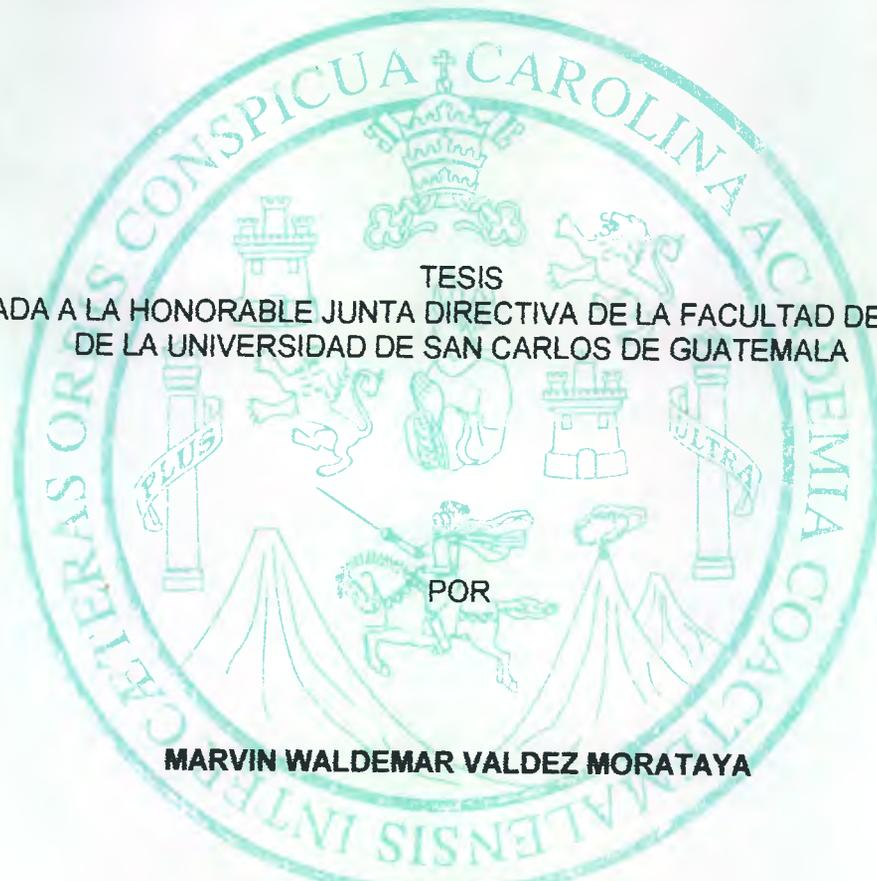


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**ESTUDIO SEMIDETALLADO DE LOS SUELOS Y TIERRAS DEL ÁREA CENTRAL
DEL MUNICIPIO DE PACHALUM, DEPARTAMENTO DEL QUICHE**

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



MARVIN WALDEMAR VALDEZ MORATAYA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, mayo del 2,003.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(2016)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO
VOCAL PRIMERO
VOCAL SEGUNDO
VOCAL TERCERO
VOCAL CUARTO
VOCAL QUINTO
SECRETARIO

Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
Ing. Agr. Erberto Raul Alfaro Ortiz
Br. Wener Armando Ochoa Orozco
Br. Juan Manuel Corea Ochoa
Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, mayo del 2,003.

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

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado

**ESTUDIO SEMIDETALLADO DE LOS SUELOS Y TIERRAS DEL ÁREA CENTRAL
DEL MUNICIPIO DE PACHALUM, DEPARTAMENTO DEL QUICHE**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi mas sincero agradecimiento.

Atentamente,



MARVIN WALDEMAR VALDEZ MORATAYA

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por bendecirme y permitirme culminar uno de mis grandes sueños en la vida.

MIS PADRES: Waldemar Valdez Duarte
María Leonor Rivera de Valdez
Por su apoyo y sacrificios realizados en pro de mi superación.

MIS ABUELOS: Por sus consejos, cariño y atenciones, en especial a la memoria de Leandro Alejandro Valdez Estrada. (Q.E.P.D.)

MIS HERMANOS: Enma Fabiola, Wilmer Alejandro, José Miguel y Mariana Elizabeth.
Con cariño y aprecio, motivándolos a seguir adelante.

MI FAMILIA: Lo maspreciado que Dios me ha brindado, como agradecimiento de todo su apoyo y cariño.

MIS PRIMOS: Juan Douglas Valdez Urizar, Franklin Vilsan Valdez, Álvaro Esau Valdez, Luis Alfredo Quezada y José Adolfo Quezada.
Por su confianza y apoyo.

**MIS AMIGOS Y
COMPAÑEROS DE ESTUDIO:** Mynor Leonel Galdamez, Luis Fernando Ventura, Bayron Guillermo Herrera, Francisco Alejandro Salazar, Rubén Darío García, José Gerardo Espinoza, Walfer Guillermo Ramos, Jorge Armando Ceballos, Ronald Wilfredo Fidalgo, David Antonio Sagastume, Dany Esaú López, Henry Orlando Godinez, Rony Waldemar Roma, Oscar Kurt Ajanel, Byron Daniel Cuellar, Camilo Ernesto Medina, Luis Fernando Orellana, Axel Herrera Pérez, Marco Aurelio Quezada, Oscar Darío Alvarado, Ronald Paez, Axel Josué Córdova, Walfre Soto Soto, Lorenzo Duarte Alvarado.
Por todos los momentos compartidos.

TESIS QUE DEDICO

A:

Dios

Mis padres

Guatemala

Pachalum, Quiché

Escuela de Formación Agrícola, Sololá

Escuela Nacional Central de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva.

Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

AGRADECIMIENTOS

A:

➤ **Mis asesores**

- Ing. Agr. Aníbal Sacbajá
- Ing. Agr. Rodolfo Estuardo Véliz
- Por el apoyo, orientación, dedicación y amistad brindada para la ejecución de éste trabajo.

➤ **Ing. Agr. Edgar Fernando Navas Gálvez**

- Por su incondicional apoyo y amistad.

➤ **Ing. Guillermo Santos e Ing. Agr. Jorge Güicoy Tomás.**

- Por su valiosa colaboración en el desarrollo de éste trabajo.

➤ **Corporación municipal 2000 – 2004, Pachalum, Quiché.**

- Por el apoyo para realizar este trabajo y por su dedicación en brindar asesoría y ayuda al sector productivo del municipio de Pachalum.

➤ **Mis catedráticos, dignos modelos de mi formación académica, en especial a:**

- Mario Jobel Barrios Gramajo
- Byron René Mogollón
- Pablo Arturo Cabrera Corzo
- Cesar Augusto Noriega
- Efraín Molina Santos
- Mauricio Sitún Alvizures
- Hugo Cardona Castillo
- Víctor Cabrera
- Estuardo Roca
- Edil Rodríguez Quezada

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN	vi
1 . INTRODUCCIÓN	01
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	02
3. MARCO TEORICO	03
3.1. El sistema de producción agrícola	03
3.2. Sistema suelo	03
3.3. Fertilidad de suelo y productividad	04
3.4. Importancia de la fertilidad y de un diagnóstico	04
3.5. Características que definen la fertilidad de suelos	05
3.5.1. Propiedades físicas	05
3.5.1.1. Textura y estructura	05
3.5.1.2. Color	06
3.5.1.3. Temperatura	06
3.5.1.4. Porosidad	06
3.5.1.5. Profundidad efectiva del suelo	07
3.5.1.6. Topografía	07
3.5.2. Propiedades químicas	07
3.5.2.1. Arcillas. Coloides inorgánicos	07
3.5.2.2. Capacidad de Intercambio Catiónico	07
3.5.2.3. Capacidad de intercambio catiónico efectiva	09
3.5.2.4. Saturación de bases	09
3.5.2.5. Reacción del suelo	10
3.6. Nutrimentos esenciales para las plantas	11
3.7. Clasificaciones de tierra y suelo	11
3.7.1. Clasificación de tierras por capacidad de uso para la república de Guatemala según el Instituto Nacional de Bosques	11
3.7.1.1. Conceptos asociados en la determinación de la capacidad de uso de la tierra	11
3.7.1.2. Ubicación referencial del área asociada a la clasificación por capacidad de uso de la tierra	14
3.7.1.3. Factores que determinan la capacidad de uso de la tierra	14

CONTENIDO	PAGINA
3.7.1.4. Descripción de las variables y forma de estimarlas	14
A. Pendiente	14
B. Profundidad efectiva del suelo	15
C. Pedregosidad	15
D. Drenaje	15
3.7.1.5. Categorías de capacidad de uso de la tierra	15
A. Agricultura sin limitaciones	16
B. Agricultura con mejoras	16
C. Agroforestería con cultivos anuales	16
D. Sistemas silvopastoriles	16
E. Agroforestería con cultivos permanentes	16
F. Tierras forestales para producción	16
G. Tierras forestales de protección	17
3.7.2. Sistema de clasificación por capacidad – fertilidad	17
3.7.2.1. Concepto	17
3.7.2.2. Formato	17
A. Tipo y subtipo	18
B. Modificadores	19
3.7.2.3. Resultados en ensayos de agrupamiento con la utilización de la metodología de capacidad – fertilidad	23
4. MARCO REFERENCIAL	27
4.1. Características generales del área de estudio	27
4.1.1. Ubicación natural	27
4.1.2. Localización geográfica – administrativa	27
4.1.3. Colindancias	27
4.1.4. Hipsometría	27
4.1.5. Superficie geográfica	27
4.1.6. Vías de acceso	29
4.2. Recursos naturales	29
4.2.1. Clima	29
4.2.2. Suelos y potencial productivo	29
4.2.2.1. Descripción a nivel de reconocimiento: Serie de suelos “EL CHOL”.	30
4.2.2.2. Erosión	30

CONTENIDO	PAGINA
4.2.2.3. Manejo y conservación	30
4.2.3. Zonas de vida	30
4.2.4. Uso de la tierra	31
4.2.5. Recursos hídricos	32
4.2.5.1. Hidrología	32
4.2.5.2. Hidrografía	32
4.3. Aspectos socioeconómicos	32
5. OBJETIVOS	33
6. METODOLOGÍA	34
6.1. Fase inicial de gabinete	34
6.1.1. Recopilación y análisis de información sobre el área de estudio	34
6.1.2. Elaboración del mapa de unidades fisiográficas	34
6.1.3. Elaboración del mapa base y de pendientes	34
6.1.4. Selección de los puntos de muestreo	35
6.2. Fase de campo	35
6.2.1. Verificación de los límites de las unidades de mapeo	35
6.2.2. Determinación de las profundidades del suelo y factores modificadores ..	36
6.2.3. Toma y preparación de muestra de suelo	36
6.3. Fase de laboratorio	37
6.4. Fase de gabinete final	37
6.4.1. Integración del mapa de unidades de tierra	37
6.4.2. Elaboración del mapa de capacidad de uso de la tierra	38
6.4.3. Elaboración de mapas	38
6.4.4. Procesado de la información	39
6.4.5. Elaboración del informe	39
7.RESULTADOS	40
7.1. Determinación de la capacidad de uso de la tierra	40
7.1.1. Factor pendiente	40
7.1.2. Factor profundidad efectiva del suelo	42
7.1.3. Factor modificador pedregosidad	42
7.1.4. Factor modificador drenaje	43
7.1.5. Descripción de las unidades de capacidad de uso de la tierra	44
A. Agricultura sin limitaciones	44
B. Agroforestería con cultivos permanentes	44

CONTENIDO	PAGINA
C. Sistemas silvopastoriles	44
D. Tierras forestales para producción	45
E. Tierras forestales de protección	45
7.2. Determinación de la capacidad - fertilidad del suelo	47
7.2.1. Descripción de las unidades de capacidad – fertilidad	49
A. Ld	49
B. Ldh	49
C. Ldhk	50
D. LCd	50
E. LCdk	50
F. Lsdhke	50
8. CONCLUSIONES	52
9. RECOMENDACIONES	54
10. BIBLIOGRAFÍA	56
11. ANEXOS	58
11.1. Boleta para la toma de datos para la determinación de la capacidad de uso de la tierra según el Instituto Nacional de Bosques	59
11.2. Boleta para la identificación de muestras para la clasificación del suelo por capacidad – fertilidad.	60
11.3. Datos obtenidos del estudio	61
11.4. Mapas sobre el comportamiento edáfico del suelo según el estudio	65

INDICE DE CUADROS

NUMERO	PAGINA
Cuadro 1: Distribución de unidades de suelos por capacidad – fertilidad a nivel mundial	23
Cuadro 2: Modificadores mas comúnmente encontrados en el agrupamiento mundial	24
Cuadro 3: Modificadores que ocurren solos o en combinación con otros en suelos de Brasil	25
Cuadro 4: Frecuencia de distribución de grupos de fertilidad – capacidad en 678 suelos de Brasil	25
Cuadro 5: Combinaciones mas comunes de tipos y modificadores en los suelos de Brasil	25
Cuadro 6: Principales variables climáticas que afectan el área central del mpio. de Pachalum	29
Cuadro 7: Principales cultivos del área central del municipio de Pachalum, Quiche	31
Cuadro 8: Análisis desarrollados a nivel de laboratorio	37
Cuadro 9: Unidades fisiográficas del área de estudio	40
Cuadro 10: Distribución de los rangos de pendiente en el área de estudio	42
Cuadro 11: Comportamiento de la profundidad efectiva del suelo en el área de estudio	42
Cuadro 12: Pedregosidad del área de estudio	43
Cuadro 13: Categorías de capacidad de uso de la tierra del área de estudio	44
Cuadro 14: Categorías de distribución textural del área de estudio	47
Cuadro 15: Indicadores de la reacción del suelo del área de estudio	47
Cuadro 16: Indicador del comportamiento de la CIC en el área de estudio	48
Cuadro 17: Indicadores del comportamiento del nivel de potasio intercambiable en suelos del área de estudio	48
Cuadro 18: Categorías de capacidad – fertilidad de los suelos del área en estudio	49

INDICE DE FIGURAS

NUMERO	PAGINA
Figura 1: Mapa base del área de estudio, Pachalum, Quiche	28
Figura 2: Metodología de Capacidad-Fertilidad	38
Figura 3: Mapa de unidades fisiográficas del área de estudio	41
Figura 4: Mapa de capacidad de uso de la tierra	46
Figura 5: Mapa de categorías de capacidad – fertilidad	51
Figura 5A: Mapa de puntos de muestreo	65
Figura 6A: Mapa de clasificación textural	65
Figura 7A: Mapa del comportamiento de la reacción del suelo	67
Figura 8A: Mapa del comportamiento de la CIC	68
Figura 9A: Mapa del comportamiento del potasio intercambiable en el suelo	69
Figura 10A: Mapa de profundidades efectivas del suelo	70
Figura 11A: Mapa de pendientes	71
Figura 12A: Mapa de pedregosidad	72

ESTUDIO SEMIDETALLADO DE LOS SUELOS Y TIERRAS DEL ÁREA CENTRAL
DEL MUNICIPIO DE PACHALUM, DEPARTAMENTO DEL QUICHE.

PARTIAL DETAILS OF SOILS AND LANDS STUDIES OF CENTRAL AREAS
FROM PACHALUM, QUICHE.

RESUMEN

El 65% de la población del municipio de Pachalum, Quiché, se dedica a la explotación agropecuaria, mas la falta de conocimiento de las características edáficas útiles en la producción por parte de los productores y autoridades encargadas del desarrollo productivo ha provocado un deficiente y limitado aprovechamiento del mismo, reduciendo los niveles de producción agropecuaria a nivel general.

Mediante el estudio semidetallado de los suelos y tierras del área central del municipio de Pachalum, se contempló el análisis de las características y comportamiento edáfico para obtener bases suficientes para recomendar el uso de los recursos edáficos, naturales y financieros en el sector productivo dirigiendo la producción en forma técnica, racional y eficiente.

El estudio se realizó en un área de 385.73 hectáreas a través de cuatro etapas: Fase inicial de gabinete, fase de campo, fase de laboratorio y fase final de gabinete. Para el estudio del suelo se determinó su capacidad – fertilidad mediante la utilización de la metodología citada por S. W. Buo , la cual asume categorías de tipos, subtipos y modificadores y la tierra se analizó mediante la determinación de su capacidad de uso utilizando la metodología desarrollada por el Instituto Nacional de Bosques para tal fin.

Como resultado de la presente investigación se definieron 5 categorías de capacidad de uso de la tierra: Agricultura sin limitaciones (11.56%), agroforesteria con cultivos permanentes (17.50%), sistemas silvopastoriles (40.94%), tierras forestales para producción (15.13%) y tierras forestales de protección (15.27%).

En cuanto a la capacidad – fertilidad de los suelos del área en estudio, se presentó una textura franca a nivel superficial y de arenosa a arcillosa en estratos subsuperficiales. Se identificaron limitaciones a nivel del área como: Bajo régimen hídrico (períodos secos mayores a 60 días consecutivos), reacción ligeramente ácida (pH entre 5.0 y 6.0), bajos niveles de potasio intercambiable (< 0.2 meq / 100 gr) y

capacidad de intercambio cationico (< 7 meq / 100 gr). En base a lo anterior se obtuvieron 6 categorías diferentes: Ld (42.63%), Ldh (8.38%), Ldhk (13.60%), LCd (26.22%), LCdk (5.74%) y LSdhke (3.28%).

En base a los anteriores resultados se recomienda la creación de practicas de conservación de suelos como barreras vivas y muertas aprovechado los materiales presentes en el área, así como la utilización de pastos adaptados a la región en el aprovechamiento de áreas potenciales para sistemas silvopastoriles. En cuanto a la fertilización se recomienda la utilización de materia orgánica para elevar el Intercambio de cargas en la solución del suelo así como la utilización de fertilizantes de reacción neutra o ligeramente básica o el encalado de áreas con problemas de acidez y el uso de fuentes de potasio en suelos con bajo nivel de este elemento, así como un mejor aprovechamiento del recurso hídrico para aminorar el efecto negativo provocado por la acción de prolongados períodos de sequía.

1. INTRODUCCION

La utilización eficiente de los recursos naturales es de particular importancia en los países subdesarrollados en los cuales las limitaciones de cada uno de ellos no permite la formulación de políticas con el objetivo primordial de desarrollar las principales actividades económicas de un área en particular.

Guatemala se caracteriza por tener en la agricultura una de las bases más importantes de su economía, lo cual demanda aumentar dicha eficiencia, por lo que debe existir un conocimiento y planificación completa sobre el ambiente biofísico que es necesario en el proceso de producción agrícola.

Recientemente en el municipio de Pachalum, Quiché, se ejecutó el sistema de riego por aspersión "San Antonio Las Flores", el cual está distribuido en las diferentes localidades del municipio, teniendo una cobertura de aproximadamente 100 hectáreas. Este logro ha dado la pauta para la ampliación de actividades productivas dentro del municipio al eliminar la estacionalidad de la producción; mas sin embargo el comportamiento agropecuario y forestal del área no está afectado únicamente por la acción de un factor, si no por la interacción de varios de ellos, dentro de los cuales el suelo ocupa un lugar sustancial en este proceso, por lo que el conocimiento de sus características y propiedades representan una base importante en la toma de decisiones al enfocar el área a sistemas de producción agrícolas, pecuarios o forestales sostenibles y rentables.

El presente estudio se planteó con la finalidad de determinar categorías de fertilidad y de capacidad de uso de las localidades Veguitas de Mercedes, Xemap, La Joya, El Aguacate y Los Planes, áreas que por su condición topográfica y fisiográfica son más aptas para la explotación intensiva, a través de metodologías basadas en conceptos de análisis de la capa arable del suelo, datos que brindaron información practica y útil en la recomendación y orientación del uso productivo de la región en estudio, a través de la determinación de la capacidad de uso y la clasificación de categorías de fertilidad mediante la metodología sugerida por S. W. Buol (3).

Esta investigación se desarrolló con el apoyo de la municipalidad de Pachalum, Quiché, la cual servirá de base para la planificación eficiente, racional y sostenible del recurso suelo del área en estudio, como parte al apoyo productivo de la zoná.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el municipio de Pachalum, ubicado en la parte sur-oriental del departamento de Quiché la mayoría de sus habitantes se dedican a la producción agrícola, la cual practican de manera tradicional y poco tecnificada.

