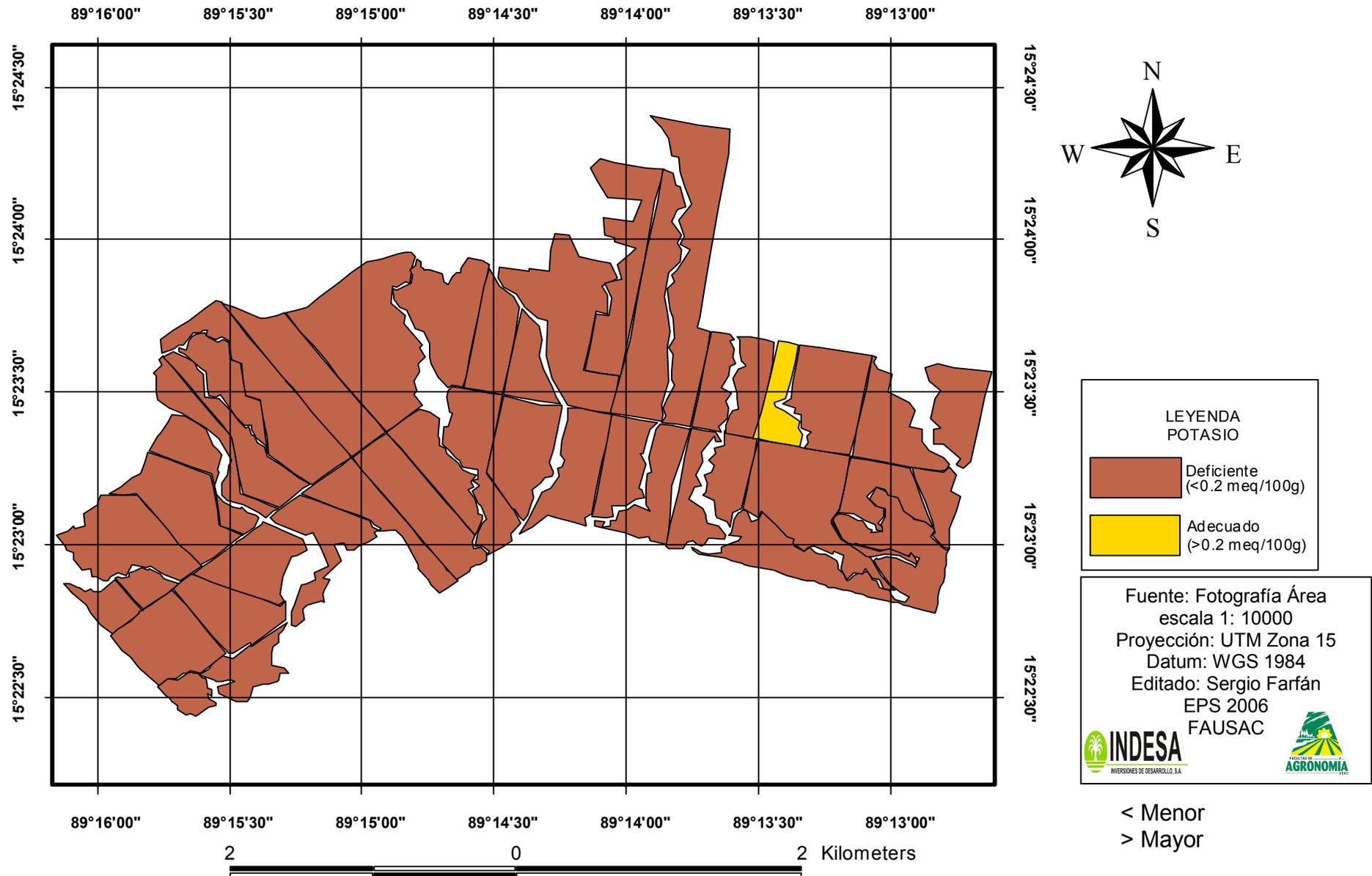
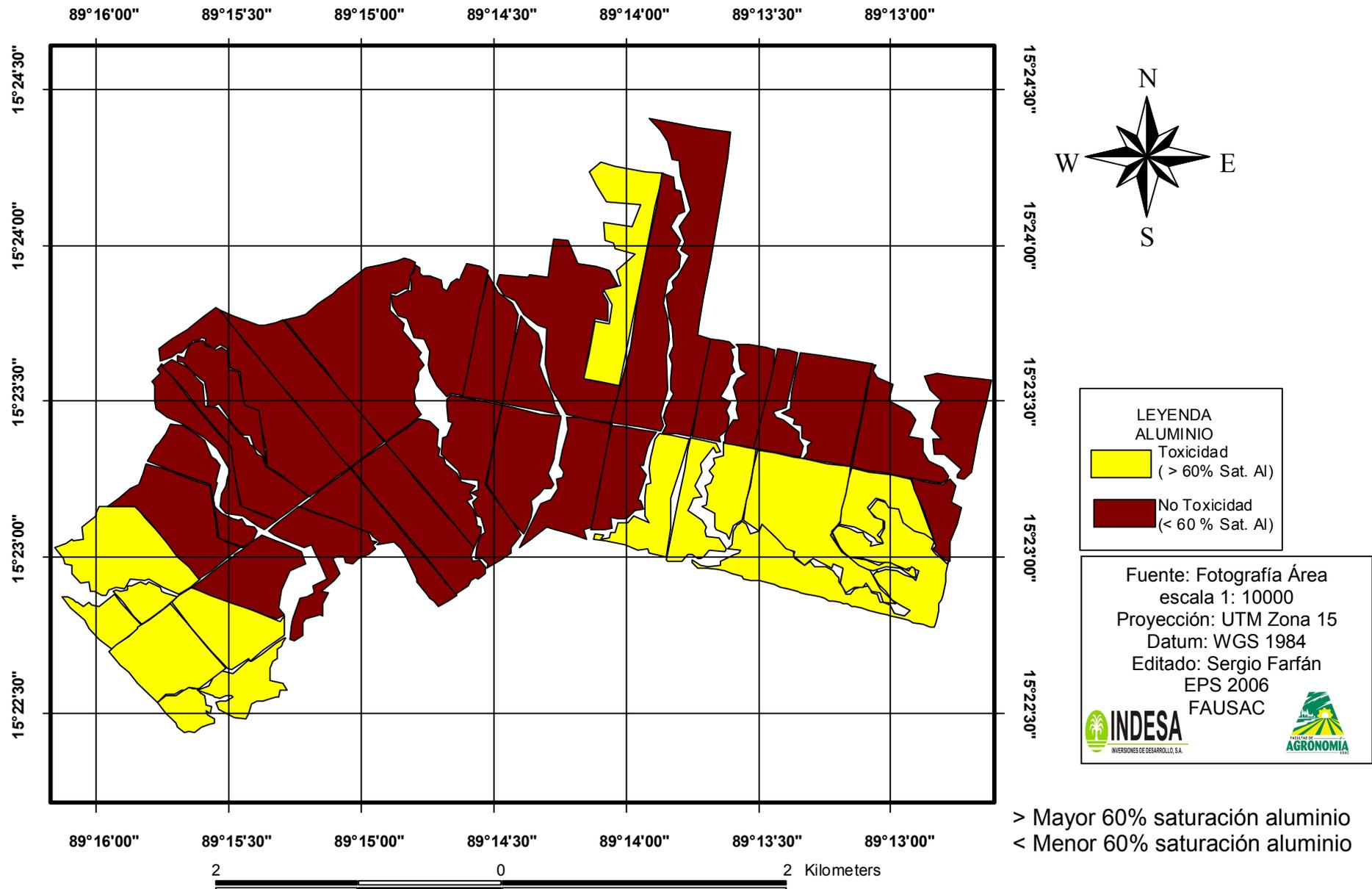


Figura 12. Mapa de disponibilidad de Potasio en el suelo



> Mayor 60% saturación aluminio
 < Menor 60% saturación aluminio

Figura 13. Mapa de disponibilidad de aluminio en el suelo

2.5.4. Descripción de las unidades de Capacidad – Fertilidad

Se identificaron 5 categorías de las cuales se puede observar su comportamiento en la Figura 14, la información tabular de esta se presenta en el cuadro 14 y la distribución geográfica se realizara en mapas.