La falta de conocimiento de las características edáficas útiles en la producción agropecuaria por parte de los agricultores y autoridades encargadas del desarrollo productivo ha provocado un manejo deficiente de este recurso y un limitado aprovechamiento del mismo, lo que ha influido en la degradación y el deterioro de este factor determinante en la producción agrícola.

En los sistemas agroecológicos del área se observa mucha fragilidad, esta situación se hace particularmente importante en el lugar de estudio, en donde la producción actual requiere el mejor aprovechamiento posible y el aumento de la eficiencia operativa para vencer las limitaciones que se padecen al practicar una agricultura de manera inapropiada al no tomar en consideración las características intrínsecas del suelo en cuanto a su capacidad de uso y sus limitaciones en materia de fertilidad.

El problema central se enfocó en la falta de estudios de cuyos datos e información se pueda inferir y explicar las características y el comportamiento edáfico del área central del municipio de Pachalum y poder así tener bases suficientes para recomendar el uso de los recursos edáficos, materiales y financieros en el sector productivo dirigiendo la producción en forma técnica, racional y eficiente para garantizar el incremento de la rentabilidad en las explotaciones agrícolas, forestales o pecuarias que se desarrollen en el área que abarcó el presente estudio.

3. MARCO TEORICO

3.1. El sistema de producción agrícola

Se conceptualiza que la producción de un sistema agrícola o agroecosistema es la salida que se obtiene como resultado de la interacción de sus tres componentes, suelo, planta y clima, con la acción del manejo que el ser humano puede introducir sobre ellos. La producción de cosechas, que es un aspecto relacionado con el crecimiento, también puede expresarse como (1):

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

3.2. Sistema suelo

Conceptualmente 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, el cual tiene la capacidad de brindar soporte y elementos nutritivos a la cubierta vegetal (6).

Algunos autores indican que al considerar el suelo, es fundamental recordar que el suelo es uno de los componentes de un sistema de producción, no el único ni el mas, ni el menos importante. Lo que determina la producción es la mejor interacción que se logre entre los tres componentes (suelo, planta y clima) a través del manejo, y no las características aisladas de uno y otro (1).

Es importante mencionar que los suelos son el producto de la interacción de cinco factores, de ahí que las posibilidades de diversidad sean tan altas. De estos factores, dos son considerados pasivos: el material parental y el relieve, sobre los que actúan dos elementos: el clima y los organismos, todo ello ocurriendo a lo largo del tiempo (3).

El término tierra se refiere a todo lo que se encuentra en la superficie terrestre, que incluye los aspectos biofísicos y socioeconómicos, en tanto que el vocablo suelo se refiere a un termino más restrictivo que comprende la capa superior de esta superficie, presentando una mezcla de compuestos minerales y orgánicos que han surgido como producto de la interacción de varios componentes ambientales biofísicos que han dado lugar a un medio propicio para que se desarrollen sobre el, organismos de naturaleza vegetal (7).

3.3. 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 en un equilibrio adecuado. Se entiende también que el suelo debe estar razonablemente libre de sustancias tóxicas que perjudiquen el crecimiento de la planta y de esta manera tener propiedades físicas satisfactorias. Por el contrario, la productividad del suelo es una capacidad para producir cosechas (12).

En consideración de lo anterior, la fertilidad, las buenas prácticas de administración y las condiciones climáticas (que incluyen la luz para el proceso fotosintético, temperaturas adecuadas para el funcionamiento del sistema bioquímico de la planta, aire con CO₂ y cantidad de agua adecuada) contribuyen a la productividad del suelo (12).

Algunos especialistas enfatizan que la fertilidad indica la condición de nutrimentos de la planta en el suelo, mientras que la productividad señala la resultante de factores diversos que influyen en la productividad de los cultivos, tanto dentro como más allá del suelo. La productividad es básicamente un concepto económico y no una propiedad del suelo, que implica en el mismo tres cosas:

- El manejo
- El producto (los rendimientos de ciertos cultivos)
- El tipo de suelo.

3.4. Importancia de la fertilidad y de un diagnóstico

Los suelos son el medio en el cual los cultivos crecen para alimentar y vestir al mundo, entender la fertilidad de los suelos es entender una necesidad básica de la producción de cultivos, ésta es vital para un suelo productivo. Un suelo fértil no tiene necesariamente que ser un suelo productivo, ya que un drenaje insuficiente, insectos, sequía y otros factores pueden limitar su producción; aun teniendo fertilidad adecuada. Para comprender mejor la fertilidad del suelo, debemos en primer lugar conocer los otros factores que favorecen o limitan la productividad (13).

Debido al hecho de que tanto el agua como el aire ocupan espacios porosos del suelo, aquellos factores que afectan las relaciones hídricas necesariamente influenciarán el aire del suelo, lo que a la vez provocará cambios en la humedad afectando la temperatura del mismo; afectando la disponibilidad de

nutrientes dada por el balance entre agua y suelo y la temperatura de éste. El crecimiento radicular está influenciado por la temperatura, por el aire y el agua del suelo (13).

3.5. Características que definen la fertilidad de suelos

Para comprender la productividad del suelo se debe reconocer las relaciones suelo – planta existentes. Algunos de los factores externos que controlan el crecimiento de las plantas son: aire, calor (temperatura), luz, soporte mecánico, nutrientes y agua. La planta depende del suelo en forma total o parcial para el suministro de otros factores, con excepción de la luz. Cada uno de ellos afecta en forma directa el crecimiento de la planta y guardan una estrecha relación entre los mismos. Los autores coinciden en mencionar que las características de los suelos pueden agruparse en tres divisiones principales: Químicas, físicas y biológicas (1).

3.5.1. Propiedades físicas

En este grupo se incluyen la textura del suelo, estructura, color, temperatura, profundidad, porosidad, consistencia y topografía.

3.5.1.1. Textura y estructura

Se puede definir como textura a la proporción relativa de arena, limo, y arcilla contenidos en el suelo. Cuanto más pequeñas sean las partículas, la textura será del tipo arcilloso y cuanto mas grandes, más se aproximará al tipo arenoso, mientras que como estructura se conoce a la distribución espacial de estas partículas primarias (4).

Tanto la textura como la estructura influyen en la cantidad de aire y agua que las plantas en crecimiento pueden obtener. El tamaño de las partículas es importante por dos razones:

- a. Las partículas de arcilla que son muy pequeñas encajan entre sí, 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, tiene un área de superficie alrededor de veinticinco veces mayor

que la partícula de arena más pequeña. A medida que aumenta el área de superficie también aumenta la cantidad de agua adsorbida (retenida).

A lo anterior se debe el hecho de que la arena retenga cantidades de agua relativamente pequeñas ya que sus grandes espacios porosos permiten que el agua drene libremente del suelo. Las arcillas adsorben cantidades relativamente grandes de agua debido a que sus pequeños espacios porosos retiene el agua en contra de la fuerza de la gravedad (4).

3.5.1.2. Color

El color varía mucho entre las diversas clases de suelo y los distintos horizontes de su corte. Constituye una característica fácilmente observable y un criterio descriptivo importante en la clasificación de suelos.

Esta propiedad física del suelo puede depender de la herencia de su material originario, a menudo el color del suelo es un resultado de sus procesos formativos y se denomina color adquirido o genético. (1)

El contenido de materia orgánica, la condición del drenaje y la aireación del suelo, son factores relacionados con el color (4).

3.5.1.3. Temperatura

La radiación calórica del sol es la principal fuente primaria de calor del suelo. 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 (colores claros y oscuros), el clima, la altitud, el aspecto de la tierra y la capa vegetativa presente. La temperatura provoca efectos en la germinación de las semillas y es importante en la actividad de los microorganismos (4).

3.5.1.4. Porosidad

Diversos edafólogos coinciden en que los espacios vacíos entre cada partícula del suelo constituyen sus poros. Estos pueden estar ocupados por agua o aire. El volumen total de poros constituye la porosidad. Es importante que la proporción de agua y aire sea balanceada; sin embargo, los porcentajes varían de acuerdo al clima y al relieve (4).

3.5.1.5. Profundidad del suelo

Está 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 (4).

3.5.1.6. 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 (1).

3.5.2. Propiedades químicas

3.5.2.1. Arcillas. Coloides inorgánicos

A medida que los suelos se forman durante el proceso de intemperización, algunos minerales se dividen en partículas extremadamente pequeñas. Los cambios químicos que se producen más tarde reducen aun más el tamaño de estas partículas hasta el punto de que no es posible verlas a simple vista. A las partículas más pequeñas se les llama coloides. El tipo de material madre y el grado de intemperización determinan las clases de arcillas que se encuentran presentes en el suelo. Debido al hecho de que los coloides del suelo se derivan de estas arcillas, su reactividad también está influenciada por el material madre y la intemperización (4).

3.5.2.2. Capacidad de Intercambio Catiónico

Los suelos están compuestos de tres formas de la materia: Sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está compuesta de materiales orgánicos e inorgánicos, consistiendo la fracción orgánica en residuos de plantas y animales en todos los estados de descomposición, y en la llamada fase estable denominada normalmente como humus (15).

La fracción inorgánica de los sólidos del suelo está compuesta por minerales primarios y secundarios y consiste en partículas desde el tamaño de rocas al de pequeñas moléculas coloidales. Las fracciones del suelo en las que se asienta el cambio iónico son las fracciones orgánica y mineral, cuyas partículas tienen un diámetro efectivo menor de 20 micras. Esto incluye una parte de la fracción limosa y la totalidad de la arcilla, así como la materia orgánica coloidal (15).

A causa de que los cationes están cargados positivamente, son atraídos por las superficies cargadas negativamente. En la fracción orgánica estas cargas provienen de grupos $-\text{COOH}$ y $-\text{OH}$, y quizás también, aunque en menor proporción, de grupos $-\text{NH}_2$. La carga en la fracción de arcilla inorgánica proviene generalmente de dos fuentes. La primera es la sustitución isomorfica y la segunda está causada por la ionización de los grupos hidroxilo adheridos a los átomos de sílice en las aristas de las superficies tetrahedrales(15).

La carga resultante de la sustitución isomorfica está uniformemente distribuida sobre las laminas de arcilla. Proviene de la sustitución de un átomo de sílice o aluminio por un átomo de geometría similar, pero de carga inferior. Esto provoca un exceso de carga negativa. La carga negativa de los cantos de las laminas de arcilla proviene esencialmente de la reacción que se ilustra en la siguiente ecuación.



Los minerales de arcilla de los suelos son de dos clases generales 2:1 y 1:1. Las arcillas 2:1 están compuestas de capas, cada una de las cuales consiste en dos laminas de sílice entre las que se encuentra una capa de alúmina. Ejemplo de arcillas 2:1 son: La montmorillonita, beidellita y vermiculita; las arcillas 1:1 están también compuestas por capas, cada una de las cuales consiste en una lámina de sílice y otra de alúmina. Las cargas de las arcillas del tipo 2:1 provienen en su mayor parte de la sustitución isomorfica, mientras en las del tipo 1:1 proviene de la ionización del hidrógeno de grupos OH en las aristas de las partículas. La carga en las arcillas del tipo 2:1 es mayor que en las del tipo 1:1 (15).

La carga negativa que desarrollan los coloides orgánicos y minerales está neutralizada por los cationes atraídos por las superficies de estos coloides. La cantidad de cationes que el suelo es capaz de intercambiar en solución expresada en miliequivalentes por 100 gramos de suelo secado al horno es denominada Capacidad de intercambio catiónico. Esta es una de las mas importantes propiedades químicas del suelo y está estrechamente relacionada con la fertilidad del mismo. Es necesario un completo conocimiento del cambio cationico para el entendimiento de los fenómenos de fertilidad y acidez del suelo. Por lo tanto la siguiente breve relación se da para saber la manera de medir esta propiedad. Los procedimientos para medir la CIC de los suelos difieren, pero las siguientes descripciones simplificadas ilustran los rasgos más notables (15).

El cambio catiónico, como se ha dicho previamente, significa el cambio de un catión por otro en la superficie de un coloide. Los coloides del suelo han absorbido en sus lugares de intercambio numerosos cationes, entre ellos el calcio, magnesio, potasio, sodio, amonio, aluminio, hierro e hidrógeno, que están retenidos en varios grados de intensidad, según sus cargas y su capacidad de hidratación y deshidratación. Como regla los iones con una valencia de 2 ó 3 están sostenidos mas fuertemente que los cationes monovalentes. También la mayor intensidad de hidratación de un ion significa que está sostenido menos estrechamente.

Cuando un suelo conteniendo toda esta cantidad de diferentes iones es tratado con una solución acuosa de sal concentrada como el amonio todos los cationes adsorbidos son reemplazados por los iones de amonio, la fracción coloidal del suelo está entonces saturada con amonio. Si este suelo saturado de amonio es tratado con una solución de otra sal, pongamos por caso ClK 1.0N, los iones de potasio reemplazaran a los de amonio. Si la suspensión del suelo y cloruro potásico es filtrada, el filtrado contendrá los iones de amonio adsorbidos por el suelo. La cantidad de iones amonio presentes en el lavado es una medida de la CIC del suelo en cuestión (15).

En suelos volcánicos, como es común en Guatemala, se encuentran las arcillas amorfas alófono, que tiene un enlace especial con materia orgánica. La contribución de CIC por las aristas de las arcillas, especialmente en arcillas amorfas, es muy afectado por el pH, de hecho estas cargas negativas se llaman pH-dependientes. En cambio la CIC que proviene de sustitución isomorfica es permanente y no esta afectado por el pH, por lo que entonces las reacciones protónicas en el suelo halan una porción de sus protones de las orillas de las arcillas o de la materia orgánica, dejando cargas negativas (13).

3.5.2.3. Capacidad de Intercambio cationico efectiva.

Debido a las múltiples dificultades para estimar correctamente la capacidad de cambio de un suelo que tiene cargas permanentes y variables, se ha propuesto que ésta propiedad se determine sumando los miliequivalentes de los diferentes cationes de cambio a los del aluminio e hidrógeno presente, a esta sumatoria se le llama Capacidad de Intercambio efectiva (5).

3.5.2.4. Saturación de bases

La saturación es "el estado de una disolución que no admite más cantidad de soluto para aquellas

condiciones de volumen de disolvente y temperatura" (1).

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 (Al y H) correspondería al complemento del anterior hasta el 100% (5). De igual manera se estima como el porcentaje de la total CIC ocupada por cationes básicos (Ca, Mg, Na y K) (15).

3.5.2.5. Reacción del suelo

La reacción del suelo es el concepto que se refiere a las relaciones de acidez y basicidad del mismo; se trata de una propiedad que influye tanto en sus características químicas y físicas, además de tener considerable impacto sobre la vida microbiana de este medio.

Entre los procesos de gran importancia regulados por la reacción del suelo se puede indicar la meteorización de minerales y la forma de arcillas, la descomposición de materia orgánica y la disponibilidad mayor o menor de muchos nutrimentos.

Las ideas sobre ácido – base se acostumbra estudiarlas teniendo en cuenta tres conceptos fundamentales referentes a que es un ácido y que una base: El más antiguo de ellos es el concepto de Arrhenius, quien indica que un ácido es un compuesto que contiene un hidrógeno ionizable que en soluciones forma el ion hidrógeno (H^+), similarmente consideraba como bases a los compuestos capaces de producir hidroxilos (OH^-) en soluciones. Un concepto mas moderno ha sido propuesto por Bronsted y Lowry, (5) quienes definen a un ácido como un compuesto capaz de ceder un protón (H^+) en forma complementaria, una sustancia capaz de aceptar un protón es una base. Una tercera teoría desarrollada por Lewis considera como ácidos a los compuestos capaces de aceptar un par de electrones, por bases se entiende a aquellos que los pueden ceder (5).

La reacción del suelo se evalúa midiendo su pH, es decir el logaritmo negativo de la actividad de iones de H^+ en la solución o suspensión (5). El pH influye en la disponibilidad de nutrientes, especialmente el fósforo y micronutrientes. No siempre es así, pero suelos ácidos, generalmente son suelos muy meteorizados, con mucha lixiviación y bajos niveles de cationes, caracterizados por climas lluviosos, lo cual es necesario para cumplir la meteorización que produjo acidez. Lo opuesto también es común, los suelos alcalinos generalmente se dan en zonas que tengan pocas lluvias y con mal drenaje. En estas condiciones

se tiene la acumulación de nutrientes (sales) y a veces Na, entonces estos suelos tienden a tener poca meteorización con altos niveles de cationes (16).

3.6. 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 para su desarrollo (15).

Arnon de California ha establecido los siguientes puntos a este respecto:

- a. Una deficiencia del elemento hace imposible para la planta completar el estado vegetativo o reproductivo de su vida.
- b. Los síntomas de deficiencia del elemento en cuestión pueden ser prevenidos o corregidos solamente mediante el suministro del elemento.
- c. El elemento está 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.

Algunos autores indican la existencia de 17 elementos químicos esenciales para el crecimiento de las plantas. Los dividen en dos grupos principales: Minerales y no minerales.

Los nutrientes no minerales son: Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O). Estos nutrientes se encuentran en la atmósfera y en el agua y son utilizados en la fotosíntesis. Dentro de los restantes nutrientes minerales provenientes del suelo, se pueden dividir en:

Macronutrientes primarios (N, P, K)

Macronutrientes secundarios (Ca, Mg, S)

Micronutrientes (Mn, Zn, Cu, Fe, B, Mo, Cl, Ni)(1)

3.7. Clasificaciones de tierra y suelo

3.7.1. Clasificación de tierras por capacidad de uso según el Instituto Nacional de Bosques

3.7.1.1. Conceptos asociados en la determinación de la capacidad de uso de la tierra

En cuanto al marco conceptual para facilitar la comprensión y adopción de criterios uniformes de este sistema desarrollado por el INAB se presenta en orden alfabético los siguientes conceptos, a partir de los cuales se desarrolla la metodología de clasificación por capacidad de uso.

- A. **Análisis del paisaje:** Conjunto de conceptos, métodos y técnicas que permiten interpretar imágenes (fotos, mapas, imágenes de satélite) de la superficie terrestre, basadas en la relación fisiografía-suelo. Se asume que los suelos son perfiles tanto como paisajes.
- B. **Capacidad de uso de la tierra:** Determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico en el suelo.
- C. **Clasificación de tierras por capacidad de uso:** Es un agrupamiento de interpretaciones que se hacen principalmente para fines agrícolas y comienza por la distinción de las unidades de mapeo. Permite hacer algunas generalizaciones con respecto a las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo. Se refiere solo a un nivel máximo de aplicación del recurso suelo, sin que este se deteriore, con una tasa más grande que la tasa de su formación. En este contexto, el deterioro del suelo se refiere sobre todo al arrastre y transporte hacia debajo de la pendiente de partículas de suelo por la acción de agua precipitada.
- D. **Evaluación de tierras:** Ritchers (1995) señala que es una actividad que describe e interpreta aspectos básicos de clima, vegetación, suelos y de otros aspectos biofísicos y socioeconómicos para identificar probables usos de la tierra y compararlos con el rendimiento estimado de su aplicación sostenible, es decir su aplicación deseada.
- E. **Leyenda fisiográfica:** Es una jerarquización de lo general a lo particular del paisaje de una zona particular como producto de un análisis paisajístico basado en criterios fisiográficos y geomorfológicos.
- F. **Paisaje:** Porción tridimensional de la superficie terrestre, resultante de una misma geogénesis, que pueden describirse en términos de similares características climáticas, morfológicas, de material parental y de edad, dentro de la cual puede esperarse una alta homogeneidad pedológica, así como una cobertura vegetal o un uso de la tierra similares.
- G. **Profundidad efectiva del suelo:** Es aquella profundidad que las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente para obtener agua y nutrimentos. Es la profundidad hasta cualquier capa en el perfil del suelo que difiere del material superficial en propiedades químicas y físicas, que en una u otra forma puede retardar el desarrollo y penetración de las raíces. Se mide en función de la existencia de un cuerpo que

mecánicamente impide o limita el desarrollo radical, clase de roca, ripio o estratos compactados y/o endurecidos (SEGEPLAN/PNUD 1991).

H. Sobre uso de la tierra: Uso de una unidad de tierra a una intensidad mayor a la que soportan en términos físicos.

I. Subuso de la tierra: Uso de una unidad de tierra a una intensidad menor que la que es capaz de soportar en términos físicos.

J. Suelo: Sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo influencia del clima y del medio, se diferencia en horizontes y suministra, en parte, los nutrimentos y el sostén que necesitan las plantas, al contener cantidades apropiadas de aire y agua. (FASSBENDER, 1982).

K. Tierra: Todos los aspectos del ambiente natural de una parte de la superficie de la tierra, en la medida en que ellos ejerzan una influencia significativa sobre su potencial de uso por el hombre. Incluye la geología, la fisiografía, los suelos, el clima, la vegetación.

L. Unidad de mapeo: Es una parte de la superficie terrestre con un tamaño definido en función del nivel y escala de levantamiento y los criterios de clasificación de la tierra. Existen unidades puras, asociaciones, consociaciones, complejos. (Kingebiel y Montgomery 1961; SEGEPLAN et al 1994).

M. Unidad de tierra: Según FAO, es una superficie de la tierra, por lo general mapeada, con características específicas, la cual se usa como base para una evaluación. La FAO indica que estas unidades deben aproximarse a las "unidades de manejo" con respuestas uniformes a los sistemas relevantes de manejo.

N. Uso correcto: Uso que indica que no hay discrepancia entre la capacidad de uso de la tierra y el uso que actualmente se le está dando. (Komives et al. 1985, Ritchers 1995).

O. Uso de la tierra: Descripción de las formas de uso de la tierra. Puede ser expresado a un nivel general en términos de cobertura vegetal. A un nivel mas específico se habla del tipo de uso de la tierra, el cual consiste en una serie de especificaciones técnicas dentro de un contexto físico, económico y social (FAO 1985, 1991).

P. Uso potencial: Uso virtualmente posible con base en la capacidad biofísica de uso, y las circunstancias socioeconómicas que rodean a una unidad de tierra. Indica el nivel hasta el cual se puede realizar un uso

según la supuesta capacidad del suelo, bajo las circunstancias locales y actuales. Bajo este contexto, el uso potencial es menos intensivo o de igual intensidad que el uso a capacidad, pero nunca más intensivo (10).

3.7.1.2. Ubicación referencial del área asociada a la clasificación por capacidad de uso de la tierra

El área en estudio se encuentra a inmediaciones del río Motagua e incluyen suelos formados a partir de materiales geológicos tales como filitas, esquistos, dioritas, serpentinitas, gneis; pueden considerarse inclusiones, algunas calizas y valles con cubierta del pómez, que se localizan dentro de esta región. Entre los usos de la tierra predominantes en esta región, se encuentran , tierras con bosques y cultivos de subsistencia (Maíz y frijol) (10).

3.7.1.3. Factores que determinan la capacidad de uso de la tierra

Entre los factores que se consideran como determinantes están la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno, ambos varían en sus rangos dentro de las regiones en que se dividió al país. Adicionalmente se consideran la pedregosidad (superficial e interna) y el drenaje superficial como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra. Estos cuatro factores fueron considerados dentro del esquema adoptado en virtud de que, a juicio de expertos, son los que principalmente definen la aptitud física para el crecimiento, manejo y conservación de una unidad de tierra cuando es utilizada para propósitos específicos como usos de naturaleza forestal y agroforestal (Rodas 1996) (10).

3.7.1.4. Descripción de las variables y formas de estimarlas

Como ya fue mencionado, la metodología adoptada utiliza únicamente variables físicas, pendiente, profundidad efectiva del suelo, pedregosidad y drenaje, las que se describen como sigue:

A. Pendiente

Se refiere al grado de inclinación de los terrenos (unidades de tierra) expresado en porcentaje. Los rangos de pendiente son variables dentro de cada una de las regiones naturales que se han definido en la presente metodología. A nivel de gabinete se estima por medio de técnicas cartográficas utilizando mapas de curvas a nivel. En el caso de extensiones relativamente pequeñas, debe estimarse también la pendiente con técnicas cartográficas a manera de guía, pero deben ser medidas en campo mediante

procedimientos topográficos: nivelaciones con nivel de mano o aparatos rústicos, entre otros, a menos que existan levantamientos topográficos. No debe olvidarse que lo que va a determinar la clasificación en una unidad cartográfica, es la pendiente máxima, es decir la mayor inclinación que presente la unidad, expresada en porcentaje.

B. Profundidad efectiva del suelo

Se refiere a la profundidad máxima del suelo susceptible de ser penetrada por sistemas radiculares de plantas, nativas o cultivadas, dentro de toda la gama de usos agropecuarios y forestales posibles. No se considera parte de la profundidad efectiva horizontes "R" o capas endurecidas en forma natural o por efecto de labranza. Se considera como limitante de la profundidad las capas endurecidas cuya dureza no permitan ser rayadas (en estado seco) con una moneda de cobre. En forma práctica, la mayoría de capas "R" del suelo o bien los horizontes parcialmente alterados que no permiten la penetración de las raíces, son las que determinan la profundidad efectiva dentro del suelo.

C. Pedregosidad

Se refiere a la presencia de fracciones mayores a las gravas (0.045 metros de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil del mismo. Incluye afloramientos rocosos, ya sea de materiales de origen o transportados como materiales aluviales. Este factor puede ser de naturaleza limitante y no limitante.

D. Drenaje

Se refiere a la facilidad con la que el agua se infiltra y/o percola en el interior del perfil del suelo. Su cualificación se hace a través de indicadores del drenaje como: Presencia directa de capas de agua sobre la superficie del terreno, procesos de reducción dentro del perfil del suelo (moteados grisáceos), clase textural, presencia de capas endurecidas (10).

3.7.1.5. Categorías de capacidad de uso

Las categorías de capacidad de uso que se emplean en la metodología se ordenan en forma decreciente en cuanto a la intensidad de uso soportable sin poner en riesgo la estabilidad –física- del suelo, se presentan a continuación. No se incluyen ~~en criterios~~ de fertilidad de suelos, ni aspectos ligados a la

producción, por lo que son categorías indicativos de usos mayores en términos de la protección que ofrecen a las capas superiores de los suelos. Bajo este contexto, las categorías son las siguientes:

A. AGRICULTURA SIN LIMITACIONES (A)

Áreas con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, pedregosidad, profundidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados en forma intensiva o extensiva y no requieren o, demandan muy pocas, prácticas intensivas de conservación de suelos. Pueden ser objeto de mecanización.

B. AGRICULTURA CON MEJORAS (Am)

Áreas que presentan limitaciones de uso moderadas con respecto a la pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje. Para su cultivo se requieren prácticas de manejo y conservación de suelo así como medidas agronómicas relativamente intensas y acordes al tipo de cultivo establecido.

C. AGROFORESTERIA CON CULTIVOS ANUALES (Aa)

Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelo y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo.

D. SISTEMAS SILVOPASTORILES (Ss)

Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tienen limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivos y/o asociados con especies arbóreas.

E. AGROFORESTERIA CON CULTIVOS PERMANENTES (Ap)

Áreas con limitaciones de pendiente y profundidad, aptas para el establecimiento de sistemas de cultivos permanentes asociados con árboles (aislados, en bloques o plantaciones, ya sean especies frutales y otras con fines de producción de madera y otros productos forestales.

F. TIERRAS FORESTALES PARA PRODUCCIÓN (F)

Áreas con limitaciones para usos agropecuarios; de pendiente o pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible, tanto del bosque nativo como de las plantaciones

con fines de aprovechamiento, sin que esto signifique el deterioro de otros recursos naturales. La sustitución del bosque por otros sistemas conllevaría a la degradación productiva de los suelos.

G. TIERRAS FORESTALES DE PROTECCIÓN (Fp)

Áreas con limitaciones severas en cualquiera de los factores limitantes o modificadores; apropiadas para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva. Son tierras marginales para uso agrícola o pecuario intensivo. Tienen como objetivo preservar el ambiente natural, conservar la diversidad, así como las fuentes de agua (10).

3.7.2. 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 (2).

3.7.2.1. 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. Estas clasificaciones técnicas se encuentran en cualquier informe moderno de reconocimiento de suelos de los Estados Unidos. De ninguna manera el propuesto sistema reemplaza o antagoniza los varios sistemas naturales taxonómicos en uso en diferentes partes del mundo. Este sistema se diseñó para agrupar los suelos de acuerdo con las características que afecta la dinámica del fertilizante en los mismos así como su manejo.

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

manejo de su fertilidad. 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 solo 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 o irrigación, no son considerados.

Corrientemente se usan sistemas técnicos como base para mapear suelos por razones económicas falsas. Por lo general, esto no es recomendable pues cambios en el uso de la tierra crean nuevas necesidades que hacen obsoleto el mapa preparado. Se requerirá entonces volver a mapear para incluir en el mapa nuevos parámetros, con la consecuente duplicidad del trabajo de campo. 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 (Soil Survey Staff, 1970), así como a otros sistemas de clasificación (2).

Esta previsto de que el principal uso será por los especialistas en fertilidad de suelos con el objeto de extrapolar resultados de un campo a otro, por lo tanto 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 mutuamente exclusivos (3).

3.7.2.2. Formato

A. Tipo y subtipo

El sistema consiste de tres niveles. El tipo es la categoría superior y esta determinada por la textura promedio de la capa arable o de los 20 cms 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. (2)

El subtipo es la textura del subsuelo que ocurre dentro los 50 cms de profundidad. Se incluye solo si esta 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 argílico empieza a los 60 cms. De profundidad, sería designado como S, mientras que un suelo similar en el cual el horizonte argílico empieza a 40 cm 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 arenosa en el subsuelo, será designado como SL (arenoso sobre franco), pero si el subsuelo presenta una textura de arena franca solo es designada como S (arenoso).(2)

B. Modificadores

En general los modificadores se refieren a las propiedades físicas y químicas de la capa arable o los 20 cm 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.

- 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 60 cm durante cierta parte del año. 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.
- b. Modificador d: Según Hardy (1946), 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 regímenes de humedad Ustico, Xérico, Tórrico y Arídico, en la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos. Su importancia en el manejo de fertilidad no está completamente reconocida, sin embargo, existen indicios de varias consecuencias sobre respuestas de nitrógeno y épocas de siembra al inicio de las lluvias.
- 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. Esta condición infiere problemas serios de fertilidad debido a la lixiviación de cationes y complicaciones en las recomendaciones de encalado.

- d. Modificador a: Este modificador se refiere a altas concentraciones de aluminio intercambiable, las cuales podrían ser tóxicas 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 sensibles 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 50 cm. El uso de estos modificadores reflejará la intensidad de futuros requerimientos de encalado.
- f. Modificador i: Este modificador está 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 / 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 este modificador está estrechamente asociado con el orden Oxisol.
- g. Modificador x: Este modificador identifica suelos con mineralogía dominante alofánica. 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 fijación de fósforo de estos suelos.
- 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 vérticos.
- i. Modificador k: Muchos suelos contienen minerales portadores de pequeñas cantidades de potasio, esperándose entonces buenas respuestas a la fertilización potásica. Este modificador intenta delimitar aquellos suelos donde casi siempre el potasio será necesario en un programa de fertilidad.
- j. Modificador b: Este modificador delimita suelos calcáreos o, más específicamente, carbonato de calcio libre dentro de los 50 cm y fijación de fósforo por compuestos calcios. Es fácilmente determinado en el campo cuando el suelo efervesce al aplicar HCl.

- k. Modificador s: Este modificador separa a aquellos suelos con problemas de salinidad para la mayoría de los cultivos y está basado en el criterio general desarrollado por el Laboratorio de Salinidad de suelos de los Estados Unidos (2).
- l. Modificador n: El sodio es considerado debido a su efecto en la dispersión de arcilla y en la disponibilidad de humedad. Este modificador está 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.

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

➤ TIPO:

Textura promedio de la capa arable o 20 cms de profundidad, el que sea menos profundo:

S = Arenoso: Arena y arenas francas (USDA)

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

C = Arcilloso: > 35% arcilla.

O = Suelo orgánico: > 30% materia orgánica en los primeros 50 cms

➤ SUBTIPO:

Usado solo si existe un cambio de textura o una capa dura que impide desarrollo radicular dentro de los primeros 50 cm

S = Subsuelo arenoso

L = Subsuelo franco

C = Subsuelo arcilloso

R = Roca u otra capa dura que restringe desarrollo radicular

➤ MODIFICADORES:

En la capa arable o 20 cm el que sea menos profundo excepto cuando sea marcado con un asterisco (*).

*g = (Gley): Moteadores con cromas < 2 dentro de los primeros 60 cms y debajo de los horizontes A, o

suelo saturado con agua por mas de 60 días en la mayoría de los años.

*d = (Seco): Régimen de humedad ustico o xérico: suelo seco por mas de 60 días consecutivos por un año dentro de 20 a 60 cm de profundidad.

e = (Baja CIC): < 4 meq/100 gr de suelo determinado por suma de bases + aluminio extraído por KCl 1N.
< 7 meq/100 gr de suelo determinado por suma de cationes a pH 7.

< 10 meq/100 gr de suelo determinado por suma de cationes + Al +H a pH 8.2.

*a = (Toxicidad de Al): > 60% de la CIC saturada con Al (por suma de bases + Al) en los primeros 50 cms. > 67% de la CIC saturada con Al (Por suma de cationes a pH 7) en 50 cm. > 86% de la CIC saturada con Al (por suma de cationes a pH 8.2 en 50 cm). pH en agua (1:1) < 5.0 excepto en suelos orgánicos.

*h = (Ácido): 10 a 60% de la CIC saturada con Al (por suma de bases + Al) en los primeros 50 cm.
pH en agua (1:1) entre 5.0 y 6.0

i = (Fijación Fe – P): % Fe_2O_2 libre / % de arcilla > 0.2, o matices mas rojos que 5YR y estructura granular.

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

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

*k = (K deficiente). < 10% minerales meteorizables en la fracción limo y arena dentro de los primeros 50 cm ó un contenido de K intercambiable < 0.2 meq/100 g, o K < 2% de la suma de base si esta es < 10 meq/100g.

*b = (Calcáreo). Carbonato de calcio libre dentro de 50 cm (efervescencia con HCl) o pH > a 7.3.

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

*n = (Sódico). > 15% de la CIC con Na dentro de los primeros 50 cm.

*c = (Cat clay): pH en agua (1:1) menor de 3.5 cuando seco, moteamiento de jarosita con matices 2.5Y o

mas amarillas y cromas de 6 o mas altas dentro de 60 cm (2).

3.7.2.3. Resultados en ensayos de agrupamiento con la utilización de la metodología de capacidad – fertilidad según S. W. Buol.

La primera evaluación consistió en determinar como se agrupan suelos de acuerdo con este sistema. Esto fue estudiado a tres niveles: mundial, nacional y municipal (3).

A. Agrupamiento mundial:

Una muestra de 244 perfiles de varios informes, cubriendo un amplio rango geográfico y morfológico, fueron agrupados de acuerdo a este sistema. Esta muestra consistió de 69 perfiles descritos en la Séptima aproximación (Soil Survey Staff 1960) muchos de los cuales pertenecen a los Estados Unidos; 33 perfiles descritos en el volumen 4 del mapa mundial de suelos de Sur América (FAO-UNESCO, 1971) y los 36 perfiles que aparecen en la monografía exploratoria del mapa de suelos del África (D'Hoore, 1964). También fueron incluidos 46 perfiles de las Filipinas, 40 de la cuenca amazónica y 18 perfiles del Sureste de los Estados Unidos, con los cuales los autores tuvieron experiencia personal. Aunque en muchos casos fue necesario sustituir la experiencia de los autores por la ausencia de datos, fue posible agrupar todos los suelos de acuerdo al sistema (2).

De las posibles 13 combinaciones de Tipo-subtipo, 11 han sido identificadas en esta manera. Los tipos L (franco), C (arcilloso), LC (suelos francos sobre subsuelo arcilloso) y S (arenoso), cubrieron el 92% de la población (Cuadro 1). Un total de 117 combinaciones Tipo-Subtipo fueron encontradas. El cuadro 2, registra las 10 condiciones modificantes mas comúnmente identificadas, las cuales cubren el 51 por ciento de la población (2).

Cuadro 1: Distribución de unidades de suelos por capacidad – fertilidad a nivel mundial.

Tipo y Subtipo	Frecuencia		Combinaciones de modificadores
	No.	%	
L	82	34	31
C	72	30	31
LC	47	19	24
S	22	9	14
SL	4	1	4
CL	3	1	3
Otros (5)	14	6	10
TOTAL	244	100	117

Cuadro 2: Modificadores mas comúnmente encontrados en el agrupamiento a nivel mundial.

Modificador	Interpretación	Frecuencia
a	Toxicidad de aluminio	28
gak	Acuico, toxicidad de Al, deficiencia de K	17
Ga	Acuico, toxicidad de Al	14
eah	Baja CIC, toxicidad de Al, deficiencia de K	13
—	Sin limitaciones de fertilidad	12
g	Acuico	11
d	Estación seca	8
gh	Acuico, ácido	8
db	Estación seca, calcáreo	8
dvb	Estación seca, vértico, calcáreo.	6

Un total de 117 combinaciones modificantes de Tipo-Subtipo, fueron identificadas. Los 10 modificadores más comunes cubrieron el 51% de la población. Muchas combinaciones posibles no fueron identificadas debido al antagonismo de los criterios. Cinco modificadores (v, n, s, x, i) no ocurrieron solos. Esto refleja el hecho de que varios de estos parámetros ocurren juntos en muchos suelos (Cuadro 3). Ninguna característica del perfil permitió usar el modificador "c" (cat clay) en estas muestras.

B. Agrupamiento nacional

La segunda evaluación fue realizada a nivel de un país, para determinar el ámbito de variación de las propiedades encontradas dentro de los límites más recudidos. Todos los 678 perfiles descritos en los informes de reconocimiento de suelos del Brasil, fueron clasificados de acuerdo al sistema.

De las 13 posibles combinaciones de Tipo-Subtipo, nueve fueron encontradas en este estudio (Cuadro 4). Las clases L, C, LC y S, determinaron el 92% de la población, notablemente de acuerdo con el agrupamiento mundial. Un total de 84 combinaciones de Tipo-Subtipo fueron identificadas. Si se consideran solamente las combinaciones que comprenden por los menos el 1% de la población (9 perfiles) el total se redujo a 23 combinaciones (Cuadro 5). Estas combinaciones determinaron el 75% de las muestras de perfiles de suelos brasileiros (2).

Cuadro 3: Modificadores que ocurren solos o en combinación con otros en suelos de Brasil.

Modificador	Solo	En combinación con otros	Total
a	28	78	106
g	11	74	85
d	8	64	72
k	3	70	73
e	1	39	40
b	1	36	37
h	4	20	24
v	0	17	17
n	0	13	13
s	0	11	11
x	0	10	10
i	0	6	6
c	0	0	0

El hecho de que un número grande de perfiles pueden ser agrupados en 23 combinaciones relativas a fertilidad, sugiere que este sistema puede simplificar el enfoque a los problemas de fertilidad. Los 678 perfiles no incluyeron varios modificadores tales como "v", "x" y "c", debido a que no existen en dichos suelos.

Cuadro 4: Frecuencia de distribución de grupos de fertilidad – capacidad en 678 suelos del Brasil

Tipo y Subtipo	Frecuencia		Combinaciones de modificadores
	No.	%	
L	223	33	17
C	195	29	19
LC	112	16	14
S	93	14	12
SL	39	6	9
CL	7	1	4
Otros (3)	7	1	7
TOTAL	678	100	84

Cuadro 5: Combinaciones mas comunes de tipos y modificadores en los suelos del Brasil

Combinaciones de modificadores	Tipo y Subtipo						Total
	L	C	LC	S	SL	Otro	
d	44	39	39	4	2	6	134
di	33	32	17	4	1	0	87
dea	40	21	7	19	4	1	92
deh	27	5	8	33	11	1	85
dai	2	22	1	0	1	1	27
da	11	21	8	1	0	1	42
dh	20	16	11	1	1	1	50
db	8	12	8	1	0	2	31
dhi	10	8	8	0	0	1	31
dehi	6	0	0	9	0	0	15
deai	9	4	1	10	3	0	25
TOTAL	214	180	108	82	23	14	619

La interpretación de éste estudio suscita puntos interesantes. La gran mayoría de suelos (78%) fueron arcillosos, francos o francos sobre arcillosos sin estratos que restrinjan el desarrollo radical. Cerca del 20% de los perfiles no tuvieron limitación de fertilidad excepto "d" o "k". Más del 35% de los perfiles mostraron su baja capacidad de intercambio catiónico "e" en la superficie a pesar de su textura relativamente fina. Esta observación refleja el estado de alta meteorización de muchos suelos brasileros. Es interesante observar que este modificador "e" apareció casi siempre en combinación con otros y solo diez veces independiente. El estudio también muestra que estos suelos son predominantemente ácidos. Alrededor del 27% presentan toxicidad por aluminio "a" y 28% el modificador "h". Solamente el 5% fueron calcáreos, el modificador "i" el cual denota alta fijación de fósforo por compuestos de hierro se manifestó en el 27% de las muestras. (2)

Las agrupaciones mundial y brasileras indican que suelos pertenecientes al mismo grupo taxonómico (Paleudults, Latosol, Roxo, etc) se clasifican en diferentes grupos de capacidad-fertilidad, tal como se esperaba. Consecuentemente la taxonomía natural no puede ser directamente extrapolada a este sistema técnico. Los parámetros específicos de capacidad-fertilidad tienen que ser evaluados independientemente en este sistema.