Cuadro. 14. Categorías de capacidad – fertilidad de los suelos del área.

Categorías de capacidad - fertilidad	Área hectáreas	Área porcentaje
LChc	12.86	1.14
Cahke	74.33	6.61
LChke	773.35	68.65
LCahke	245.46	21.79
LCSHke	20.44	1.81
Total	1126.44	100

Fuente: Interpretación de análisis de laboratorio y observaciones de campo.

- A. LChc:** Esta categoría representa un 1.14% del área de estudio que equivale a 12.86 hectáreas y su localización se ubica en el pante 1-4. Presenta una textura Franco arcillosa a nivel superficial y en el subsuelo, con limitaciones acidez en el suelo y baja capacidad de intercambio cationico efectiva (CICE). Se identifica el área de color rojo en la Figura 14.
- B. Cahke:** Representa un 6.60% del área de estudio que equivale a 74.33 hectáreas en el pante de las indonesias y malasias, se ubican en la figura 14 de color azul. Presenta una textura Arcillosa superficial y subsuelo con limitaciones Toxicidad de aluminio, acidez del suelo, potasio intercambiable deficiente, CICE baja.
- C. LChke:** Representa una cobertura de 773.35 hectáreas que equivale al 68.65.% del área de estudio pantes 1-2 al 1-6,2-1, 2-3, 2-5,2-6,2-8, 2-9,3-1,3-2, 3-3 al 3-8,3-9, 4-1, 4-2 al 4-9, se ubican de color gris en la figura 14, presentan una textura Franco arcilloso a nivel superficial y subsuelo las siguientes limitaciones de acidez, potasio intercambiable, baja CICE.

- D. LCahke:** Sus características son similares a la anterior presentan una textura Franco arcilloso a nivel superficial y subsuelo, tiene una cobertura de área de 245.46 hectáreas que equivale al 21.79 % del área de estudio y se ubican en la figura 14 de color amarillo los pantes 1-7, 1-8, 1-9,2-2, 2-4, 2-7, 4-10 al 4 -14, presenta las siguientes limitaciones toxicidad de aluminio, acidez en el suelo, bajo potasio intercambiable, baja CICE.
- E. LCSHke:** Presenta una textura Franco arcilloso arenoso superficial y subsuelo representa un área de 20.44 hectáreas, las siguientes limitaciones acidez del suelo, potasio intercambiable, baja CICE, se ubica en la figura 14 de color verde en el pante 1-1 cerca del río Cañas, cuando aumenta su caudal tiende a dejar rastros de limos y arenas así mejorando la estructura de dicha categoría.
- F. g :** Se muestra en el Cuadro 15 que el modificador nos indica que el suelo se encuentra saturado con agua más de 60 días causa anegamientos en el suelo, dentro este modificador se encuentra influenciadas las categorías LChke afecta los pantes 4-9,4-7,4-4,4-3,4-1,3-8,3-6,3-5,3-3,3-1,2-8,2-5,2-3. LCahke afectada por el pante 2-7. Se encuentran ubicadas al Norte de la finca en la figura 14 se identifica de color celeste. El total de área afectada por este modificador es de 30 hectáreas que equivale a 2.66% del área de la finca, donde se encuentran afectadas 4290 plantas de palma africana así retrasando su desarrollo fenológico.

Cuadro 15. Modificador (g) Suelo saturado con agua más de 60 días.

Drenaje	Área (hectáreas)	Área porcentaje	Número palmas afectadas
Suelo saturado agua mas de 60 días	30	2.66	4290
Suelo no saturado	1096.44	97.34	0
TOTAL	1126.44	100	4290

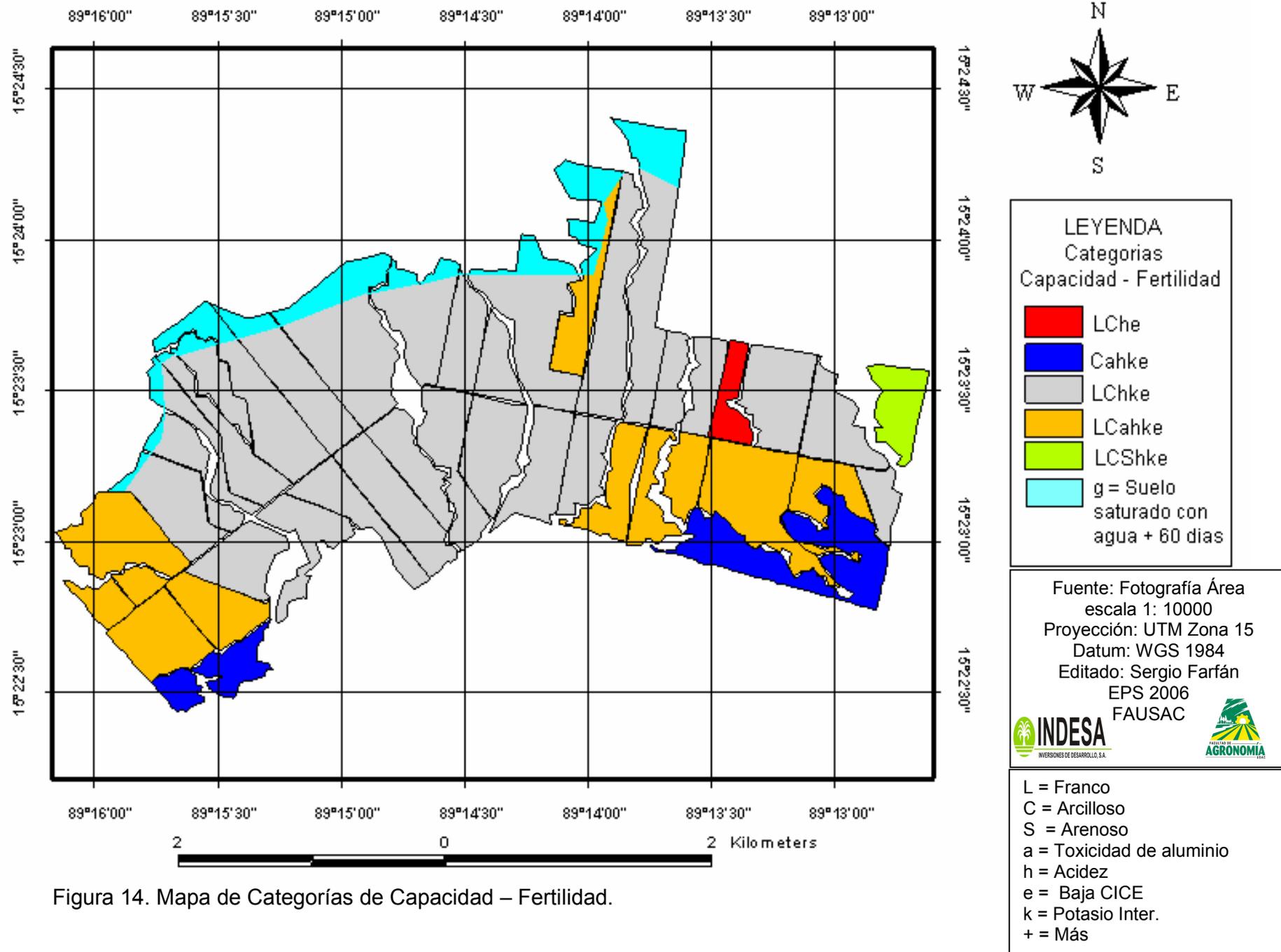


Figura 14. Mapa de Categorías de Capacidad – Fertilidad.