C. Agrupamiento local

La tercera evaluación consistió en determinar el número de grupos encontrados en un área de manejo. El reconocimiento detallado de suelos en el municipio de Wake en Carolina del Norte (Cawthorn, 1970) fue estudiado con este propósito. Este municipio consta de 145 unidades de mapeo (fases de suelo) y 40 series de suelos. Cuando los suelos fueron agrupados por capacidad-fertilidad, solamente 6 combinaciones de Tipo-Subtipo fueron identificadas y 5 modificadores. Las 145 unidades de mapeo fueron reducidas a 15 unidades en relación con la fertilidad (2).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Características generales del área de estudio

4.1.1. Ubicación natural

El área central del municipio de Pachalum que abarcará el presente estudio, está ubicado en la parte central de la región fisiográfica denominada Tierras altas cristalinas (14) o tierras Metamórficas de acuerdo a la división natural del país con fines de aplicación de la metodología de clasificación de tierras por capacidad de uso adoptada por el INAB (9), en la parte alta de la cuenca del río Motagua (8).

4.1.2. Localización geográfica – administrativa

El territorio de estudio se localiza en la hoja cartográfica Granados No. 2060 I, escala 1:50,000 (9) y su área se encuentra dentro de las coordenadas siguientes (Ver figura 1):

Coordenadas UTM

Latitud Norte 1649000 - 1653000

Longitud Oeste 749000 - 754000

Coordenadas geográficas

Latitud Norte 14° 54' 47" - 14° 55' 57"

Longitud Oeste 90° 38' 52" - 90° 40' 38"

4.1.3. Colindancias

El área de estudio que pertenece a la jurisdicción urbana del municipio de Pachalum colinda al Norte con la aldea Moritas, al Oriente con aldea Los Altos, al Sur con Aldea Llano Grande y al Occidente con Aldea Volcancillos, todas del municipio de Pachalum, Quiché (17).

4.1.4. Hipsometría

Según la hoja cartográfica Granados, No. 2060 I a escala 1:50,000 el área de estudio del municipio presenta altitudes que varían desde 940 a 1288 metros sobre el nivel del mar (9).

4.1.5. Superficie geográfica

El área de estudio dentro del municipio de Pachalum, posee una superficie territorial de 3.86 kilómetros cuadrados, equivalente a 385.73 hectáreas (17).

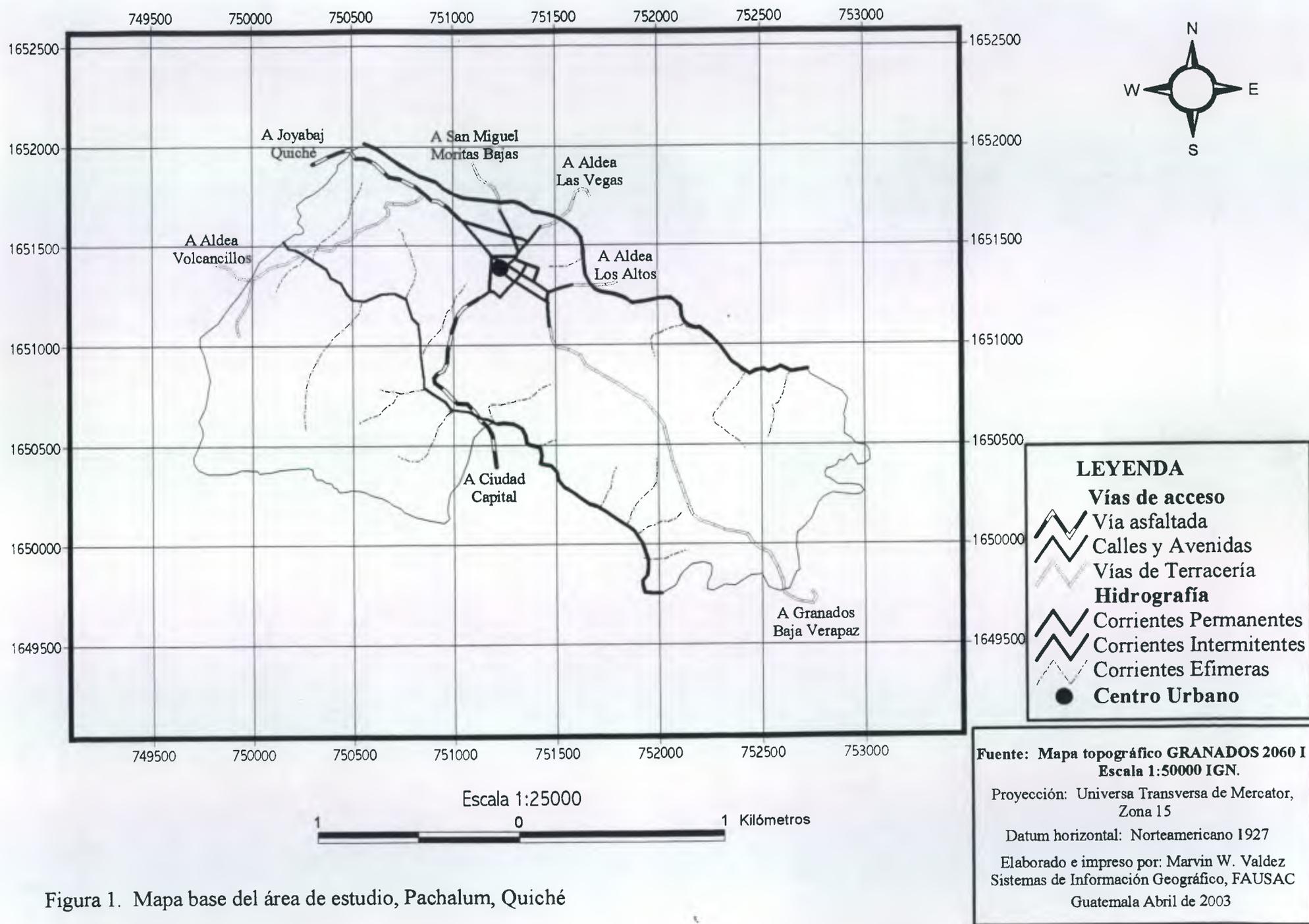


Figura 1. Mapa base del área de estudio, Pachalum, Quiché

4.1.6. Vías de acceso

El área central del municipio de Pachalum, Quiché se encuentra al sur - oriente de la cabecera departamental a una distancia de 81 kilómetros por vía asfaltada en un 75% vía Joyabaj, Quiché. Desde la ciudad capital se puede acceder por dos vías. La primera por las ruinas de Mixco Viejo, San Martín Jilotepeque, Chimaltenango, a una distancia de 73 kilómetros en vía totalmente asfaltada. La segunda por la aldea Saltan, Granados, Baja Verapaz en vía asfaltada en un 55% a una distancia de 83 kilómetros. Se puede acceder por el municipio de Cubulco en carretera de terracería, transitable todo el año, con algunos problemas en época lluviosa (17) (Ver figura 1).

4.2. Recursos naturales

4.2.1. Clima

El clima de la región de estudio va de cálido semi seco a templado, ambos con verano seco, esto por la zona transicional entre zonas de vida que abarca el área (Ecotono).

Dentro del área de estudio no se presenta ninguna estación meteorológica, por lo que las variables que se presentan fueron extrapoladas de estaciones del entorno a las áreas del municipio. Estas variables se presentan como promedio de registro de 10 años.

CUADRO 6: Principales variables climáticas que afectan el área central del municipio de Pachalum.

Mes	T° media	T° max	T° min	Nubosidad	pp	ETP	BALANCE
ENERO	18.3	26.42	10.20	5	7.6	60.85	- 53.25
FEBRERO	19.6	27.82	11.38	4	8.3	64.31	- 56.01
MARZO	20.4	28.96	14.84	3	10.4	80.03	- 69.63
ABRIL	21.2	30.23	15.17	5	72.09	86.63	-14.54
MAYO	20.5	30.08	13.3	5	76.40	86.39	-9.99
JUNIO	18.8	28.42	11.3	6	238.90	70.95	+ 167.95
JULIO	19.2	27.80	10.60	6	123.90	77.56	+ 46.34
AGOSTO	19.7	27.92	11.48	6	191.6	80.32	+ 111.28
SEPTIEMBRE	19.6	27.50	11.70	6	220.3	74.42	+ 145.88
OCTUBRE	19.6	27.05	10.75	7	146.2	74.42	+71.78
NOVIEMBRE	18.9	26.40	10.60	7	13.7	64.35	- 50.65
DICIEMBRE	18.2	26.20	10.20	5	15.1	60.16	- 45.06
MEDIA	19.5	27.90	11.80		↙ 1124.49	↙ 880.39	

FUENTE: Datos proporcionados por el INSIVUMEH (Estaciones Cubulco y Chinique)

4.2.2. Suelos y potencial productivo

El territorio del área de estudio pertenece a las tierras metamórficas, con montañas bajas y colinas fuertemente escarpadas, se encuentra ubicado dentro del sistema de montañas de la Sierra de Chuacús.

La clasificación de suelos realizado por Simmons et al (15) indica que los suelos de la zona corresponden a las series de suelos EL CHOL (Chg).

4.2.2.1. Descripción a nivel de reconocimiento: Serie de suelos "EL CHOL"

Suelos poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre esquistos en clima seco a húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a elevaciones medianas, están asociados con los suelos Marajuma, Civija y Acasaguastlán, pero son menos profundos, son más secos que los primeros dos y se desarrollan sobre esquistos. Se asemejan a los Sacapulas pero estos están desarrollados sobre granito y en la mayoría de lugares tienen más encino en la vegetación. La cobertura vegetal más común es pino en bosques abiertos con grama delgada (14).

4.2.2.2. Erosión

Los suelos del área son superficiales y poco profundos, la mayor parte de los mismos presentan niveles moderados a severos de erosión hídrica principalmente, sus rangos de pendiente van de 1.5% a 38% (17).

4.2.2.3. Manejo y conservación

El área de estudio dentro del municipio de Pachalum, posee terrenos con distintas topografías, en los cuales no se efectúa ninguna práctica de conservación para evitar la erosión hídrica de que es objeto el recurso suelo, a fin de preservarlo, lo cual garantizaría una producción y conservación de la biodiversidad por muchos años (17).

4.2.3. Zonas de vida

El área de estudio dentro del municipio de Pachalum está influenciada por el efecto mayoritario de la zona bioclimática Bosque Húmedo Subtropical Templado, más sin embargo está catalogada como un ecotono por la ubicación transicional entre dos zonas de vida: Bosque seco subtropical bs-S y bosque húmedo subtropical templado bh-S(t) (11).

Bosque húmedo subtropical templado

Esta zona de vida posee muchas asociaciones edáficas diferentes. En este caso el período en que las lluvias son más frecuentes corresponde a los meses de mayo a noviembre, variando en intensidad según la situación orográfica que ocupan las áreas de la zona. La precipitación pluvial varía entre 1,100 a

1,349 mm. como promedio total anual. La biotemperatura media anual para esta zona varía entre 20 y 26 grados centígrados.

Los terrenos correspondientes a esta zona son de relieve ondulado a accidentado y escarpado, la elevación varía entre 1200 a 2000 msnm. Dentro del municipio, la vegetación natural está constituida especialmente por Pinus oocarpa, Curatella americana, Quercus spp., Birsonima crassifolia que son las más indicadoras de esta zona. Los suelos son superficiales de textura mediana, imperfectamente drenados, de color pardo con pendientes variables que van de 5 a 32%. En las partes de mayor altura la pendiente es de 32 a 45%. En muchos casos los suelos deben ser utilizados para protección (11).

4.2.4. Uso de la tierra

En cuanto al uso de la tierra se pueden diferenciar el uso forestal, pecuario y agrícola. En cuanto a la cobertura forestal se ubican áreas con bosques secundarios, bosques mixtos, así como mezcla de arbustos. Las especies más frecuentes son pino (*Pinus sp.*), encino y roble (*Quercus sp.*) Dentro del uso pecuario se observan potreros abiertos para el pastoreo de ganado bovino y equino principalmente. En cuanto al uso agrícola se pueden diferenciar los siguientes cultivos (Cuadro 7).

CUADRO 7: Principales cultivos del área central del municipio de Pachalum, Quiché.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
COMESTIBLES		
Maiz	(<i>Zea mays L.</i>)	Poaceae
Frijol	(<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	Fabaceae
Sorgo	(<i>Sorghum vulgare L.</i>)	Poaceae
Tomate	(<i>Lycopersicon esculentum</i>) Mill	Solanaceae
Café	(<i>Coffea arabica L.</i>)	Rubiaceae
Cítricos	(<i>Citrus sp.</i>)	Rutaceae
Rosa de Jamaica	(<i>Hibiscus sabdariffa</i>)	Malvaceae
Banano	(<i>Mussa sapientum</i>)	Musaceae
Caña de azucar	(<i>Saccharum officinarum</i>)	Poaceae
FORRAJERAS		
Napier	(<i>Pennisetum purpureum</i>)	Poaceae
Brizantha	(<i>Brachiaria brizantha</i>)	Poaceae
Jaragua	(<i>Hyparrhenia ruffa</i>)	Poaceae
Estrella africana	(<i>Cynodon plectostachyus</i>)	Poaceae

FUENTE: Diagnostico de la producción agrícola, Pachalum, Quiché, 2000. Valdez M. & Elías V.

4.2.5. Recursos hídricos

4.2.5.1. Hidrología

Con base en el mapa topográfico Granados, el área de estudio se encuentra drenada por la Quebrada Grande al Norte, misma que es afluente del río Saltan o Tumbadero, al Sur con la Quebrada Las Minas, la cual vierte su caudal al río Motagua, a la vez que se observa una serie de 18 corrientes entre efímeras e intermitentes (9).

4.2.5.2. Hidrografía

Según el mapa de cuencas de la república de Guatemala, el área de estudio se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Motagua, la que a su vez pertenece a la vertiente del mar de las antillas (8).

4.3. Aspectos socioeconómicos

De acuerdo a los registros manejados a nivel municipal para el área bajo estudio se tienen alrededor de 4,725 personas conformadas en un 45% por el género masculino y el restante 55% femenino. En cuanto a la población económicamente activa se puede indicar que el 61.83% es ocupada por los hombres y un 32.12% por mujeres. En cuanto a la migración, se tiene un 10% de la población que migra en forma temporal o permanente a la ciudad capital y alrededores y un 18% que migra hacia los Estados Unidos de Norte América.

A nivel de educación podemos enumerar que para el área en estudio se tiene un 13% de analfabetismo; dentro de las ocupaciones principales de los habitantes el 40% se dedican a actividades agropecuarias y en porcentajes mas bajos lo ocupan renglones como actividades domesticas, construcción, comercio y transporte.

En cuanto al ingreso económico en el área en estudio se tiene un mayor porcentaje por concepto de las divisas provenientes de los Estados Unidos de América alcanzando un 50% del mismo, ocupando un 38% actividades relacionadas al sector productivo agro-pecuario (17).

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

Realizar un estudio edafológico semidetallado con fines de clasificación por capacidad de uso de la tierra y capacidad - fertilidad del suelo en el área central del municipio de Pachalum, Quiche, generando información que sirva de base para recomendar el uso y manejo sostenible del recurso suelo.

5.2 ESPECIFICOS

- 5.2.1 Clasificar la tierra por su capacidad de uso para orientar el uso y manejo sostenible de este recurso en el área de estudio.
- 5.2.2 Clasificar el suelo en categorías de capacidad – fertilidad, mediante el estudio de las características y parámetros propios del mismo con la finalidad de orientar este recurso a una eficiente utilización productiva.
- 5.2.3 Plantear recomendaciones sobre el uso y manejo sostenible de la tierra y el recurso suelo con fines de producción, a fin de elevar la eficiencia productiva y fomentar la conservación y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios y forestales del área de estudio.

6. METODOLOGIA

6.1. Fase inicial de gabinete

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

Esta etapa se realizó con el fin de tener un conocimiento general del área llevando a cabo una revisión documental con información acerca del área de estudio tales como: Diagnósticos, mapas temáticos, cartográficos y fotografías aéreas, así como aquella literatura que diera sustento al tema de investigación. Dentro de las variables identificadas en esta etapa están: Localización geográfica, ubicación natural y política, accesos, extensión, hipsometría, información climática y natural y clasificaciones existentes sobre el sitio, así como los principios de clasificación utilizados en la presente investigación.

6.1.2. Elaboración del mapa de unidades fisiográficas

Mediante técnicas de interpretación cartográfica y aerofotográfica se definieron y delimitaron las unidades de mapeo, las cuales constituyeron la base del muestreo en la fase de campo. La definición de estas unidades estuvo basada en una interpretación fisiográfica de la tierra (análisis del paisaje), este análisis tomó en cuenta los componentes de geología, clima, topografía, suelos e hidrografía.

El área en estudio se ubicó dentro del mapa topográfico GRANADOS 2060 I, a escala 1:50,000 donde se delimitaron los límites de la misma a la vez que el análisis aerofotográfico se llevo a cabo en las fotografías aéreas 1217 y 1218 R-6 L14(1) de fecha 05 de febrero de 1991 a escala 1:60,000, desarrolladas por el Instituto Geográfico Nacional. Luego de haber distribuido las diferentes unidades fisiográficas se trasladaron a una escala ampliada de la fotografía aérea para facilitar la visualización de las mismas. Por la naturaleza del estudio este análisis se realizó a nivel de subpaisajes, auxiliándose el trabajo con un estereoscopio de espejos y útiles de oficina necesarios para la delimitación. El nivel de detalle al que se realizó el estudio fue semidetallado, realizando una publicación de los mapas a escala 1:25,000.

6.1.3. Elaboración del mapa base y de pendientes

En cuanto al mapa base se digitalizó el área de trabajo ubicando áreas pobladas, vías de acceso, curvas a nivel y corrientes hídricas, debidamente georeferenciadas.

Utilizando el mapa topográfico 2060 I como base, se usó una plantilla de diseño para la determinación de pendientes desarrollada para la región fisiográfica tierras metamórficas, donde se delimitaron áreas con pendientes comprendidas dentro de los rangos estipulados por el INAB para la clasificación de tierras por capacidad de uso.

Luego se digitalizó este mapa a través de los programas R2V y Arcview versión 3.1, para tener una base de datos útiles georeferenciados en la determinación de las clasificaciones objeto de la presente investigación.

6.1.4. Selección de los puntos de muestreo

Preliminarmente se procedió a seleccionar los puntos de muestreo tratando de tener una representatividad de toda el área de estudio. En este aspecto se ubicaron puntos de manera que cada uno de ellos tomara un área de 10 – 15 has y considerando también el área de cobertura de cada unidad de mapeo. Para esta selección preliminar se utilizaron los puntos en el mapa base digitalizado con anterioridad.

6.2. Fase de campo

6.2.1. Verificación de los límites de las unidades de mapeo

Esta actividad se realizó por medio de caminamientos, observaciones y barrenamientos, chequeando y comprobando la distribución fisiográfica realizada en la fase anterior y corroborándola en casos necesarios.

De la misma manera se seleccionó de forma definitiva los puntos de muestreo dentro de cada unidad de mapeo, tomando como base la selección realizada en la fase anterior.

Auxiliados con un clinómetro se procedió a realizar mediciones de las pendientes máximas de las unidades previamente definidas con el propósito de corroborar y hacer los ajustes correspondientes a los materiales realizados en la fase anterior.