2.5.5. Descripción de las categorías de capacidad – fertilidad en relación a la producción

A continuación en el Cuadro 16 se resume como las categorías de capacidad – fertilidad tienen relación en la producción.

Cuadro 16. Categorías de capacidad – fertilidad distribuida en los pantes de la finca.

Categorías	Area (hectareas)	Area porcentaje	Toneladas metricas por hectarea	Pante
LChke	12.86	1.14	37.52	1-4
Cahke	74.33	6.6	9.29	Indonesia, Malasias
LChke	773.35	68.65	23.67	1-2,1-3,1-5,1-6,2-1,2-3,2-5,2-6, 2-8,2-9,3-3 al 3-8,4-1 al 4-9
LCahke	245.46	21.79	21.89	1-7,1-8,1-9, 2-2,2-4, 2-7, 3-2,4-10 al 4-14
LCShke	20.44	1.81	48.05	1-1
Total	1126.44	100		

- A. LChke:** Esta categoría representa un 1.14% del área de estudio equivale a 12.86 hectáreas y su localización se ubica en la figura 14 de color rojo en el pante 1-4. Presenta una textura Franco arcillosa a nivel superficial y en el subsuelo (arcilla 33 %, limo 30%, arena 35%) con limitaciones acidez en el suelo con rangos de (pH 5.5) y baja capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE) con un rango de (2.2 meq/100 g). Se encuentra en una fisiografía plana, buen drenaje, con una producción de 37.54 toneladas métricas por hectárea.
- B. Cahke:** Representa un 6.60% del área de estudio que equivale a 74.33 hectáreas y se identifican en la figura 14 de color azul, el pante de las indonesias y malasias. Presenta una textura Arcillosa superficial y subsuelo (arcilla 43%, limo 28%, arena 30%) con limitaciones (saturación de aluminio 73.6%), acidez del suelo de (pH 4.9),potasio intercambiable deficiente (0.103 meq/ 100g),capacidad de intercambio catiónico efectiva (3.7 meq/ 100g). Se encuentra en una pendiente pronunciada (12% a 25 %), presenta una profundidad efectiva de (0 a 50 m.). presenta una producción de 9.29 toneladas métricas por hectárea.
- C. LChke:** Representa una cobertura de 773.5 hectáreas que equivale al 68.65% del área de estudio y se ubican de color gris en la figura 14, los pantes 1-2,1-3,1-5, 1-

6,2-1, 2-3, 2-5, 2-6,2-8,2-9 3-3 al 3-8, 4-1 al 4-9. presentan una textura Franco arcilloso a nivel superficial y subsuelo (arcilla 30%, limo 31%, arena 39% a arcilla 35%, limo 28%, arena 38%) con limitaciones acidez en el suelo con (pH 4.9 a 4.5), potasio intercambiable de (0.103 meq/100g), baja capacidad de intercambio catiónico (2.7 meq/ 100g a 2.8 meq/ 100g). Presenta una producción de 27.67 toneladas métricas por hectárea. Se encuentra en un área con fisiografía plana, algunas áreas al Norte presentan anegamientos.

D. LCahke: Presenta una textura Franco arcilloso a nivel superficial y subsuelo (arcilla 35%, limo 31%, arena 34% a arcilla 38%, limo 35%, arena 28%) , tiene una cobertura de área de 245.46 hectáreas que equivale al 21.79% del área de estudio y se ubica en la figura 14 de color amarillo, los pantes 1-7,1-8,1-9, 2-2, 2-4, 2-7, 3-2, 3-2, 4-10 al 4-14 presenta las siguientes limitaciones toxicidad de aluminio (saturación de aluminio 64.2% a 75.2%) , acidez en el suelo de (pH 4.6 a 4.3) , bajo potasio intercambiable (0.138 meq/100g a 0.103 meq/100g) , baja capacidad de intercambio catiónica efectiva (2.5 meq/ 100g a 2.7 meq/100g). Se encuentra en una fisiográfica plana, con una producción de 21.89 toneladas métricas por hectárea.

E. LCSHke: Presenta una textura Franco arcillo arenoso superficial y subsuelo (arcilla 30%, limo 24%, arena 46%), presenta un área de 20.44 hectáreas las siguientes limitaciones acidez del suelo (pH 5.0), potasio intercambiable (0.111 meq/100g), baja capacidad de intercambio catiónico efectiva (3.2 meq/ 100g). Esta categoría se encuentra en el pante 1-1 con una fisiográfica plana cercana del río Cañas cuando aumenta su caudal tiende a dejar rastros de limos y arenas así mejorando la estructura de dicha categoría. Mantiene una producción de 48.05 toneladas métricas hectárea.

2.6. CONCLUSIONES

Se clasifico los suelos de la Finca El Chapín de acuerdo a la metodología sugerida por S.W. Boul, obteniendo las siguientes 5 categorías de capacidad – fertilidad.

- A. LChke:** Representa el 1.14% del área en estudio, presentando niveles texturales superficiales y subsuperficiales franco arcilloso, con limitaciones de acidez del suelo y baja capacidad de intercambio cationico.
- B. Cahke:** Tiene una cobertura de 6.60% del área, presentando niveles texturales superficiales y subsuperficiales arcillosos, con limitaciones de toxicidad de aluminio, acidez del suelo, capacidad de intercambio cationico efectiva baja, profundidad efectiva suelo baja y se encuentra en pendiente pronunciada.
- C. LChke:** Ocupa un 68.65 % del área, presenta una textura a nivel superficial y subsuperficial Franco arcilloso, con limitaciones de acidez del suelo, potasio intercambiable, capacidad de intercambio cationico efectiva baja.
- D. LCahke:** Presenta 21.79 % del área y se diferencia de la unidad anterior por presentar limitaciones de toxicidad de aluminio.
- E. LCShke:** Abarca 1.81% del área, presenta textura franco arcillo arenoso a nivel superficial y subsuperficial. Con limitaciones acidez del suelo, bajos niveles de potasio intercambiable y baja capacidad de intercambio cationico efectiva.
- F. g :** Este modificador nos indica que el suelo se encuentra saturado con agua más de 60 días causa anegamientos, dentro este modificador se encuentra influenciadas las categorías LChke afecta los pantes 4-9,4-7,4-4,4-3,4-1,3-8,3-6,3-5,3-3,3-1,2-8,2-5,2-3. LCahke afectada por el pante 2-7. El total de área afectada por este modificador es de 30 hectáreas que equivale a 2.66% del área de la finca, donde se encuentran afectadas 4290 plantas de palma africana.

2.7. RECOMENDACIONES

- A. LChe:** A esta categoría de capacidad – fertilidad se le recomienda la aplicación de bases cambiables como lo son calcio, magnesio, potasio, para poder aumentar la CICE, y así poder reducir la acidez del suelo. Mantiene una producción de 37.54 toneladas métricas por hectárea.

- B. Cahke:** A esta categoría se recomienda también la aplicación de bases cambiables como calcio, magnesio, potasio, ya que las bases calcio y magnesio disminuyen la acidez del suelo y a la vez aumentan la CICE y la disponibilidad de potasio. Al bajar la acidez del suelo se logra disminuir las concentraciones de aluminio presentes en esta área. Mantiene una producción 9.29 toneladas métricas por hectárea.

- C. LChke:** En esta categoría se recomienda la aplicación de bases cambiables como calcio, magnesio, potasio, para poder reducir la acidez del suelo, aumentar la CICE, y la disponibilidad de potasio. Mantiene una producción 23.67 toneladas métricas por hectáreas.

- D. LCahke:** Esta categoría se recomienda la aplicación de bases cambiables de la misma manera que la anterior para disminuir las concentraciones de aluminio presentes. Mantiene una producción de 21.89 toneladas métricas por hectáreas.

- E. LCShke:** Esta categoría se recomienda darle el mismo manejo que tiene actualmente, ya que esta no presenta concentraciones de aluminio en el suelo, y la producción de esta área es alta en toda la finca la cual es de 48.05 toneladas métricas por hectáreas.

- F. g:** Delimitar esta área afectada con saturación de agua por mas de 60 días con el área que no presenta saturación. No cultivar en esta área ya que el desarrollo fenológico es pobre, a causa de la limitante de mal drenaje.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. ASD (Agricultural Services & Development, CR). 2004. Manual del curso internacional sobre el cultivo de palma aceitera. Costa Rica. 1300 p.
2. Bertsch H, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
3. Bornemisza, E; Alvarado, A. 1974. Manejo de suelos en la América tropical. Colombia, Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo. p. 129-144.
4. Buol, SW. 1990. Génesis y clasificación de suelos. 2 ed. México, Trillas. 417 p.
5. Cardona B, DJ. 1991. Introducción a la edafología. Guatemala, Universidad Rafael Landivar. 254 p.
6. Fassbender, HW; Bornemisza, E. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, Costa Rica, IICA. 420 p.
7. Gispert, C. 1999. Enciclopedia práctica para la agricultura y la ganadería. Barcelona, España, Océano. p. 37.
8. Hun Cal, EE. 1991. Diagnostico de los suelos cultivados con café (*Coffe arabica*) con énfasis en la fertilidad, en la unidad docente productiva "Sabana grande", el Rodeo, Escuintla. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC. 31 p.
9. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973. Mapa topográfico de la republica de Guatemala: hoja Río Polochic, no. 2362-III. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.
10. _____. 1975. Mapa topográfico de la republica de Guatemala: hoja Mariscos, no. 2362-II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
11. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
12. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000.

13. Jiménez J, OH. 1983. Fertilidad de suelos. Guatemala, Universidad Rafael Landivar. 198 p.
14. Potash & Phosphate Institute, US. 1993. Manual de fertilidad de los suelos. Georgia, US. 85 p.
15. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación del reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
16. Tisdale, SL; Nelson, WL. 1987. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México, UTHEA. 760 p.



CAPÍTULO III
SERVICIOS REALIZADOS

3.1. PRESENTACIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado, implementado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, permite al estudiante poner en práctica de forma integral los conocimientos adquiridos durante el periodo de formación en la Facultad de Agronomía, en los lugares donde es pertinente y relevante aportar algún tipo de servicios, en cualquier rama que sea necesario el conocimiento no solo técnico sino científico para contribuir a solucionar problemas.

A continuación se presentan el informe de servicios que se realizaron en la Empresa Inversiones de Desarrollo S.A. (INDESA), en el municipio de El Estor, Izabal.

Con estos servicios se contribuyó a resolver parte de la problemática detectada, en el diagnóstico general de la finca, tomando en cuenta los recursos y el tiempo disponible. Para la realización de estos servicios se contó con el apoyo financiero de la Empresa INDESA y el aporte técnico de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Facultad de Agronomía y su Ejercicio Profesional Supervisado (EPSA).

Los servicios que se ejecutaron fueron los siguientes:

1. Toma de muestra y extracción del nematodo *Radinaphelenchus cocophilus*, nematodo causante de la enfermedad del Anillo Rojo, en el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq).
2. Implementación de metodología para determinación de texturas por el método de Hidrometro de Bouyoucos.

3.2.TOMA DE MUESTRA VEGETAL Y EXTRACCIÓN DE EL NEMATODO *Radinaphelenchus cocophilus*, CAUSANTE DE LA ENFERMEDAD DEL ANILLO ROJO EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis* Jacq).

3.2.1. OBJETIVOS

3.2.1.1. General

- A. Determinar la presencia del nematodo *Radinaphelenchus cocophilus*.

3.2.2. METODOLOGÍA

Ya que no existía una metodología apropiada en la finca para la extracción se trato la manera de ajustar esta metodología requiriendo las necesidades para la extracción.

- A. Se identifico una palma con la sintomatología de anillo rojo, luego se hizo un corte longitudinal en el meristemo apical donde se pudo observar puntos marrón en los haces vasculares ,hojas atrofiadas en forma de guitarra.
- B. Se tumbo una palma infestada con anillo rojo con una motosierra, a esta se le practico una disección para tomar la muestra del meristemo apical (cogollo) de la palma.
- C. Colecta de la muestra tejido vegetal se corta el cogollo y parte de las hojas más jóvenes de palma infectadas.
- D. Se introduce la muestra de tejido vegetal en una bolsa plástica limpia.
- E. Se traslada la muestra al laboratorio agrícola de la Finca el Pataxte.
- F. Se cortan pequeños pedazos, a forma de picarlos lo mas fino posible.
- G. De la muestra ya picada se pesan 40 a 50 gramos de material vegetal y se seleccionan cinco submuestras.

- H. Se colocan las submuestras en cada una de las canastas de plástico.
- I. Las canastas de pvc se le colocan un embudo correspondiente que llega al tubo de ensayo que es soportado por el duropord dentro de una pila.
- J. Se enciende la llave de chorro que tiene conectada una boquilla de aspersion logrando así una cámara nebulizadora.
- K. Se deja el sistema de niebla durante 18 a 19 horas.
- L. Se toma la primera lectura para verificar en los tubos de ensayo.
- M. Se toman 0.5 CC con una micro pipeta se coloca el contenido en un portaobjetos del cual se realizan dos montajes luego se le coloca el cubreobjetos con ayuda de las agujas de disección para evitar la formación de burbujas de aire.
- N. Se realizar la observación en el microscopio con el objetivo de 10X para la localizar el nematodo, ya localizado el nematodo se puede observar en 40X y 100X.
- O. Localizado el nematodo se preserva para su observación aplicándole esmalte de uñas alrededor del cubreobjetos y luego una arandela para identificación.
- P. Determinación del nematodo la dio el asesor de fitopatología de Costa Rica Dr. Julio Chinchilla.

3.2.3. RESULTADOS

Se puede observar en la palma de la figura 15, en La Finca El Chapín la sintomatología de la enfermedad del anillo rojo que es causada por el nematodo *Radinaphelenchus cocophilus*, las hojas cortas, tienen forma de guitarra cerca de la flecha, folíolos delgados, ausencia de inflorescencias y frutos.



Figura 15. Planta con la sintomatología de anillo rojo.

En la figura 16, se puede observar un corte longitudinal del raquis de las hojas de palma africana donde se logra apreciar existe la sintomatología de anillo rojo puntos marrón.



Figura 16. Sintomatología en el raquis de la hoja puntos marrón.

Este montaje se realizó en el laboratorio de investigación y monitoreo de la Finca El Chapín se trasladó al laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, para tomar la fotografía en un microscopio con cámara digital incorporada, editarlas en la figura 17, se puede observar la presencia del nematodo *Radinaphelenchus cocophilus*.