6.2.2. Determinación de la profundidad del suelo y factores modificadores

Básicamente esta etapa se realizó como parte de la metodología sustancial para la determinación de la capacidad de uso de la tierra. Tomando como base el mapa de unidades fisiográficas y los distintos puntos de muestreo se anotaron las profundidades efectivas de cada unidad previamente delimitada en gabinete y verificada a nivel de campo. La profundidad efectiva del suelo se midió mediante el análisis de perfiles representativos, a través de la apertura de calicatas y auxiliándose con los cortes de caminos.

En el caso de los factores modificadores pedregosidad y drenaje se midieron de acuerdo a los rangos e indicadores adoptados por la metodología del INAB dentro de cada unidad de mapeo tomando como base el área circulante de los puntos de muestreo.

La información recabada se registró a través de boletas elaboradas específicamente para esta actividad (Anexo 1).

6.2.3. Toma y preparación de muestras de suelo

En los puntos previamente seleccionados se tomaron muestreos a dos profundidades (0-30 y 30-60 cms) considerando los objetivos del estudio y la representatividad y fidelidad de los resultados.

Los puntos de muestreo se georeferenciaron a través de un sistema de posicionamiento global GPS, para obtener las coordenadas, datos que sirvieron para alimentar la base de datos geográficos y alfanuméricos de los sistemas de información geográfica, lo cual facilitó el análisis, almacenamiento y edición de la información resultado del presente estudio.

Paralelamente a esta actividad se llevó el control de la información de campo recabada a través de boletas elaboradas para tal fin, derivadas del formato A(HT-3-97) para descripción de pedones, desarrollado por la FAO (Anexo 2).

Luego de realizar el muestreo con las debidas medidas técnicas para asegurar la confiabilidad de los resultados, se dio el control de secado del suelo sin exposición directa al sol, tamizado a un diámetro de 2 mm y homogenizado para tomar un peso aproximado de 600 gramos, los que fueron enviados para los análisis físicos y químicos. Dentro de este mismo proceso se procedió al etiquetado, colocando a cada muestra el numero de registro y área de extracción.

6.3. Fase de laboratorio

Las muestras de suelo fueron ingresadas al laboratorio de agua y suelo "Salvador Castillo" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, las propiedades que se determinaron en esta fase corresponden en parte a los indicadores que se asignaron para la evaluación de parámetros útiles en el estudio y se presentan a través del cuadro 8.

CUADRO 8: Análisis desarrollados a nivel de laboratorio

TIPO DE ANÁLISIS	METODOLOGÍA UTILIZADA	OBSERVACIONES
ANÁLISIS FÍSICO Análisis granulométrico Color del suelo Densidad Aparente Constantes de humedad	Hidrómetro de Bouyoucus Carta Munsell Método de la probeta Plato de cerámica de alta y baja presión	
ANÁLISIS QUÍMICO Reacción del suelo Elementos disponibles Fósforo K, Ca, Mg. Cu, Zn, Fe, Mn CIC % de saturación de bases Materia orgánica	Potenciometría Colorimetría Carolina del Norte Carolina del Norte Centrifugado con NaCl ⚗ bases intercambiables Iwalkey y Black	Relación 2.5:1 (agua-suelo) Ultravioleta visible Espectrofotometría

6.4. Fase de gabinete final

6.4.1. Integración del mapa de unidades de tierra

Sobre la base de factores principales de pendiente del terreno y profundidad del suelo y los factores modificadores pedregosidad y drenaje, considerados por la metodología de clasificación por capacidad de uso de la tierra para la integración del mapa de unidades de tierra se siguió la secuencia siguiente: El mapa base de unidades inicialmente fisiográficas se le adicióno la información sobre la profundidad del suelo para tener un mapa temático de este indicador. Seguidamente se sobrepuso este mapa sobre el mapa de pendientes realizado con anterioridad; en este proceso se separaron nuevas unidades de tierra definidas por los límites de ambos mapas. Cada nueva unidad se caracterizó por un rango de pendiente y

una clase de profundidad dados por la metodología del INAB para la región fisiográfica "Tierras metamórficas". En este punto se obtuvo el mapa de unidades de tierra.

6.4.2. Elaboración del mapa de capacidad de uso

Para el caso de los factores modificadores pedregosidad y drenaje se realizaron mapas temáticos, dividiendo el área en zonas limitantes y no limitantes para cada caso, dependiendo de la presencia e intensidad de cada uno de estos factores modificadores.

A cada unidad de tierra identificada en el mapa resultante de la etapa anterior se le asignó una categoría de capacidad de uso, luego se analizó y sobrepuso este mapa de unidades de tierra con cada uno de los factores modificadores a efecto de determinar las distintas categorías de capacidad de uso de la tierra del área de estudio, dando como resultado el mapa temático de capacidad de uso del área central del municipio de Pachalum, Quiché.

6.4.3. Elaboración de mapas

Luego de realizar el análisis y clasificación de la fertilidad del suelo, comparando los indicadores obtenidos a nivel de campo y laboratorio con las tablas presentadas para la metodología de capacidad – fertilidad sugerida por S. W. Buol, se elaboraron los mapas temáticos, de acuerdo al flujograma de la figura 2.



Figura 2. Metodología de capacidad-fertilidad.

6.4.4. Procesado de la información

Al finalizar la edición de los mapas temáticos producto del análisis directo de los parámetros considerados en el estudio, se procesó la información del comportamiento del suelo de acuerdo a ubicación y áreas de influencia, realizando una discusión e integración de los productos finales de la investigación. Luego se procedió a formular recomendaciones de uso, de acuerdo en análisis específicos realizados a nivel de laboratorio, basadas en las condiciones potenciales del área, con el objetivo de mejorar los sistemas agrícolas y productivos del área bajo estudio.

6.4.5. Elaboración del informe

Se realizó el informe final con la información acerca de la cartografía e indicadores de clasificación del área en estudio, capaz de cumplir con los objetivos planteados para el mismo, donde se incluyó información alfanumérica, mapas temáticos y las conclusiones y recomendaciones del estudio, esto con el único fin de mejorar el nivel operativo de los productores del área.

7. RESULTADOS

De acuerdo a la metodología planteada se obtuvo inicialmente el análisis fisiográfico – paisajístico, el cual se resume en el cuadro 9 y su distribución es presentada en la figura 3.

Cuadro 9: Unidades fisiográficas del área de estudio

Región fisiográfica	Región bioclimática	Gran paisaje	Paisajes	Subpaisajes	Código	Area (Has)	% área			
Tierras altas cristalinas	Bosque húmedo subtropical templado Bh(s)t	Sierra de Chuacús	Altiplanicies de Pachalum	Muy ondulada	A1	129.88	33.67			
				Suavemente ondulada	A2	28.97	7.51			
				Ondulada	A3	49.06	12.72			
				Residual alta ondulada	A4	12.67	3.28			
				Residual alta	A5	24.43	6.34			
				Residual baja	A6	13.98	3.62			
			Talud cauce de quebrada	Talud de quebrada	B1	7.12	1.85			
				Escarpado	B2	53.54	13.88			
				Ligeramente escarpado	B3	32.30	8.37			
				Fuertemente escarpado	B4	33.78	8.76			
			TOTAL						385.73	100.00

Fuente: Investigación aerocartografica y de campo

El área en estudio presenta niveles que van de valles marcados a laderas con fuerte pendiente, el patrón de drenaje es subdendrítico por la estructura de las fracturas topográficas donde las corrientes del flanco norte drenan hacia la Quebrada Grande y las del lado sur hacia la Quebrada Las Minas, ambas afluentes del río Motagua.

El territorio está compuesto por rocas antiguas pertenecientes al periodo paleozoico, principalmente son una secuencia de rocas metamórficas de esquistos, gneis, anfibolitos, migmatitas, cuarcitas y mármoles.

7.1. Determinación de capacidad de uso de la tierra

7.1.1. Factor pendiente

Tomando los indicadores considerados en la metodología para la determinación de capacidad de uso de la tierra desarrollada por el Instituto Nacional de Bosques, se analizó el área de estudio a la luz del factor pendiente de acuerdo a los rangos indicados para la región fisiográfica tierras metamórficas o tierras altas cristalinas.

La información recabada se presenta en el cuadro 10, así como la distribución de los diferentes rangos de pendiente se puede observar en la figura 11A

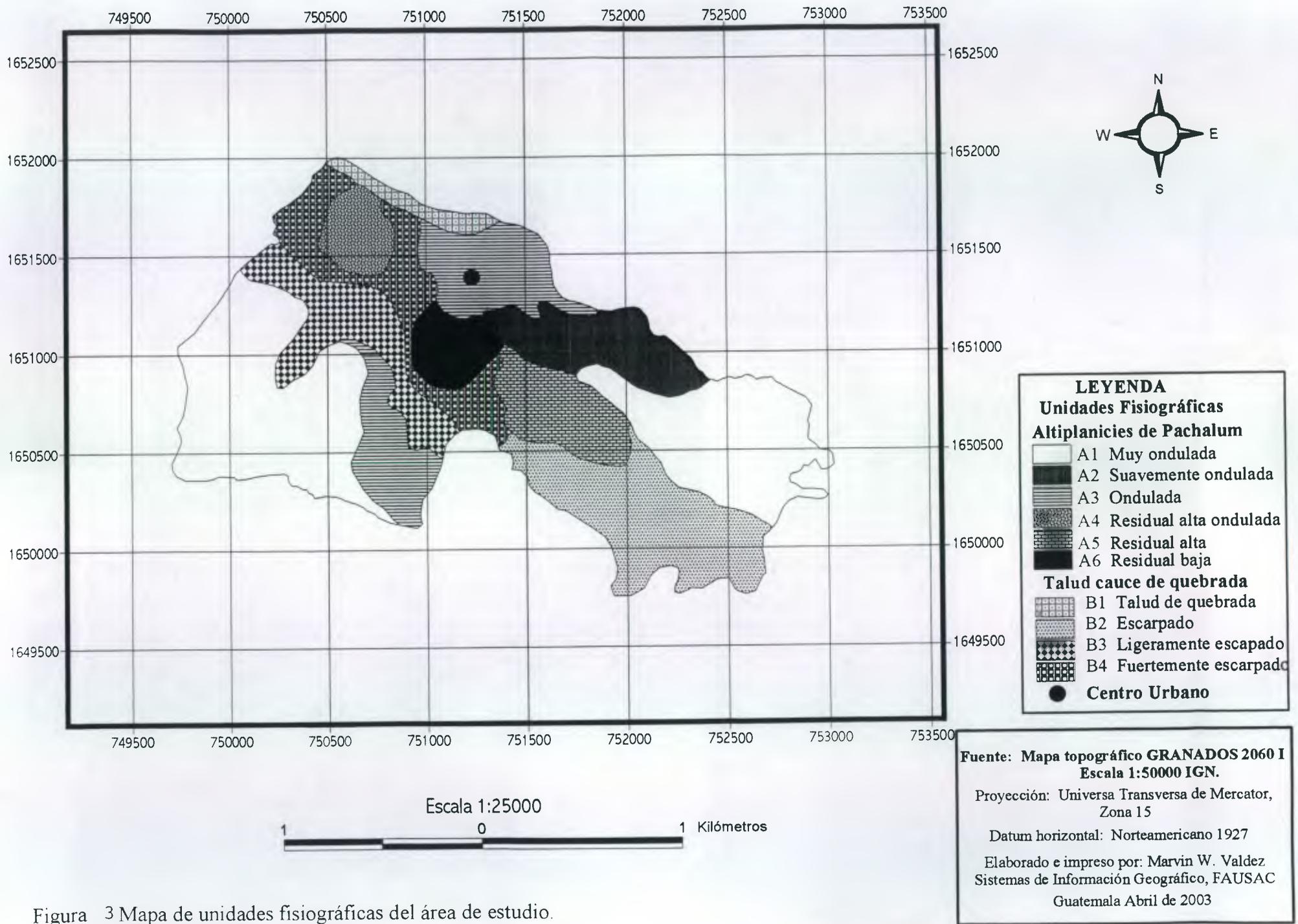


Figura 3 Mapa de unidades fisiográficas del área de estudio.

Cuadro 10: Distribución de los rangos de pendiente en el área de estudio

Rangos de pendiente	Área (Hectáreas)	% área
< 12 %	114.20	29.61
12 – 26 %	87.83	22.78
26 – 36 %	124.83	32.36
36 – 55 %	58.97	15.29
TOTAL	385.73	100.00

Fuente: Distribución de curvas a nivel en hoja cartográfica con verificación de campo

De acuerdo a la pendiente se puede indicar que el 51.94% del área presente de bajos a intermedios niveles de inclinación, lo que propicia la conservación del suelo mediante practicas sencillas que disminuyan la erosión hídrica. Del mismo modo estas pendientes permiten la utilización productiva agropecuaria de la mayor parte del área.

7.1.2. Factor profundidad efectiva del suelo

En cuanto a la profundidad efectiva del suelo se tomó como referencia los mismos rangos de clasificación para la unidad fisiográfica tierras metamórficas o tierras altas cristalinas. El comportamiento y distribución de este indicador se presenta en el cuadro 11 y figura 10A respectivamente.

Cuadro 11: Comportamiento de la profundidad efectiva del suelo en el área de estudio

Profundidad del suelo (cms)	Área (Hectáreas)	% área
20 – 50	190.33	49.34
50 – 90	195.40	50.66
TOTAL	385.73	100.00

Fuente: Investigación de campo – Digitalización de la información

En cuanto a la profundidad del suelo son tangibles las limitaciones existentes, los niveles mas bajos se observan donde se presentan algunos rangos altos de pendiente, propiciando el lavado y deposición de la capa superficial hacia las áreas mas bajas del territorio, además se observan donde se cuenta con la presencia de capas endurecidas a una profundidad relativamente baja. Cabe mencionar que dentro del área de estudio no existen capas freáticas cercanas a la superficie del suelo que limiten la profundidad efectiva.

7.1.3. Factor modificador pedregosidad

Se tiene para el factor pedregosidad una alta presencia superficial e interna de materiales pedregosos que hacen limitante la operación del suelo en sistemas productivos intensivos. La presencia y distribución de este factor se indican en el cuadro 12 y figura 12A, respectivamente.

Cuadro 12. Pedregosidad del área de estudio

Nivel de Pedregosidad	Área (hectáreas)	% área
No limitante	110.03	28.53
Limitante	275.70	71.47
TOTAL	385.73	100.00

Fuente: Investigación de campo – Digitalización de la información

Es notoria la elevada presencia de materiales pedregosos en la gran mayoría del territorio en estudio, factor que tiende a modificar el uso que se le puede dar al suelo, debido a la dificultad que constituye la operación de áreas con esta limitante.

7.1.4. Factor modificador drenaje

En cuanto al drenaje se puede indicar que no se presenta ninguna limitante tanto por los niveles de pendiente presentes en el área, los cuales hacen posible el escurrimiento superficial del agua en un periodo relativamente corto de tiempo y por la estructura y textura que presentan los suelos del área que permiten una moderada infiltración y escurrimiento del agua dentro del perfil edáfico. Dado lo anterior es importante mencionar que este indicador no modifica la utilización que se le puede dar al territorio en cuanto a su capacidad de uso.

Los valores de cada una de las variables utilizadas para la presente clasificación se presentan en los anexos del presente documento.

En cuanto a la determinación de las categorías finales de capacidad de uso de la tierra, luego de analizar e interrelacionar los indicadores citados anteriormente, se obtuvieron 5 categorías distintas, las cuales se presentan en la figura 4 donde se observa la distribución de las mismas a lo largo del territorio en estudio; así mismo en el cuadro 13 se destacan los valores numéricos en cuanto a la extensión de cada una de estas categorías.

Cuadro 13: Categorías de capacidad de uso de la tierra del área de estudio

Categoría de clasificación	Código	Área (has)	% área
Agricultura sin limitaciones	A	44.36	11.50
Agroforestería con cultivos permanentes	Ap	66.17	17.15
Sistemas silvopastoriles	Ss	157.93	40.94
Tierras forestales para producción	F	58.36	15.13
Tierras forestales de protección	Fp	58.91	15.27
		385.73	100.00

Fuente: Investigación de campo – Digitalización de la información

7.1.5. Descripción de las unidades de Capacidad de uso de la tierra

A. Agricultura sin limitaciones (A)

Esta unidad abarca el 11.50% del área en estudio (44.36 hectáreas), presentando profundidades efectivas del suelo entre 50 – 90 cm, niveles de pendiente menores al 12% y ninguna limitación de pedregosidad y drenaje, abarca parte de las localidades Xemap, Veguitas de Mercedes en su parte baja y La Joya. Esta unidad presenta aptitud para la producción de cultivos agrícolas sin mayor limitación de los factores considerados en ésta metodología. Se puede cultivar sistemas en monocultivo o en asocio, ya sea intensiva o extensivamente, demandando muy pocas o ninguna práctica intensiva de conservación de suelos. Esta unidad de capacidad de uso puede ser objeto de practicas de mecanización agrícola.

B. Agroforestería con cultivos permanentes (Ap)

Esta unidad representa el 17.50% del área en estudio (66.17 hectáreas), con características de profundidad efectiva de 50 – 90 cm y pendientes que oscilan entre 26 – 36%, sin limitaciones de los factores pedregosidad y drenaje, abarcando parte de Xemap y al Norte de la quebrada que limita el caserío Veguitas de Mercedes. Esta unidad es propicia para el establecimiento de cultivos permanentes asociados con árboles (aislados, en bloques o plantaciones, ya sean especies frutales y otras con fines de producción de madera y otros productos forestales). Las limitaciones que se padecen a nivel de esta unidad se presentan mas que todo a nivel de pendiente y profundidad efectiva del suelo.

C. Sistemas silvopastoriles (Ss)

Unidad que abarca un área de 157.93 hectáreas correspondiente al 40.94% del territorio en estudio. Sus características están dadas por rangos de profundidad efectiva de 20 – 90 cm, pendiente de 0 – 36% con limitaciones en cuanto a pedregosidad. Se localiza en la parte sur-oriental de la cabecera municipal,

en área de Los Planes y El Aguacate. Sus limitaciones están orientadas a factores de pendiente, pedregosidad y ocasionalmente profundidad efectiva. El uso de este territorio debe orientarse al desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas que sean parte de sistemas pecuarios semi-intensivos y extensivos. Debido a las condiciones del área se recomienda el establecimiento de especies pastoriles de tipo gramíneo para conservar de forme más eficiente el recurso suelo, tales como: Estrella africana (*Cynodon plectostachius*), jaragua (*Hyparrhenia ruffa*), brizantha (*Brachiaria brizantha*), zacatón (*Paspalum sp.*), ruzzi (*Brachiaria ruzizensis*), pangola (*Digitaria decumbens*).

D. Tierras forestales para producción (F)

Esta unidad abarca un área de 58.36 hectáreas equivalente al 15.13% del territorio en estudio. Las características que la definen son profundidad efectiva de 20 – 90 cm, rangos de pendiente de 26 – 36% y limitaciones en cuanto a pedregosidad. Su ubicación se limita a la parte occidental y nor-occidental de la cabecera municipal como en los ascensos hacia los campos de Xemap en su parte oriental. Estas son áreas con limitaciones para usos agropecuarios de pendiente y pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible tanto de bosque nativo presente actualmente, el cual es de tipo mixto (confieras – latifoliadas), como de plantaciones con fines de aprovechamiento.

E. Tierras forestales de protección (Fp)

Unidad con una extensión de 58.91 hectáreas, área que representa un 15.27% del territorio en estudio, se caracteriza por presentar una profundidad efectiva de 20 – 50 cm, niveles de pendiente de 36 – 55% y alta limitación en cuanto al factor pedregosidad, ubicada en toda la parte sur del caserío El Aguacate hasta llegar a la quebrada Las Minas, al sureste del área de estudio. Esta área presenta serias limitaciones de uso con respecto a los factores pendiente y pedregosidad, por lo que debe ser considerada área marginal para uso agrícola o pecuario intensivo, siendo apta para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva. Que garanticen la conservación de recursos edáficos, hídricos y bióticos.

La distribución de estas categorías de uso dentro de las distintas localidades del territorio en estudio se puede observar en la figura 4.