Figura 17. Fotografía de un espécimen de *Radinaphelenchus cocophilus* tomada en laboratorio de Fitopatología de La Facultad de Agronomía. Con un microscopio marca Carl Zeiss 3, Modelo Axiostar Plus a 10X.

3.2.4. EVALUACIÓN

- A. Se determinó a través de la asesoría del Dr. Julio Chinchilla, ya que él tomó la decisión si existe presencia. Se logró que si existe presencia del nematodo *Radinaphelenchus cocophilus* en las muestras tomadas de las palmas encontradas en la finca El Chapín que presentan la sintomatología de hojas cortas, en forma de guitarra, se hizo un corte longitudinal en la flecha que presenta puntos de color marrón, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de investigación y monitoreo de la finca El Pataxte, lográndose determinar la presencia del nematodo *Radinaphelenchus cocophilus*.
- B. Actualmente en la Finca El Chapín y Pataxte existe una incidencia de 85 palmas infestadas con anillo rojo que equivale al 0.05 % total de la población de palmas de las dos fincas. Este control se lleva a través de un plaguero que realiza caminamientos todos los días en las fincas, y si encuentra palmas con la sintomatología las marca con un listón color azul.
- C. El vector de la enfermedad del anillo rojo es el coleóptero *Rynchophorus palmarum*, este vector se puede observar en las plantaciones de palma africana en la finca El Pataxte y Chapín en las heridas que se producen cuando se cortan racimos de cosecha la planta tiende a exudar esto atrae al coleóptero y este infesta a la planta.

3.3. METODOLOGIA PARA DETERMINACIÓN DE TEXTURAS DE SUELO (Método de Bouyoucos)

3.3.1. OBJETIVOS

3.3.1.1. OBJETIVO GENERAL

- A. Implementar la metodología para determinación de texturas por método de Hidrometro de Bouyoucos.
- B. Presentar presupuesto de equipo para la implementación.

3.3.2. METODOLOGÍA

1. Toma una muestra 50 gr. de suelo secado al aire, si el suelo es de textura fina (arcilloso) ó 100 gr. si éste es de textura gruesa (arenoso); la muestra debe estar tamizada a 2 mm.
2. Coloque la muestra en un beacker de 250 ml. (previamente identificado). Agregue agua destilada hasta la mitad y adicione 10 ml. de Hexametafosfato de sodio.
3. Agite la mezcla con una varilla de vidrio y déjela en reposo, por lo menos, durante 16 horas. Este tiempo de humedecimiento del suelo con el agente dispersante sirve para eliminar los problemas de floculación que pudieran presentarse por la presencia de materia orgánica en un suelo promedio.
4. Con la ayuda de una pizeta traslade la muestra remojada al vaso de agitación. Llénelo hasta las 500ml con agua destilada, conéctelo en la agitadora y agítelo de 2 a 5 minutos, (para suelo arenoso). Si el suelo es arcilloso agítelo de 7 a 10 minutos.
5. Traslade la suspensión a un cilindro de sedimentación, agregue agua a temperatura ambiente hasta un poco más de la mitad, introduzca cuidadosamente el hidrómetro y complete hasta la marca inferior del cilindro, 1130 ml para suelos arcillosos, y si se usan 100 gr. de muestra, llene el cilindro hasta la marca superior.

6. Remueva el hidrómetro y coloque un tapón de hule o la palma de la mano en la boca del cilindro.
7. Agite la suspensión volteando el cilindro hacia abajo y luego hacia arriba durante un minuto de 20 a 30 movimientos durante ese minuto. Se trata de distribuir uniformemente las partículas del suelo en el líquido, logrando así una suspensión homogénea y evitar que posteriormente (durante el asentamiento), se formen corrientes circulatorias que afecten la velocidad de sedimentación de las partículas.
8. Inmediatamente después de la última vuelta del cilindro hacia arriba, colóquelo en una superficie firme y tome el tiempo. Si hay mucho burbujeo o espuma en la superficie agregue de 1 a 3 gotas de alcohol isoamílico inmediatamente después de la agitación.
9. A los 20 segundos introduzca cuidadosamente el hidrómetro, libérela en la suspensión y a los 40 segundos exactos tome la primera lectura. Repita los pasos del 6 al 9 hasta que este seguro que ha hecho la lectura del hidrómetro correctamente. Si la lectura se dificulta por la presencia de suelo y agua en la orilla del cilindro, lave ésta con un poco de agua destilada haciendo uso de una pizeta. Haga la lectura en dirección perpendicular a la escala del hidrómetro leyendo la parte superior del menisco (el hidrómetro da las lecturas en gramos de suelo en suspensión).
10. Inmediatamente saque el hidrómetro y lávelo introduciéndolo en un cilindro con agua.
11. Cuidadosamente introduzca el termómetro en la suspensión y observe la temperatura y anótela.

NOTA: El hidrómetro está calibrado para leer a una temperatura de 20 centígrados. La corrección por temperatura se hace sumando 0.36 a la lectura por cada centígrado arriba de 20 centígrados o restando 0.36 por cada centígrado por debajo de 20 centígrados.

- A. Coloque el hidrómetro en un cilindro con agua conteniendo los 10 ml de hexametáfosfato de sodio y lea el hidrómetro en la parte superior del menisco.

NOTA: Esta lectura se le debe restar de la lectura a los 40" y 2 horas para corregir la contribución hecha por el agente dispersante. El hidrómetro está calibrado para leer en la parte superior del menisco pero cuando todas las lecturas se hacen en la parte superior la diferencia es compensada.

- A. A las 2 horas tome la segunda lectura del hidrómetro así como la temperatura de la suspensión.
- B. Una vez determinados los porcentajes de las diferentes partículas, use el triángulo textural (se adjunta) para determinar la clase textural de la muestra.

3.3.3. RESULTADOS

NOTA: Recuerde que el peso en base seca de la muestra corresponde al peso de la arena, limo y arcilla (la materia orgánica no se toma en cuenta). La lectura corregida a los 40 segundos los gramos de limo y arcilla y la lectura corregida a las 2 horas son gramos de arcilla.

1. Porcentaje material en suspensión = $(\text{Lectura corregida a 40 segundos} \times 100) / \text{gr. Suelo seco}$.
2. Porcentaje arenas totales = 100 menos porcentaje material en suspensión 40 segundos.
3. Porcentaje arcilla totales = $(\text{Lectura corregida 2 horas} \times 100) / \text{gr. Suelo seco}$.
4. Porcentaje limos totales = 100 menos (porcentaje arenas + porcentaje arcillas)

3.3.3.1. DETERMINACION DEL NOMBRE TEXTURAL EN TRIANGULO DE TEXTURAS

- Tomar el porcentaje de arcilla y trazar una línea paralela a la base del triángulo (a lado de las arenas).
- Tomar el porcentaje de limo y trazar una línea paralela al lado de las arcillas.
- El área en la cual interseccionan las dos líneas determina la clase o textura del suelo. Como prueba tomar el porcentaje de arena y trazar una línea paralela al lado derecho del triángulo. Si las tres líneas intersecan en el mismo lugar el nombre textural ha sido determinado correctamente.

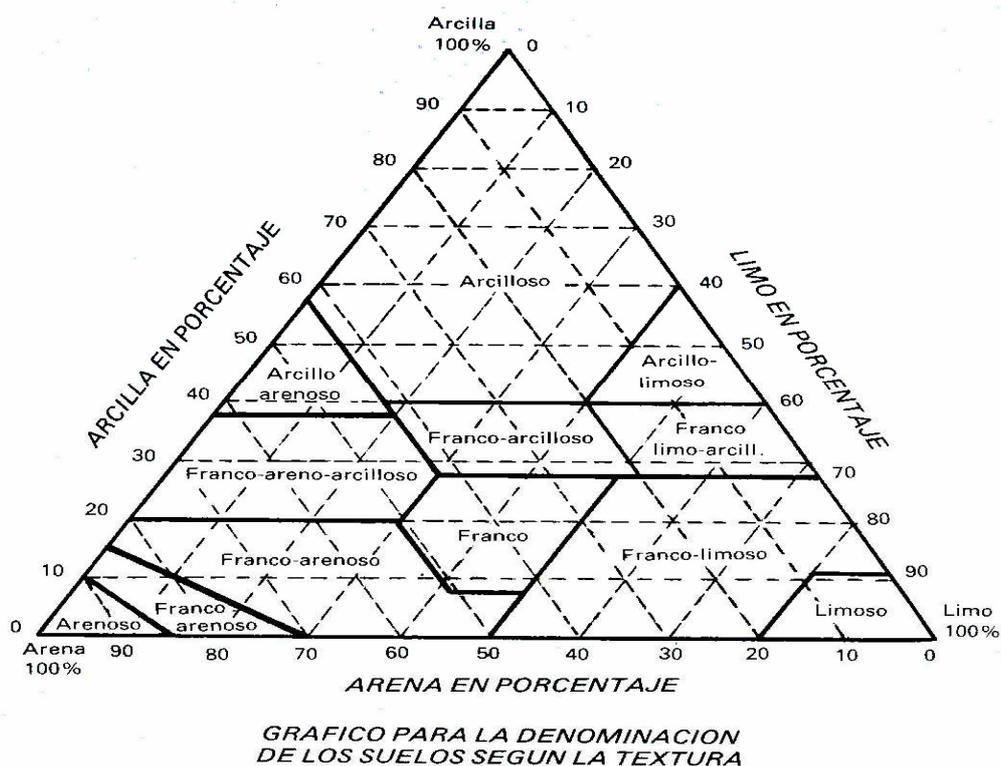


Figura 18. Triángulo equilátero para determinación de texturas

3.3.4. EVALUACIÓN

Se logro implementar la metodología para determinación de texturas por el método de hidrometro de Bouyoucos y en el Cuadro 17 se presenta un presupuesto para la compra del equipo ya que la empresa de Inversiones de Desarrollo S.A. decidirá en un futuro comprar el equipo.

Cuadro 17. Presupuesto de equipo para determinación de texturas

CANTIDAD	EQUIPO	PRECIO	PROVEEDOR	DIRECCION	TELEFONO
1	Hidrometro de suelos ASTM - D422	Q. 378.00	COGUMA	Calz. Aguilar Batres 36 -01 zona 12	55116149
1	Balanza Monoplato	Q. 950.00	DILAB	10a. Calle 5-48, Zona 10	23615540 - 23617848
1	Termometro	Q. 86.24	DILAB	10a. Calle 5-48, Zona 10	23615540 - 23617848
1	Licuadaora con vaso acero inoxidable	Q.1860.00	RICZA	3 avenida 5-30 zona 9	23394071 - 23394262
1	Beacker 250ml	Q. 23.52	DILAB	10a. Calle 5-48, Zona 10	23615540 - 23617848
1	Tubo de sedimentacion	Q. 334.32	DILAB	10a. Calle 5-48, Zona 10	23615540 - 23617848
1	Pizeta de 250ml	Q. 21.28	DILAB	10a. Calle 5-48, Zona 10	23615540 - 23617848
1	Varilla agitadora	Q. 8.96	DILAB	10a. Calle 5-48, Zona 10	23615540 - 23617848
1	Tamiz numero 10	Q. 524.28	DILAB	10a. Calle 5-48, Zona 10	23615540 - 23617848
1	Gotero	Q. 5.00	DILAB	10a. Calle 5-48, Zona 10	23615540 - 23617848
	REACTIVOS				
1Litro	Alcohol amilico	Q. 658.25	Merck S.A.	12Av. 0-33 Zona 2, Mixco	22772299 - 24322111
1 Kilo	Hexametafosfato de sodio	Q. 234.36	COGUMA	Calz. Aguilar Batres 36 -01 zona 12	55116149
	TOTAL	Q.5084.21			

3.3.5. BIBLIOGRAFIA

1. Baujard, P. 1989. Remarque sur les genres des sous-familles Bursaphelenchinae Paranov, 1964 et Rhadinaphelenchinae Paranov, 1964 (nematodo: Aphelenchaididae). Revue. Nematol. 12(3):323-324.
2. Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 100 p.
3. Briceño, J; Pacheco, R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 125 p.
4. Chinchilla, C. 1992. El síndrome del anillo rojo-hoja pequeña en palma aceitera y cocotero. Palmas (Colombia) 13(1):33-56.
5. Chinchilla, CM. 1997. Epidemiología y manejo integrado del anillo rojo en palma aceitera. Agronomía Costarricense 2(1):121-126.
6. Cobb, NA. 1919. *Aphelenchus cocophilus*. West Indian Bull 17:203-210.
7. Díaz-Romeo, R; Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.
8. Enríquez, C. 1999. Guía practica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 110 p.
9. Fassbender, HW; Bornemisza, E. 1987. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 420 p.
10. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, GT). 2004. Manual de laboratorio de edafología. Guatemala. 115 p.
11. Gallo, V. 1991. Erradicación química de palmas de cocotero (*Cocos nucifera*) afectadas por anillo rojo *Radinaphelenchus cocophilus* en la zona del río Gualapo, municipio de Tumaco. Tesis Ing. Agr. Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 101 p.

Anexo 1: Datos Obtenidos de texturas a profundidades de 0 a 0.20 y 0.20 a 0.40m.

UNIDAD MAPEO	Pante	Porcentaje			Clase Textural	Categoría Textural
		Arcilla	Limo	Arena		
A1	1-1	30	24	46	Franco Arcillo Arenoso	LCS
	1-1	27	26	46	Franco Arcillo Arenoso	
	1-2	30	31	39	Franco Arcilloso	LC
	1-2	32	31	36	Franco Arcilloso	
	1-3	32	34	34	Franco Arcilloso	LC
	1-3	32	31	36	Franco Arcilloso	
	1-4	35	26	39	Franco Arcilloso	LC
	1-4	32	29	39	Franco Arcilloso	
	1-5	32	31	36	Franco Arcilloso	LC
	1-5	37	29	34	Franco Arcilloso	
	1-6	35	29	36	Franco Arcilloso	LC
	1-6	37	29	34	Franco Arcilloso	
	1-7	35	31	34	Franco Arcilloso	LC
	1-7	37	34	29	Franco Arcilloso	
	1-8	37	29	34	Franco Arcilloso	LC
	1-8	37	31	31	Franco Arcilloso	
	1-9	32	34	34	Franco Arcilloso	LC
	1-9	35	34	31	Franco Arcilloso	
	2-1	38	38	25	Franco Arcilloso	LC
	2-1	38	38	25	Franco Arcilloso	
	2-2	35	38	28	Franco Arcilloso	LC
	2-2	35	38	28	Franco Arcilloso	
	2-3	38	38	25	Franco Arcilloso	LC
	2-3	38	38	25	Franco Arcilloso	
	2-4	35	35	30	Franco Arcilloso	LC
	2-4	43	25	33	Franco Arcilloso	
	2-5	35	43	23	Franco Arcilloso	LC
	2-5	38	38	25	Franco Arcilloso	
	2-6	38	38	25	Franco Arcilloso	LC
	2-6	38	38	25	Franco Arcilloso	
	2-7	35	33	33	Franco Arcilloso	LC
	2-7	35	33	33	Franco Arcilloso	
	2-8	38	38	25	Franco Arcilloso	LC
	2-8	38	35	28	Franco Arcilloso	
	2-9	35	35	30	Franco Arcilloso	LC
	2-9	30	38	33	Franco Arcilloso	
	3-1	33	33	35	Franco Arcilloso	LC
	3-1	35	35	30	Franco Arcilloso	
	3-2	33	30	38	Franco Arcilloso	LC
	3-2	33	33	35	Franco Arcilloso	
3-3	30	30	40	Franco Arcilloso	LC	
3-3	33	33	35	Franco Arcilloso		
3-4	30	30	40	Franco Arcilloso	LC	
3-4	33	35	33	Franco Arcilloso		

Anexo 2: Datos obtenidos de texturas a profundidades de 0 a 0.20 y 0.20 a 0.40m.