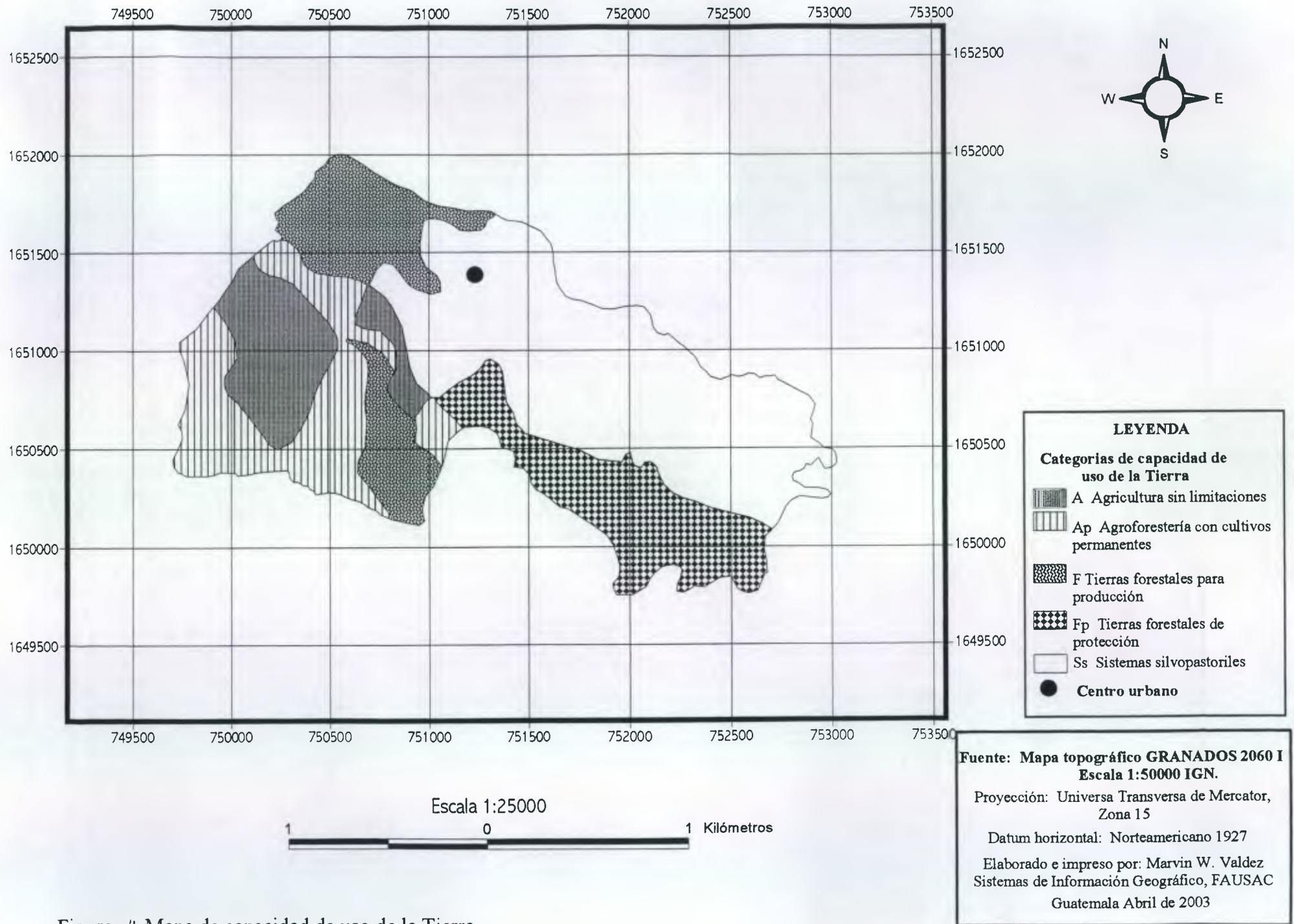


Figura 4 Mapa de capacidad de uso de la Tierra

7.2. Determinación de la capacidad – fertilidad del suelo

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. Buol 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 al sustrato edáfico del área en estudio. En este sentido resultaron 3 distintas categorías de distribución textural, datos que se observan en el cuadro 14 y la distribución de estos dentro del área de estudio se observan en la figura 6A.

Cuadro 14: Categorías de distribución textural del área de estudio

Categoría	Código	Área (has)	% área
Franco / Franco	L	251.07	65.09
Franco / Arenoso	LS	12.67	3.28
Franco / Arcilloso	LC	121.99	31.63
TOTAL		385.73	100.00

Fuente: Investigación de campo – Laboratorio de suelos – Digitalización de la información

Se puede observar que la textura superficial de toda el área de estudio tiene una tendencia franca, y a nivel del subsuelo más del 65% del área presenta la misma clase textural. Las áreas que presentan textura arenosa en el subsuelo corresponden a aquellas con marcados niveles de pendiente y las que poseen niveles altos de arcilla en el subsuelo ha sido a causa de deposiciones de materiales provenientes de las partes mas altas del terreno. A nivel del área en estudio no se observa alguna limitante en materia de textura que sea radical en impedir el desarrollo de sistemas de producción agropecuarios y forestales.

En cuanto a los factores modificadores se hizo una comparación de los resultados obtenidos con los indicadores de la metodología para conocer la presencia o ausencia de limitantes en materia de fertilidad según lo expuesto por S. W. Buol. En el área de estudio se destacó la presencia de los siguientes:

Cuadro 15: Indicadores de la reacción del suelo del área de estudio

Modificador de acidez (h)	Área (has)	% área
Ácido (pH 5.0 – 6.0)	100.78	26.13
Neutro (Ph 6.0 – 7.0)	284.95	73.87
TOTAL	385.73	100.00

Fuente: Investigación de campo – Laboratorio de suelos – Digitalización de la información

Cuadro 16: Indicador del comportamiento de la Capacidad de Intercambio Cationico en el área en estudio

Modificador CIC (e)	Área (has)	% área
Bajo (< 7 meq / 100 gr.)	12.67	3.28
Adecuado (> 7 meq / 100 gr.)	373.06	96.72
TOTAL	385.73	100.00

Fuente: Investigación de campo – Laboratorio de suelos – Digitalización de la información

Cuadro 17: Indicadores del comportamiento del nivel de Potasio intercambiable en el suelo del área en estudio

Modificador potasio (k)	Área (has)	% área
Bajo (< 0.2 meq / 100 gr.)	87.23	22.61
Adecuado (> 0.2 meq / 100 gr.)	298.50	77.39
TOTAL	385.73	100.00

Fuente: Investigación de campo – Laboratorio de suelos – Digitalización de la información

Luego de visualizar el comportamiento de cada uno de los modificadores, se puede indicar que el régimen de acidez utilizado para fines del presente estudio demuestra que se presentan problemas de reacción ácida en un 26.13% del área, esto por el lavado de bases a causa del movimiento del agua entre particular primarias de mayor diámetro, ya que estas áreas coinciden con aquellas que presentan texturas subsuperficiales arenosas (Figura 7A) y aquellas con mayor pendiente, así se puede adicionar el uso de fertilizantes químicos de reacción ácida lo que ocasiona ciertas limitaciones en la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

En cuanto al comportamiento de la Capacidad de Intercambio Catiónico se observa en términos generales un comportamiento adecuado, situándose un 3.28% del área con niveles bajos (< 7 meq / 100 gramos), localidad que coincide con el área fisiográfica Altiplanicies de Pachalum residual alta ondulada, la cual presenta niveles elevados de arena en su perfil subsuperficial. La distribución del comportamiento de la CIC en el área se presenta en la figura 8A.

En términos del potasio intercambiable el área que presenta limitaciones (< 0.2 meq / 100 gr) equivale al 22.61% del territorio en estudio (87.23 hectáreas). La distribución de éste comportamiento se presenta en la figura 9A.

Es importante mencionar que en todo el territorio se manifiesta el modificador "d" el cual hace alusión a una estación seca anual de por lo menos 60 días consecutivos. La importancia de este indicador

no está completamente demostrada en el manejo de la fertilidad, más sin embargo existen indicios de algunas consecuencias sobre respuestas del nitrógeno y épocas de siembra al inicio de las lluvias. Esta limitante se ha ido mitigando con la creación del sistema de riego por aspersión "San Antonio Las Flores", el cual ha dado la pauta para irrigar un 35% del área en estudio, dándose prioridad a las áreas con mejores condiciones edáficas, topográficas y agronómicas de producción.

Teniendo la información numérica (tabular) y cartográfica de los tipos, subtipos y modificadores considerados en la clasificación de capacidad – fertilidad citada por S. W. Buol, se procedió a la interrelación y sobre posición de los mapas elaborados para cada indicador con el objetivo de obtener el mapa final de capacidad – fertilidad del suelo del área de estudio.

En este sentido se identificaron 6 categorías diferentes de clasificación dentro del área de estudio, la información tabular de esta se presenta en el cuadro 18 y la distribución geográfica de cada una de estas categorías se puede observar en la figura 5.

Cuadro 18: Categorías de capacidad – fertilidad de los suelos del área en estudio

Categorías de capacidad – fertilidad	Área (has)	% área
Ld	164.62	42.68
Ldh	32.42	8.40
Ldhk	52.55	13.62
LCd	101.22	26.24
LCdk	22.25	5.77
Lsdhke	12.67	3.28
TOTAL	385.73	100.00

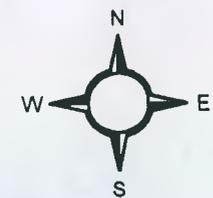
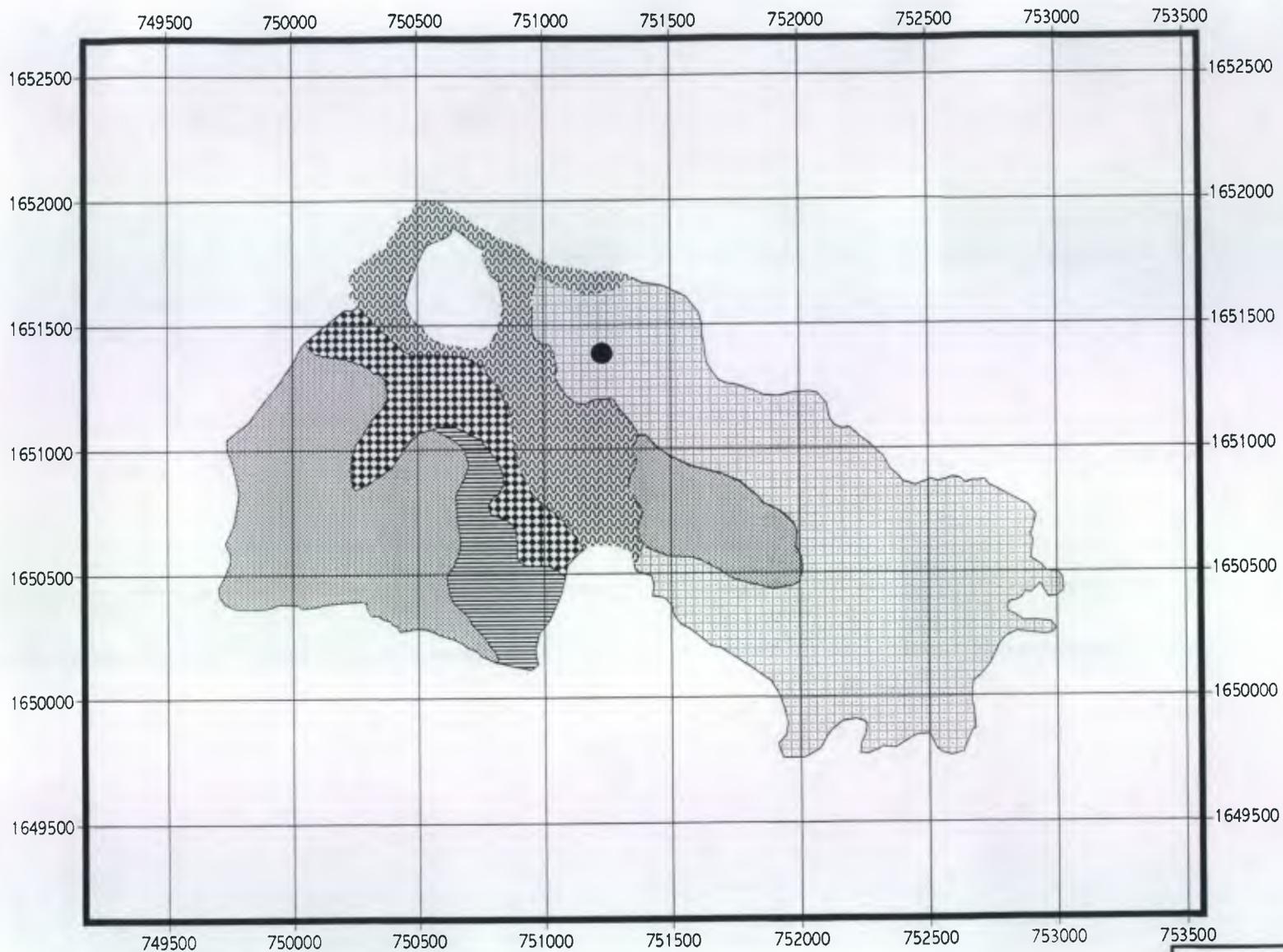
Fuente: Investigación de campo – Laboratorio de suelos – Digitalización de la información

7.2.1. Descripción de las unidades de Capacidad – fertilidad.

- A. Ld: Representa un 42.63% del área de estudio y su localización se ubica en el contorno de la zona urbana, Los Planes y toda la extensión hacia el sur de esta localidad, teniendo como limite la Quebrada Las Minas. Presenta una textura franca a nivel superficial y subsuperficial con limitaciones de humedad que pueden provocar consecuencias sobre la respuesta obtenida ante la aplicación de nitrógeno.
- B. Ldh: Unidad con similares características que la anterior con la diferencia de presentar limitaciones moderadas de acidez. Su cobertura es de 32.32 hectáreas equivalente a 8.38% del territorio en

estudio, su localización se limita a lo largo de la quebrada que colinda con la comunidad Veguitas de Mercedes.

- C. Ldhk: Sus características son su textura franca a nivel superficial y subsuperficial, limitaciones en cuanto al régimen de humedad, reacción ácida (pH menor a 6) y un bajo nivel de potasio intercambiable en el suelo. La cobertura de esta categoría es de 52.47 hectáreas equivalente al 13.60% y se ubica al occidente de la cabecera municipal y en el caserío La Joya.
- D. LCd: Categoría que presenta una textura superficial franca y subsuperficial arcillosa, que presenta únicamente limitantes en cuanto a su régimen hídrico. Abarca el 26.22% del territorio en estudio y se ubica a inmediaciones del caserío El Aguacate.
- E. LCdk: Categoría con características similares a la anterior con la diferencia que a ésta se adiciona niveles bajos de potasio intercambiable en el suelo. Ocupa un área de 22.13 hectáreas equivalente a 5.74% del territorio en estudio y su ubicación se limita a los ascensos hacia Xemap por su parte oriental
- F. Lsdhke: Categoría que presenta una textura superficial franca y subsuperficial arenosa, las limitaciones que padece están orientadas a un déficit hídrico, bajos niveles de potasio intercambiable y de la Capacidad de intercambio catiónico, así como también un régimen ácido de reacción del suelo. Su ubicación es al occidente del área urbana, en las attiplanicies ubicadas al sur de la carretera que conduce al municipio de Joyabaj, Quiché y su área representa el 3.28% del territorio en estudio.



LEYENDA
Categorías de capacidad-fertilidad

-  LCd
-  LCdk
-  Ld
-  Ldh
-  Ldhk
-  LSdhke
-  **Centro Urbano**



Fuente: Mapa topográfico GRANADOS 2060 I
Escala 1:50000 IGN.
 Proyección: Universa Transversa de Mercator,
 Zona 15
 Datum horizontal: Norteamericano 1927
 Elaborado e impreso por: Marvin W. Valdez
 Sistemas de Información Geográfico, FAUSAC
 Guatemala Abril de 2003

Figura 5 Mapa de categorías de capacidad-fertilidad

8. CONCLUSIONES

1. Se clasificó la tierra del área en estudio de acuerdo a su capacidad de uso, utilizando la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Bosques (INAB, 2,000), obteniendo las siguientes 5 categorías de clasificación:

- A. Agricultura sin limitaciones (A): Esta unidad abarca el 11.56% del área, sus características son niveles de pendiente menores al 12%, profundidad efectiva entre 50 – 90 cm y sin limitaciones en cuanto a pedregosidad y drenaje, su uso puede ser orientado a sistemas de explotación agrícola intensivos.
- B. Agroforestería con cultivos permanentes (Ap): Abarca el 17.50% del área, presentando una profundidad efectiva entre 50 – 90 cm y pendientes que oscilan entre 26 – 36% sin limitaciones de pedregosidad y drenaje. Esta unidad es propicia par el establecimiento de cultivos permanentes asociados con árboles.
- C. Sistemas silvopastoriles (Ss): Ocupa un 40.94% del área en estudio, presenta rangos de profundidad efectiva de 20 – 90 cm y niveles de pendiente de 0 – 36% con limitaciones en cuanto a pedregosidad. El uso de este territorio puede ser orientado al desarrollo de pastos naturales o cultivados asociados con especies arbóreas que sean parte de sistemas pecuarios semi-intensivos y extensivos.
- D. Tierras forestales para producción (F): Abarca un 15.13% del área, presenta niveles de pendiente de 26 – 36% y rangos de profundidad efectiva de 20 – 90 cm, con limitaciones en cuanto a pedregosidad. Su aptitud es para la realización de un manejo forestal sostenible.
- E. Tierras forestales de protección (Fp): Ocupa un 15.27% del territorio en estudio, presenta profundidades efectivas entre 20 – 50 cm y niveles de pendiente de 36 – 55% y alta limitación de uso a causa del factor pedregosidad. Área apta para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva.

2. El suelo del área en estudio se clasificó de acuerdo a su capacidad – fertilidad en base a la metodología sugerida por S. W. Buol, identificándose 6 categorías diferentes:

- A. Ld: Representa el 42.63% del área en estudio, presentando niveles texturales superficiales y subsuperficiales francos, con limitaciones en cuanto al régimen de humedad.
- B. Ldh: Representa un 8.38% del territorio y se diferencia de la unidad anterior por presentar limitaciones moderadas de acidez.
- C. Ldhk: Ocupa un 13.60% del área en estudio, presenta limitaciones en cuanto al régimen de humedad, reacción ácida (pH menor a 6.0) y un bajo nivel de potasio intercambiable en el suelo.

- D. LCd: Presenta una textura superficial franca y subsuperficial arcillosa, presentando como única limitante un bajo régimen hídrico. Abarca el 26.22% del área en estudio.
- E. LCdk: Se diferencia de la categoría anterior debido a la presencia de niveles bajos de potasio intercambiable en el suelo. Ocupa un 5.74% del territorio.
- F. LSdhke: Abarca el 3.28% del área, presenta textura superficial franca y subsuperficial arenosa. Sus limitaciones están orientadas a un déficit hídrico, bajos niveles de potasio intercambiable y de Capacidad de Intercambio Catiónico, como un régimen ácido de reacción del suelo.

9. RECOMENDACIONES

1. En cuanto a la utilización de la tierra por su capacidad de uso se recomienda la implementación de practicas de conservación de suelos mediante técnicas sencillas como: Barreras muertas y barreras vivas, aprovechando la alta incidencia de pedregosidad en algunas zonas del área en estudio y la siembra de forrajes que contribuyan al desarrollo de sistemas pecuarios predominantes en la región.
2. Referente a la categoría Agricultura sin limitaciones (A), se recomienda la implementación de cultivos que representen mayores niveles de rentabilidad, aplicando niveles elevados de tecnología aprovechando las condiciones del área que presenta atribuciones para este aprovechamiento.
3. Para el caso de la categoría Agroforesteria con cultivos permanentes se recomienda el cultivo de árboles frutales adaptados a la región como cítricos, banano, café asociados con especies forestales energéticas que puedan ser aprovechadas por los productores, como ingas y madre cacao.
4. En cuanto al uso de áreas potenciales para sistemas silvopastoriles se recomienda el uso de pastos naturales y algunos cultivados adaptados a la región como: Estrella africana (*Cynodon plectostachius*), jaraguá (*Hyparrhenia ruffa*), brizantha (*Brachiaria brizantha*), zacaton (*Paspalum sp*), ruzzi (*Brachiaria ruzizensis*) y pangola (*Digitaria decumbens*), asociados con especies arbóreas como Caulote (*Guazuma ulmifolia*) y matilisguate que pueden ser aprovechados en sistemas pecuarios como forestales de explotación local y extralocal.
5. En el caso de aquellas tierras aptas para la explotación forestal en el caso productivo se recomienda la instalación y aprovechamiento de especies precoces y de alto nivel mercantil, como pinophytas y matilisguate para explotación maderera y especies energéticas para la extracción de leña como gravilea, eucalipto y quercus. Para el caso de protección se recomienda el uso de especies propias de la región que garanticen la cobertura y conservación del área.

6. En áreas donde se presentan bajos niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico, se recomienda la aplicación e incorporación de materia orgánica al suelo con el objetivo de elevar el intercambio de iones dentro de la solución del suelo.

7. Para aquellos suelos con problemas de acidez se recomienda la utilización de fertilizantes de reacción neutra o ligeramente básica para aminorar el efecto negativo causado por niveles bajos de pH, así como administrar materiales como cal dolomítica incorporada al suelo para neutralizar la reacción del mismo y mejorar la disponibilidad de los nutrimentos del sustrato edáfico.

8. En el caso de suelos con problemas de bajos niveles de potasio se recomienda la adición de materiales ricos en este elemento para cubrir las bajas cantidades que se presentan del mismo.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Bornemisza, E.; Alvarado, A. 1974. Manejo de suelos en la América tropical. Colombia. Sociedad latinoamericana de la Ciencia del suelo. p. 129 – 144.
3. Buol, SW. 1990. Génesis y clasificación de suelos. 2 ed. México. Editorial Trillas. 417 p.
4. Cardona B, DJ. 1991. Introducción a la edafología. Guatemala. Universidad Rafael Landivar. 254 p.
5. Fassbender, HW; Bornemisza, E. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, Costa Rica. IICA. 420 p.
6. Gispert, C. 1999. Enciclopedia práctica para la agricultura y la ganadería. Barcelona, España. Océano. p. 37.
7. Hun Cal, EE. 1991. Diagnóstico de los suelos cultivados con café (*Coffea arabica*) con énfasis en la fertilidad, en la unidad docente productiva "Sabana grande", el Rodeo, Escuintla. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC. 31 p.
8. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973. Mapa de cuencas de la república de Guatemala. Guatemala. Escala 1:500,000. Color
9. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1975. Mapa topográfico de la republica de Guatemala; hoja cartográfica Granados, 2060 I. Guatemala. Escala 1:50,000. Color.
10. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.

11. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge. Guatemala. Instituto Geográfico Militar. Escala 1:600,000.
12. Jiménez J, OH. 1983. Fertilidad de suelos. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 198 p.
13. POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. 1993. Manual de fertilidad de los suelos. US. Georgia. 85 p.
14. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Traducido por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p
15. Tisdale, SL; Nelson, WL. 1987. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México. UTHEA. 760 p.
16. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1997. Criterios para recomendar el manejo de la fertilidad del suelo. *In* Curso Nacional de Post-Grado. Guatemala. USAC. (1., 1997, Guatemala). 213 p.
17. Valdez, M.; Elías, F. 2000. Diagnóstico general de la producción agrícola del municipio de Pochalum, Quiché. Diagnóstico EPSA. Guatemala. USAC. 40 p.

vo.Bo. Rolando Barrios.



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

11. ANEXOS

11.1 BOLETA PARA TOMA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA SEGÚN LA METODOLOGÍA DEL INAB

No. de muestreo: _____

Fecha de muestreo: _____

Unidad de mapeo o muestreo: _____

Referencia geográfica: _____

Altitud: _____

Pendiente y dirección de la unidad fisiográfica _____

Profundidad efectiva del suelo _____

Pedregosidad superficial

No limitante	Limitante
Libre o ligeramente pedregoso (< 5%)	Pedregoso (21 – 50%)
Moderadamente pedregoso (5 – 20%)	Muy pedregoso (50 – 90%)
	Extremadamente pedregoso (90 – 100%)

Pedregosidad interna

No limitante	Limitante
Fragmentos de roca en una cantidad de 35% o menos, por volumen en el perfil del suelo	Fragmentos de grava o roca en mas de 35% por volumen

Drenaje

No limitante	Limitante
Excesivo	Pobre
Bueno	Nulo o anegado
Imperfecto	

Análisis de factores y niveles para determinación de la capacidad de uso de la tierra

Unidad de mapeo	Pendiente del terreno (%)	Profundidad del suelo	Factores modificadores		Capacidad de uso	Extensión	
			Pedregosidad	Drenaje		Hectáreas	%

Observaciones: _____

Conclusiones y recomendaciones de manejo: _____

11.2. BOLETA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS PARA LA CLASIFICACION DEL SUELO POR CAPACIDAD – FERTILIDAD

No. de muestra _____

Profundidad _____

Fecha de muestreo _____

Unidad fisiográfica o de muestreo _____

Referencia cartográfica _____

Referencia aerofotográfica _____

Localidad _____

Referencia geográfica _____

Altitud _____

Zona de vida _____

Uso actual del suelo _____

Observaciones _____

11.3. DATOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO

UNIDAD DE MAPEO	No.	Latitud Norte	Longitud Oeste	KPW		DAP g/cc	COLOR	
				33	1500		Seco	Húmedo
A1	1	14.9198861	90.6760556	26.12	16.5	1.105	10YR5/4	10YR5/6
				23.07	14.49	1.191	10YR5/4	10YR3/1
	2	14.9225	90.675	31.32	19.8	1.176	10YR4/4	10YR3/2
				30.28	16.85	1.203	10YR3/4	10YR3/3
	3	14.923675	90.6738028	20.31	11.6	1.25	10YR5/2	10YR4/2
				17.19	11.76	1.025	10YR4/3	10YR4/4
	4	14.9206111	90.6568333	20.63	12.81	1.176	10YR6/3	10YR3/3
				16.3	10.14	1.212	10YR6/2	10YR5/2
A2	5	14.9179917	90.6558833	25.46	13.3	1.0811	10YR5/6	10YR4/4
				24.89	17.13	1.142	10YR5/3	10YR4/2
	6	14.9183611	90.6545111	20.38	11.9	1.103	10YR5/3	10YR3/1
				18.5	11.25	1.149	10YR3/3	10YR3/1
	7	14.9161111	90.6505833	19.04	12.93	1.0811	10YR4/3	10YR2/2
				16.88	12.5	1.111	10YR5/3	10YR3/3
	8	14.9217778	90.6580389	24.94	17.11	1.03	10YR5/2	10YR3/1
				22.12	15.03	1.112	10YR3/3	10YR3/1
A3	9	14.9223472	90.6550972	32.68	13.96	1.0811	10YR5/3	10YR3/3
				27.42	13.13	1.141	10YR6/6	10YR3/6
	10	14.924775	90.6598139	17.35	9.85	1.1765	10YR5/2	10YR3/2
				31.16	10.85	1.1791	10YR5/2	10YR3/2
	11	14.923675	90.6643944	23.1	10.12	1.203	10YR5/2	10YR5/3
				22.14	10.29	1.239	10YR6/4	10YR4/3
	12	14.919886	90.6679167	30.03	18.92	1.161	10YR4/4	10YR3/2
				29.3	18	1.183	10YR4/4	10YR3/2
A4	13	14.9166667	90.6689389	23.78	15.59	1.081	10YR5/2	10YR4/2
				19.12	12.67	1.212	10YR6/3	10YR5/6
	14	14.9296222	90.6693611	32.67	14	1.0812	10YR5/3	10YR3/3
				27.5	13.01	1.1433	10YR6/6	10YR3/6
	15	14.9265722	90.6697056	32.68	13.96	1.0811	10YR5/3	10YR3/3
				27.42	13.13	1.1429	10YR6/6	10YR3/6
	16	14.9204556	90.661275	25.3	14.9	1.073	10YR5/2	10YR3/1
				23.12	14	1.129	10YR4/2	10YR4/1
A5	17	14.9195083	90.6580278	24.94	17.11	1.025	10YR5/2	10YR3/1
				22.12	15.03	1.091	10YR3/3	10YR3/1
	18	14.9225389	90.6634306	25.46	13.3	1.0811	10YR5/6	10YR4/4
				24.86	17.13	1.143	10YR5/3	10YR4/2
	19	14.9211556	90.6656861	18.46	8.27	1.2121	10YR5/2	10YR3/3
				19.56	9	1.25	10YR6/4	10YR4/3
	20	14.9308139	90.6690833	17.51	12.82	1.1429	10YR5/2	10YR3/2
				22.77	17.36	1.25	10YR4/2	10YR3/1
B1	21	14.9284083	90.6643139	19.5	12.5	1.123	10YR5/2	10YR3/1
				18.1	12.38	1.207	10YR5/2	10YR3/1
	22	14.9145833	90.65275	14.61	10.23	1.0526	10YR7/3	10YR5/3
				16.65	11.68	1.1429	10YR6/3	10YR4/3
	23	14.9130694	90.656275	32.17	22.14	1.081	2.5YR6/4	2.5Y5/4
				19.72	16.61	1.25	2.5YR7/4	2.5Y6/6
	24	14.9166694	90.6598028	25.08	15.89	1.053	10YR4/2	10YR3/1
				29.54	18.92	1.287	10YR3/3	10YR4/1
B2	25	14.9178056	90.6563722	21.44	9.16	1.25	10YR6/3	2.5Y4/2
				13.83	6.45	1.379	10YR5/3	2.5Y4/3
	26	14.9261361	90.6733333	17.35	9.85	1.1765	10YR5/2	10YR3/2
				31.16	10.85	1.1765	10YR5/2	10YR3/2
	27	14.9239583	90.6686111	23.16	12.14	1.15	10YR5/2	10YR3/2
				28	12.9	1.169	10YR5/4	10YR3/1
	28	14.9202639	90.6649611	22.91	11.19	1.114	10YR5/2	10YR4/1
				21.76	11.16	1.251	10YR4/2	10YR3/1
B3	29	14.9280306	90.6714111	30.5	13.73	1.103	10YR5/3	10YR3/2
				27.13	13.00	1.135	10YR6/4	10YR3/6
	30	14.9268944	90.6673056	27.52	15.26	1.1429	10YR4/3	10YR3/2
				25.27	14.18	1.25	10YR4/4	10YR3/3
	31	14.9238611	90.6674444	22.91	11.19	1.111	10YR5/2	10YR4/1
				21.76	11.16	1.25	10YR4/2	10YR3/1
	32	14.9212111	90.6631361	25.08	15.89	1.052	10YR4/2	10YR3/1
				29.54	18.92	1.29	10YR3/3	10YR4/1

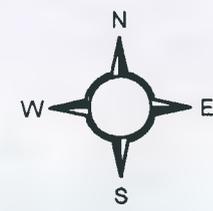
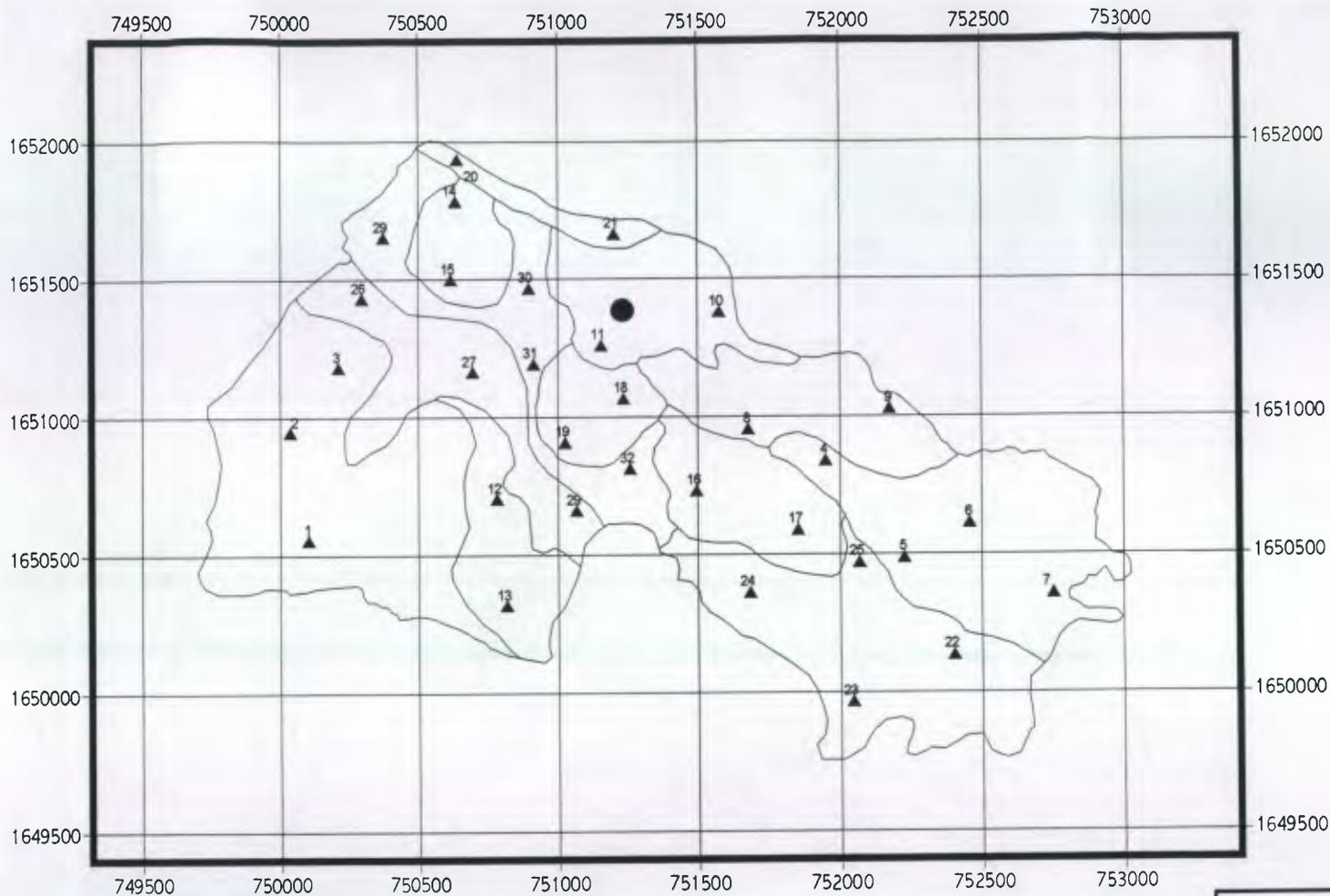
UNIDAD DE MAPEO	No.	Latitud Norte	Longitud Oeste	Arcilla	Limo	Arena	Clase textural	Categoría textural
A1	1	14.9198861	90.6760556	25.38	22.38	52.24	Franco	LC
				40.28	20.32	39.41	Arcilloso	
	2	14.9225	90.675	34.69	19.11	37.28	Franco	LC
				42.62	20.10	37.28	Arcilloso	
	3	14.923675	90.6738028	26.88	16.80	56.32	Franco	LC
				37.26	10.12	52.62	Arcilloso	
	4	14.9206111	90.6568333	29.74	16.14	52.12	Franco	L
				25.54	11.84	62.62	Franco	
	5	14.9179917	90.6558833	24.19	19.87	55.94	Franco	L
			30.49	15.29	54.22	Franco		
6	14.9183611	90.6545111	24.92	17.91	57.17	Franco	L	
			29.13	18.03	52.84	Franco		
7	14.9161111	90.6505833	14.07	15.29	70.64	Franco	L	
			21.97	12.38	65.62	Franco		
A2	8	14.9217778	90.6580389	30.49	21.20	48.41	Franco	L
				27.15	17.92	54.93	Franco	
	9	14.9223472	90.6550972	23.1	14.38	62.52	Franco	L
			25.3	19.31	55.39	Franco		
A3	10	14.924775	90.6598139	22.47	11.09	66.44	Franco	L
				26.67	13.19	60.14	Franco	
	11	14.923675	90.6643944	21.54	13.94	60.52	Franco	L
				29.74	18.14	52.12	Franco	
	12	14.919886	90.6679167	32.72	23.18	44.50	Franco	LC
			41.7	21.32	36.98	Arcilloso		
13	14.9166667	90.6689389	24.19	21.59	54.22	Franco	LC	
			38.13	22.00	39.87	Arcilloso		
A4	14	14.9296222	90.6693611	24.07	27.13	48.80	Franco	LS
				12.38	16.13	71.49	Arenoso	
	15	14.9265722	90.6697056	23.06	28.64	48.3	Franco	LS
			12.38	18.52	69.10	Arenoso		
A5	16	14.9204556	90.661275	28.01	19.87	52.12	Franco	LC
				39.31	21.13	39.56	Arcilloso	
	17	14.9195083	90.6580278	30.49	21.21	48.30	Franco	LC
			38.13	23.12	38.75	Arcilloso		
A6	18	14.9225389	90.6634306	24.19	19.87	55.94	Franco	L
				30.49	15.29	54.22	Franco	
	19	14.9211556	90.6656861	17.89	21.32	60.79	Franco	L
			23.69	15.67	60.64	Franco		
B1	20	14.9308139	90.6690833	22.85	11.09	66.06	Franco	L
				30.87	13.19	55.94	Franco	
	21	14.9284083	90.6643139	23.97	14.51	61.52	Franco	L
			29.05	15.93	55.02	Franco		
B2	22	14.9145833	90.65275	17.97	25.79	56.24	Franco	L
				20.37	21.59	58.04	Franco	
	23	14.9130694	90.656275	24.78	41.24	33.98	Franco	L
				28.98	32.84	38.18	Franco	
	24	14.9166694	90.6598028	27.26	26.54	46.20	Franco	L
			39.48	20.62	39.90	Franco		
25	14.9178056	90.6563722	25.03	23.27	51.70	Franco	L	
			26.30	15.67	58.30	Franco		
B3	26	14.9261361	90.6733333	22.47	11.09	66.44	Franco	L
				26.67	13.19	60.14	Franco	
	27	14.9239583	90.6686111	25.88	15.13	58.99	Franco	L
				27.15	11.38	61.47	Franco	
28	14.9202639	90.6649611	21.34	20.24	58.42	Franco	L	
			25.54	11.84	62.62	Franco		
B4	29	14.9280306	90.6714111	22.15	27.12	50.73	Franco	L
				24.12	15.98	59.90	Franco	
	30	14.9268944	90.6673056	29.15	23.69	47.16	Franco	L
				33.35	17.39	49.26	Franco	
	31	14.9238611	90.6674444	21.36	20.12	58.42	Franco	L
				23.54	13.85	62.61	Franco	
32	14.9212111	90.6631361	27.26	26.54	46.20	Franco	L	
			29.40	20.62	49.90	Franco		