UNIDAD DE MAPEO	Pante	Porcentaje			Clase Textural	Categoría Textural	
		Arcilla	Limo	Arena			
A1	3-5	33	33	35	Franco Arcilloso	LC	
	3-5	30	28	43	Franco Arcilloso		
	3-6	30	30	40	Franco Arcilloso	LC	
	3-6	30	33	38	Franco Arcilloso		
	3-7	35	33	33	Franco Arcilloso	LC	
	3-7	38	30	33	Franco Arcilloso		
	3-8	30	30	40	Franco Arcilloso	LC	
	3-8	33	33	35	Franco Arcilloso		
	3-9	35	30	35	Franco Arcilloso	LC	
	3-9	35	28	38	Franco Arcilloso		
	4-1	35	30	35	Franco Arcilloso	LC	
	4-1	35	35	30	Franco Arcilloso		
	4-2	35	33	33	Franco Arcilloso	LC	
	4-2	35	35	30	Franco Arcilloso		
	4-3	38	35	28	Franco Arcilloso	LC	
	4-3	35	30	35	Franco Arcilloso		
	4-4	35	38	28	Franco Arcilloso	LC	
	4-4	35	35	30	Franco Arcilloso		
	4-5	33	33	35	Franco Arcilloso	LC	
	4-5	35	30	35	Franco Arcilloso		
	4-6	35	38	28	Franco Arcilloso	LC	
	4-6	35	35	30	Franco Arcilloso		
	4-7	33	38	30	Franco Arcilloso	LC	
	4-7	33	35	33	Franco Arcilloso		
	4-8	30	38	33	Franco Arcilloso	LC	
	4-8	33	30	38	Franco Arcilloso		
	4-9	35	33	33	Franco Arcilloso	LC	
	4-9	35	38	28	Franco Arcilloso		
	4-10	38	30	33	Franco Arcilloso	LC	
	4-10	38	30	33	Franco Arcilloso		
	4-11	38	33	30	Franco Arcilloso	LC	
	4-11	38	33	30	Franco Arcilloso		
	4-12	38	33	30	Franco Arcilloso	LC	
	4-12	43	28	30	Franco Arcilloso		
	4-13	38	33	30	Franco Arcilloso	LC	
	4-13	43	28	30	Franco Arcilloso		
	4-14	38	33	30	Franco Arcilloso	LC	
	4-14	38	35	28	Franco Arcilloso		
	A2	Indonesias	43	28	30	Arcilloso	C
		Indonesias	43	28	30	Arcilloso	
Malasias		40	26	39	Arcilloso	C	
Malasias		40	26	32	Arcilloso		

Anexo 3: Datos obtenidos de análisis químicos a profundidad de 0 a 0.20 m.

SECCION	Pante	pH	C,I,C,e	Saturación A1+H	K meq/100g
1	1	4.9	3.8	10.7%	0.210
1	2	4.6	3.4	26.3%	0.103
1	3	4.6	3.4	28.9%	0.164
1	4	4.6	2.5	36.2%	0.103
1	5	4.6	2.4	35.0%	0.188
1	6	4.3	2.4	54.4%	0.165
1	7	4.3	2.2	59.6%	0.134
1	8	4.3	3.0	64.5%	0.193
1	9	4.2	2.3	55.7%	0.293
1	MALASIAS	4.2	3.4	64.7%	0.171
2	1	4.5	2.0	55.1%	0.103
2	2	4.2	2.4	62.4%	0.155
2	3	4.3	2.1	48.9%	0.136
2	4	4.8	2.6	69.0%	0.171
2	5	4.2	1.9	52.4%	0.132
2	6	4.7	1.6	45.3%	0.147
2	7	4.4	1.9	54.3%	0.136
2	8	4.3	1.9	59.6%	0.103
2	9	4.6	1.8	48.0%	0.134
3	1	4.5	1.8	49.5%	0.103
3	2	4.5	2.0	47.7%	0.120
3	3	4.4	1.9	51.3%	0.125
3	4	4.4	2.0	48.0%	0.138
3	5	4.3	2.1	52.6%	0.103
3	6	4.3	2.0	39.1%	0.135
3	7	4.2	2.4	53.6%	0.130
3	8	4.5	2.3	34.8%	0.103
3	9	4.4	2.6	46.8%	0.190
4	1	4.6	1.9	31.7%	0.113
4	2	4.6	2.2	43.7%	0.103
4	3	4.4	2.0	44.1%	0.124
4	4	4.8	2.3	35.1%	0.103
4	5	4.5	2.1	33.0%	0.140
4	6	4.4	2.0	39.7%	0.103
4	7	4.5	2.2	25.5%	0.142
4	8	4.3	2.1	51.0%	0.133
4	9	4.4	1.9	48.0%	0.229
4	10	4.2	2.2	57.2%	0.178
4	11	4.2	2.3	64.6%	0.157
4	12	4.2	2.2	66.8%	0.121
4	13	4.2	2.5	69.9%	0.132
4	14	4.3	2.4	56.7%	0.140
4	INDONESIAS	4.2	3.0	66.1%	0.156

C.I.C.e. = Capacidad de intercambio cationico efectiva.

Saturación A1+ H = Saturación de aluminio

Anexo 4: Datos Obtenidos de análisis químicos a profundidad de 0.20 – 0.40 mts.

SECCION	Pante	pH	C,I,C,e	Saturación A1+H	K meq/100g
1	1	5.0	3.2	23.9%	0.111
1	2	4.9	2.7	28.5%	0.103
1	3	4.7	2.2	47.5%	0.103
1	4	5.5	2.4	2.4%	0.755
1	5	4.6	2.7	35.6%	0.103
1	6	4.5	2.7	50.7%	0.103
1	7	4.6	2.5	64.2%	0.138
1	8	4.4	3.1	83.0%	0.103
1	9	4.2	2.7	78.7%	0.103
1	MALASIAS	4.3	3.4	77.9%	0.103
2	1	4.6	2.1	60.6%	0.103
2	2	4.2	3.1	67.0%	0.103
2	3	4.5	2.4	44.2%	0.103
2	4	4.2	3.3	74.0%	0.103
2	5	4.5	2.4	60.8%	0.103
2	6	4.7	2.3	71.4%	0.103
2	7	4.3	2.2	66.6%	0.103
2	8	4.5	2	59.4%	0.103
2	9	4.6	2.1	54.7%	0.103
3	1	4.6	2.8	60.9%	0.103
3	2	4.4	2.3	63.5%	0.103
3	3	4.5	2.3	56.5%	0.103
3	4	4.5	2.1	59.0%	0.103
3	5	4.6	2.5	50.5%	0.103
3	6	4.7	2.5	44.4%	0.103
3	7	4.5	2.8	56.1%	0.103
3	8	4.7	3.6	39.0%	0.103
3	9	4.5	3.2	60.3%	0.103
4	1	4.9	2.8	34.7%	0.103
4	2	4.6	2.5	60.0%	0.103
4	3	4.6	2.5	49.1%	0.103
4	4	5.0	2.5	28.4%	0.103
4	5	4.7	2.5	32.6%	0.103
4	6	4.8	2.5	32.0%	0.103
4	7	4.8	2.5	19.7%	0.103
4	8	4.6	3.9	50.0%	0.103
4	9	4.5	2.8	59.7%	0.103
4	10	4.3	2.7	70.0%	0.103
4	11	4.3	2.7	76.6%	0.103
4	12	4.3	3.4	81.1%	0.103
4	13	4.3	3.7	78.7%	0.103
4	14	4.3	2.7	75.2%	0.103
4	INDONESIAS	4.3	3.7	73.6%	0.103

C.I.C.e. = Capacidad de intercambio cationico efectiva.

Saturación A1+ H = Saturación de aluminio

Anexo 5: Datos promedios de análisis químicos a profundidades 0 a 0.20 y 0.20 a 0.40 m.

PROFUNDIDADES		0 - 20		20 - 40		0 - 20		20 - 40		0 - 20		20 - 40		Produccion
SECCION	Pante	pH	pH	PROMEDIO	C,I,C,e	C,I,C,e	PROMEDIO	Saturación A1+H	Saturación A1+H	PROMEDIO	K meq/100g	K meq/100g	PROMEDIO	T.M./Ha.
1	1	4.9	5.0	5.0	3.8	3.2	3.5	10.70%	23.90%	17.3%	0.210	0.111	0.161	48.05
1	2	4.6	4.9	4.8	3.4	2.7	3.1	26.3%	28.5%	27.4%	0.103	0.103	0.103	36.74
1	3	4.6	4.7	4.7	3.4	2.2	2.8	28.9%	47.5%	38.2%	0.164	0.103	0.133	22.93
1	4	4.6	5.5	5.1	2.5	2.4	2.5	36.2%	2.4%	19.3%	0.103	0.755	0.429	37.52
1	5	4.6	4.6	4.6	2.4	2.7	2.6	35.0%	35.6%	35.3%	0.188	0.103	0.146	35.92
1	6	4.3	4.5	4.4	2.4	2.7	2.6	54.4%	50.7%	52.6%	0.165	0.103	0.134	46.82
1	7	4.3	4.6	4.5	2.2	2.5	2.4	59.6%	64.2%	61.9%	0.134	0.138	0.136	33.45
1	8	4.3	4.4	4.4	3.0	3.1	3.1	64.5%	83.0%	73.8%	0.193	0.103	0.148	23.16
1	9	4.2	4.2	4.2	2.3	2.7	2.5	55.7%	78.7%	67.2%	0.293	0.103	0.198	22.05
1	MAL	4.2	4.3	4.3	3.4	3.4	3.4	64.7%	77.9%	71.3%	0.171	0.103	0.137	16.08
2	1	4.5	4.6	4.6	2.0	2.1	2.1	55.1%	60.6%	57.9%	0.103	0.103	0.103	16.82
2	2	4.2	4.2	4.2	2.4	3.1	2.8	62.4%	67.0%	64.7%	0.155	0.103	0.129	30.75
2	3	4.3	4.5	4.4	2.1	2.4	2.3	48.9%	44.2%	46.6%	0.136	0.103	0.119	29.24
2	4	4.8	4.2	4.5	2.6	3.3	3.0	69.0%	74.0%	71.5%	0.171	0.103	0.137	24.55
2	5	4.2	4.5	4.4	1.9	2.4	2.2	52.4%	60.8%	56.6%	0.132	0.103	0.117	32.23
2	6	4.7	4.7	4.7	1.6	2.3	2.0	45.3%	71.4%	58.4%	0.147	0.103	0.125	25.84
2	7	4.4	4.3	4.4	1.9	2.2	2.1	54.3%	66.6%	60.5%	0.136	0.103	0.119	21.85
2	8	4.3	4.5	4.4	1.9	2	2.0	59.6%	59.4%	59.5%	0.103	0.103	0.103	27.31
2	9	4.6	4.6	4.6	1.8	2.1	2.0	48.0%	54.7%	51.4%	0.134	0.103	0.118	20.68
3	1	4.5	4.6	4.6	1.8	2.8	2.3	49.5%	60.9%	55.2%	0.103	0.103	0.103	30.75
3	2	4.5	4.4	4.5	2.0	2.3	2.2	47.7%	63.5%	55.6%	0.120	0.103	0.111	30.86
3	3	4.4	4.5	4.5	1.9	2.3	2.1	51.3%	56.5%	53.9%	0.125	0.103	0.114	26.47
3	4	4.4	4.5	4.5	2.0	2.1	2.1	48.0%	59.0%	53.5%	0.138	0.103	0.120	23.79
3	5	4.3	4.6	4.5	2.1	2.5	2.3	52.6%	50.5%	51.6%	0.103	0.103	0.103	26.86
3	6	4.3	4.7	4.5	2.0	2.5	2.3	39.1%	44.4%	41.8%	0.135	0.103	0.119	32.76
3	7	4.2	4.5	4.4	2.4	2.8	2.6	53.6%	56.1%	54.9%	0.130	0.103	0.116	21.82
3	8	4.5	4.7	4.6	2.3	3.6	3.0	34.8%	39.0%	36.9%	0.103	0.103	0.103	25.93
3	9	4.4	4.5	4.5	2.6	3.2	2.9	46.8%	60.3%	53.6%	0.190	0.103	0.146	21.93
4	1	4.6	4.9	4.8	1.9	2.8	2.4	31.7%	34.7%	33.2%	0.113	0.103	0.108	29.43
4	2	4.6	4.6	4.6	2.2	2.5	2.4	43.7%	60.0%	51.9%	0.103	0.103	0.103	28.17
4	3	4.4	4.6	4.5	2.0	2.5	2.3	44.1%	49.1%	46.6%	0.124	0.103	0.113	24.11
4	4	4.8	5.0	4.9	2.3	2.5	2.4	35.1%	28.4%	31.8%	0.103	0.103	0.103	22.48
4	5	4.5	4.7	4.6	2.1	2.5	2.3	33.0%	32.6%	32.8%	0.140	0.103	0.121	28.28
4	6	4.4	4.8	4.6	2.0	2.5	2.3	39.7%	32.0%	35.9%	0.103	0.103	0.103	29.72
4	7	4.5	4.8	4.7	2.2	2.5	2.4	25.5%	19.7%	22.6%	0.142	0.103	0.122	28.22
4	8	4.3	4.6	4.5	2.1	3.9	3.0	51.0%	50.0%	50.5%	0.133	0.103	0.118	29.29
4	9	4.4	4.5	4.5	1.9	2.8	2.4	48.0%	59.7%	53.9%	0.229	0.103	0.166	18.49
4	10	4.2	4.3	4.3	2.2	2.7	2.5	57.2%	70.0%	63.6%	0.178	0.103	0.141	24.30
4	11	4.2	4.3	4.3	2.3	2.7	2.5	64.6%	76.6%	70.6%	0.157	0.103	0.130	24.75
4	12	4.2	4.3	4.3	2.2	3.4	2.8	66.8%	81.1%	74.0%	0.121	0.103	0.112	15.13
4	13	4.2	4.3	4.3	2.5	3.7	3.1	69.9%	78.7%	74.3%	0.132	0.103	0.117	21.46
4	14	4.3	4.3	4.3	2.4	2.7	2.6	56.7%	75.2%	66.0%	0.140	0.103	0.121	14.57
4	IND	4.2	4.3	4.3	3.0	3.7	3.4	66.1%	73.6%	69.9%	0.156	0.103	0.129	9.29