U. DE MAPEO	No.	Latitud Norte	Longitud Oeste	Ph	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	% M.O.
A1	1	14.9198861	90.6760556	6.2	2.38	191	7.1	2.03	1	2	19	32.3	4.03
				6.3	1.91	73	4.32	1.91	1	1	15.5	25.1	3.5
	2	14.9225	90.675	6.1	1.1	205	11.86	3.14	1.5	1.5	43	40	3.03
				6.2	1.12	75	9.9	3.03	1.5	1.5	23.5	51	3
	3	14.923675	90.6738028	6.1	20.56	248	7.18	2.36	2	1.5	66	37.5	3.9
				6.2	34.6	188	6.55	2.31	2.5	1	43	20	1.95
	4	14.9206111	90.6568333	6	15.65	128	5.93	2	3.5	1	126	50.5	2.56
				6.2	15.94	103	4.06	1.8	2	1	51.5	31	1.21
	5	14.9179917	90.6558833	6.1	4.72	131	7.48	2.47	1	1	35	20	5.03
				6.3	31.54	92	8.01	4.41	1.5	0.5	19	11	3.1
A2	6	14.9183611	90.6545111	6.2	11.03	119	4.93	1.13	1	1	48.3	58	3
				6.3	7.91	93	4.51	1.41	1.5	1	41.5	49.5	1.53
A2	7	14.9161111	90.6505833	6	3.24	155	5.93	1.64	0.5	1.5	28.5	17	4.44
				6.1	2.73	75	4.37	1.49	2.5	1.5	108	10.5	1.34
A2	8	14.9217778	90.6580389	6.8	10.07	213	13.13	2.81	2.5	2	65	85	3.05
				6.8	4.72	89	10.71	2.93	2.5	1	49.3	72.5	1.7
A2	9	14.9223472	90.6550972	6.8	4.5	140	2.58	0.57	1	0.5	36.5	22.5	3.65
				6.6	4.27	103	1.86	0.88	0.5	0.5	41	17.5	3.21
A3	10	14.924775	90.6598139	6.3	14.22	137	4.07	1.75	2.5	1	130	185	2.24
				6.5	8.55	54	4.99	2.78	2.5	1	180	21.5	1.85
A3	11	14.923675	90.6643944	6.5	71.13	194	6.12	1.52	1	1	35.8	30	3.91
				6.6	10.91	63	5.17	1.83	1.5	0.5	28.9	25.5	2.8
A3	12	14.919886	90.6679167	6.2	1.09	72	7.8	3.03	1.5	2	28	42	4.05
				6.3	0.91	49	6.24	2.56	1.5	1.5	21.5	71	3.81
A3	13	14.9166667	90.6689389	6.2	7.91	68	9.98	1.8	0.5	2	18.5	31.5	4.64
				6.6	5.83	253	3.12	2.26	1	0.5	28	27.5	4.03
A4	14	14.9296222	90.6693611	5.8	4.51	52	2.56	0.57	1	0.5	36.7	22	3.6
				5.6	4.28	91	1.89	0.87	0.5	0.5	40	17	3.01
A4	15	14.9265722	90.6697056	5.8	4.5	50	2.58	0.57	1	0.5	36.5	22	3.64
				5.6	4.27	93	1.87	0.57	0.5	0.5	40	17.5	3.19
A5	16	14.9204556	90.661275	6.7	1.14	198	12.78	3.01	2	3	64.9	78	3.98
				6.7	1.03	132	10.05	3.01	1.5	2	57.6	59.5	2.03
A5	17	14.9195083	90.6580278	6.8	0.92	213	13.1	2.83	2.5	3.5	62	85.5	3.5
				6.9	0.78	121	12.07	2.91	2.5	2.5	37.5	43	3.01
A6	18	14.9225389	90.6634306	5.6	4.72	113	7.49	2.41	1	1	34	20.5	5.49
				5.8	31.54	94	8.11	4.47	1.5	0.5	19	11.5	3.07
A6	19	14.9211556	90.6656861	5.4	51.14	48	4.37	1.54	0.5	1	36.5	33.8	3.45
				5	4.57	58	3.18	1.9	0.5	0.5	33.5	34	1.66
B1	20	14.9308139	90.6690833	5.4	7.52	113	7.18	2.71	2	1.5	253	33.5	2.87
				5.7	5.09	80	11.23	3.03	2	1	72.5	29.5	3.07
B1	21	14.9284083	90.6643139	5.6	6.32	105	6.12	2.06	2	1.5	181	62	3.01
				5.7	3.91	71	7.81	2.41	1.5	1	52.5	43.5	3.01
B2	22	14.9145833	90.65275	6.4	9.36	175	1.87	0.67	5	1	34	23.5	1.79
				6.6	1.4	60	3.43	1.39	1	1	103	24	1.28
B2	23	14.9130694	90.656275	7.1	13.63	230	15.6	9.46	1	3	8.5	65	5.31
				6.9	28.88	78	11.86	7.76	1	1.5	22.5	30	1.88
B2	24	14.9166694	90.6598028	6.1	15.02	190	9.76	1.85	1.5	4	20	98	3.91
				6.2	7.45	98	12.15	2	1.5	2.5	10.5	46	3.8
B2	25	14.9178056	90.6563722	6.3	94.43	278	12.48	3.14	1	3	19.5	55	3.9
				6.5	93.45	168	9.36	3.44	1.5	1.5	30.5	36.5	1.34
B3	26	14.9261361	90.6733333	5.2	14.22	138	4.06	1.75	2.5	1	128	18.5	2.24
				5.5	8.55	53	4.99	2.78	2.5	1	180	22.5	1.85
B3	27	14.9239583	90.6686111	5.8	15.93	141	5.91	1.83	2	1.5	130	27.5	2.93
				5.9	10.13	79	5.03	2.02	2.5	1	113	30.5	2.03
B3	28	14.9202639	90.6649611	5.9	13.43	392	10.31	2.21	1.5	13.5	60.5	103	4.23
				5.7	43.12	131	11.52	2.47	1.5	4.5	29	26	2.8
B4	29	14.9280306	90.6714111	5.7	6.32	72	3.9	0.71	1	0.5	40.3	42.5	3.6
				5.8	4.5	61	1.32	0.78	1	1	38.5	38	3.03
B4	30	14.9268944	90.6673056	5.7	8.48	90	7.8	3.08	2	2.5	46.5	82	5.4
				5.6	2.06	43	7.18	3.08	3	1	41	35.5	3.29
B4	31	14.9238611	90.6674444	5.9	135	73	10.3	2.21	1.5	13.5	60.5	103	4.24
				6.1	44.7	78	11.54	2.47	1.5	4.5	29	26	2.82
B4	32	14.9212111	90.6631361	5.9	15.02	103	9.66	1.85	1.5	4	20	98	3.97
				6	7.45	95	12.18	2	1.5	2.5	10.5	46	3.97

U. DE MAPEO	No.	CIC mg/100g	K INT. mg/100g	PROF Cm	PEDREGO- SIDAD (%)	DRE- NAJE	REG. SECO	BAJA CIC	IND. ACIDEZ	IND. POTASIO	
A1	1	13.1	0.33	50	18	NL	NL	d			
	2	11.3	0.35	58	18	NL	NL	d			
	3	10.3	0.43	62	17	NL	NL	d			
	4	10.1	0.22	43	28	L	NL	d			
	5	11.3	0.23	29	45	L	NL	d			
	6	11.9	0.21	31	30	L	NL	d			
	7	10.8	0.27	30	30	L	NL	d			
A2	8	9.8	0.37	45	30	L	NL	d			
	9	12.3	0.24	42	21	L	NL	d			
A3	10	13.1	0.24	58	23	L	NL	d			
	11	12.3	0.28	49	26	L	NL	d			
	12	10.0	0.12	62	23	L	NL	d		k	
	13	12.5	0.12	51	24	L	NL	d		k	
A4	14	6.0	0.09	28	38	L	NL	d	e	h	k
	15	6.3	0.09	31	35	L	NL	d	e	h	k
A5	16	9.9	0.34	60	39	L	NL	d			
	17	9.8	0.37	53	30	L	NL	d			
A6	18	10.9	0.19	59	35	L	NL	d		h	k
	19	12.0	0.08	60	35	L	NL	d		h	k
B1	20	12.3	0.19	32	25	L	NL	d		h	k
	21	11.4	0.18	38	45	L	NL	d		h	k
B2	22	8.20	0.30	28	28	L	NL	d			
	23	13.8	0.40	28	38	L	NL	d			
	24	12.3	0.33	39	43	L	NL	d			
	25	8.20	0.48	43	42	L	NL	d			
B3	26	11.9	0.24	58	15	NL	NL	d		h	
	27	12.0	0.24	45	5	NL	NL	d		h	
	28	10.7	0.68	55	15	NL	NL	d		h	
B4	29	7.9	0.12	30	40	L	NL	d		h	k
	30	9.8	0.16	23	30	L	NL	d		h	k
	31	10.3	0.19	49	22	L	NL	d		h	k
	32	12.1	0.13	45	41	L	NL	d		h	k

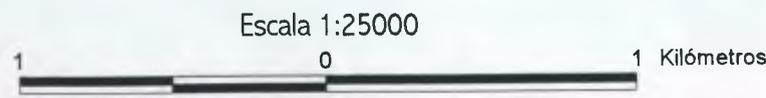
L: Factor limitante

NL: Factor no limitante



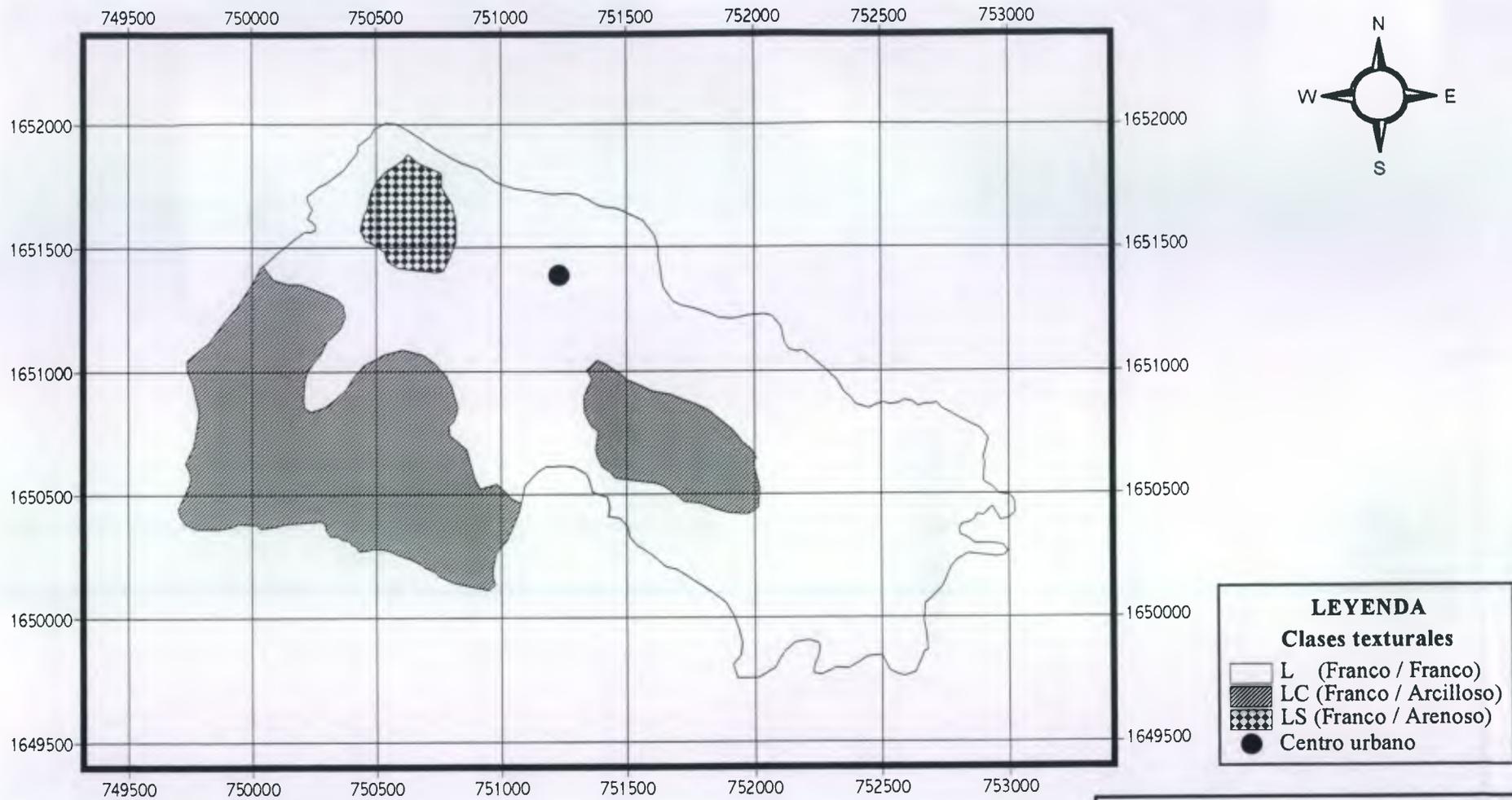
LEYENDA

- ▲ Puntos de muestreo
- Centro urbano



Fuente: Mapa topográfico GRANADOS 2060 I
Escala 1:50000 IGN.
 Proyección: Universa Transversa de Mercator,
 Zona 15
 Datum horizontal: Norteamericano 1927
 Elaborado e impreso por: Marvin W. Valdez
 Sistemas de Información Geográfico, FAUSAC
 Guatemala Abril de 2003

Figura 5A. Mapa de puntos de muestreo



LEYENDA

Clases texturales

- L (Franco / Franco)
- LC (Franco / Arcilloso)
- LS (Franco / Arenoso)
- Centro urbano



Fuente: Mapa topográfico GRANADOS 2060 I
Escala 1:50000 IGN.
 Proyección: Universa Transversa de Mercator,
 Zona 15
 Datum horizontal: Norteamericano 1927
 Elaborado e impreso por: Marvin W. Valdez
 Sistemas de Información Geográfico, FAUSAC
 Guatemala Abril de 2003

Figura 6A. Mapa de clasificación textural

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

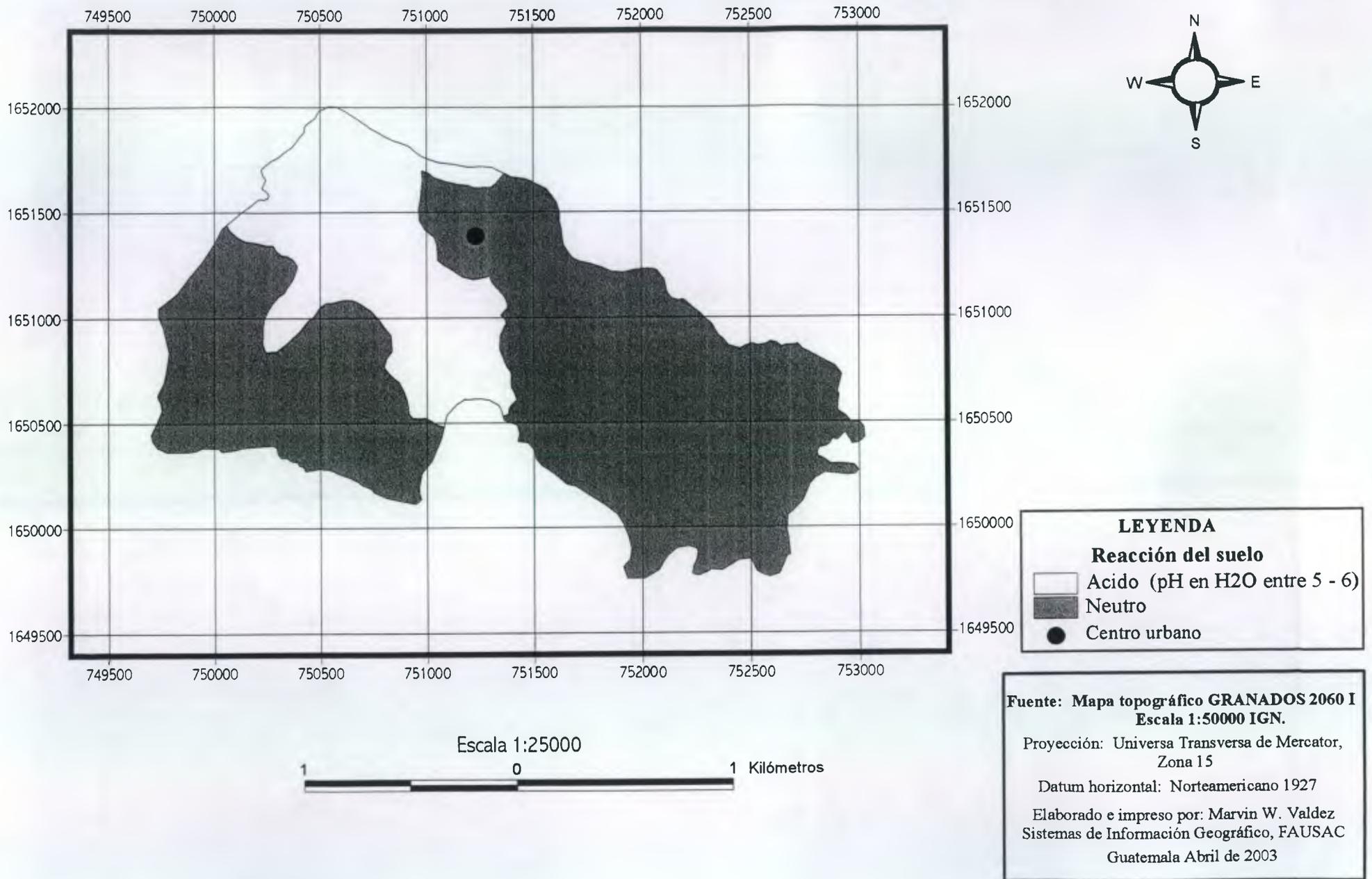


Figura 7A. Mapa del comportamiento de la reacción del suelo

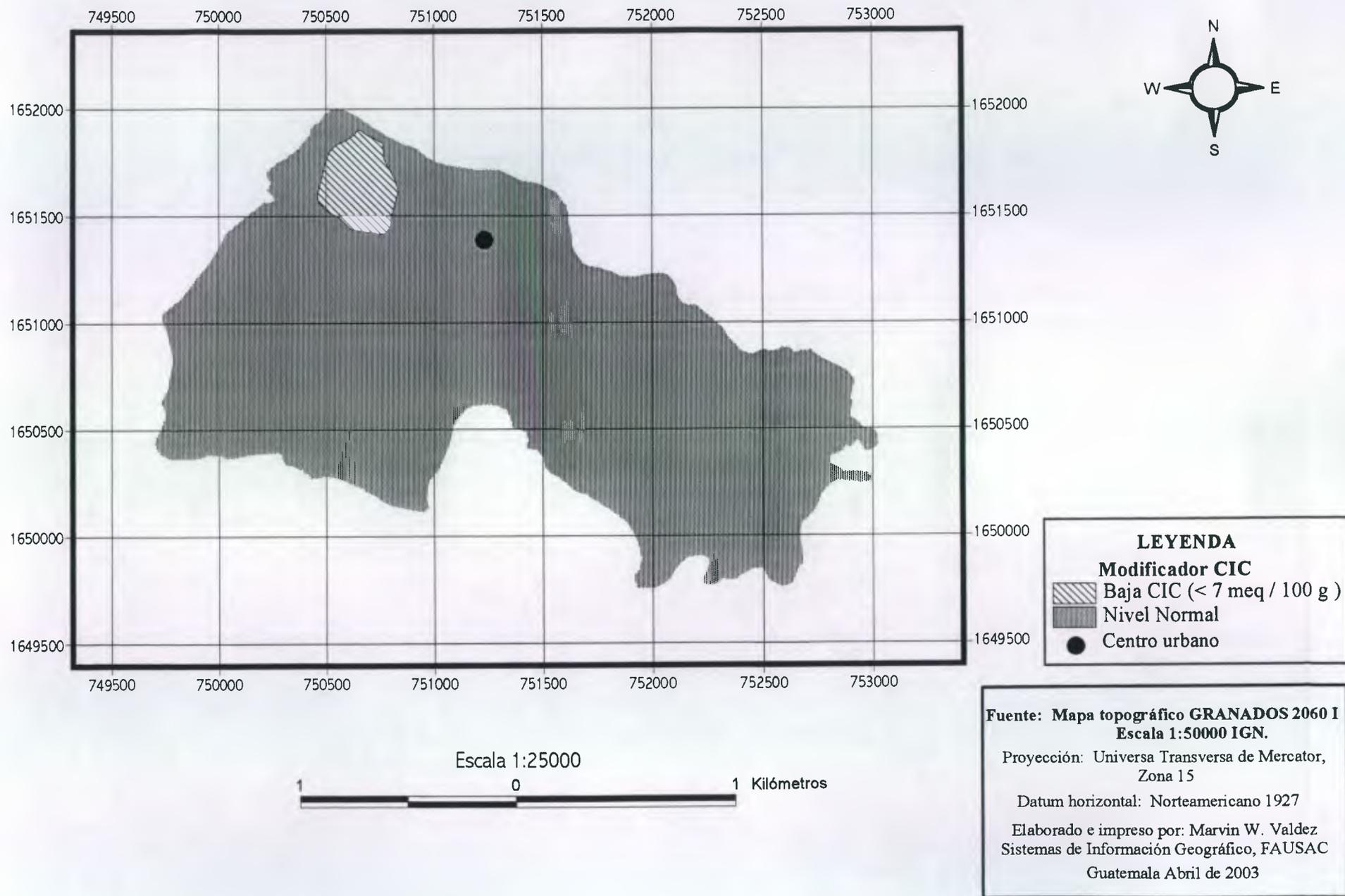


Figura 8A. Mapa del comportamiento de la CIC

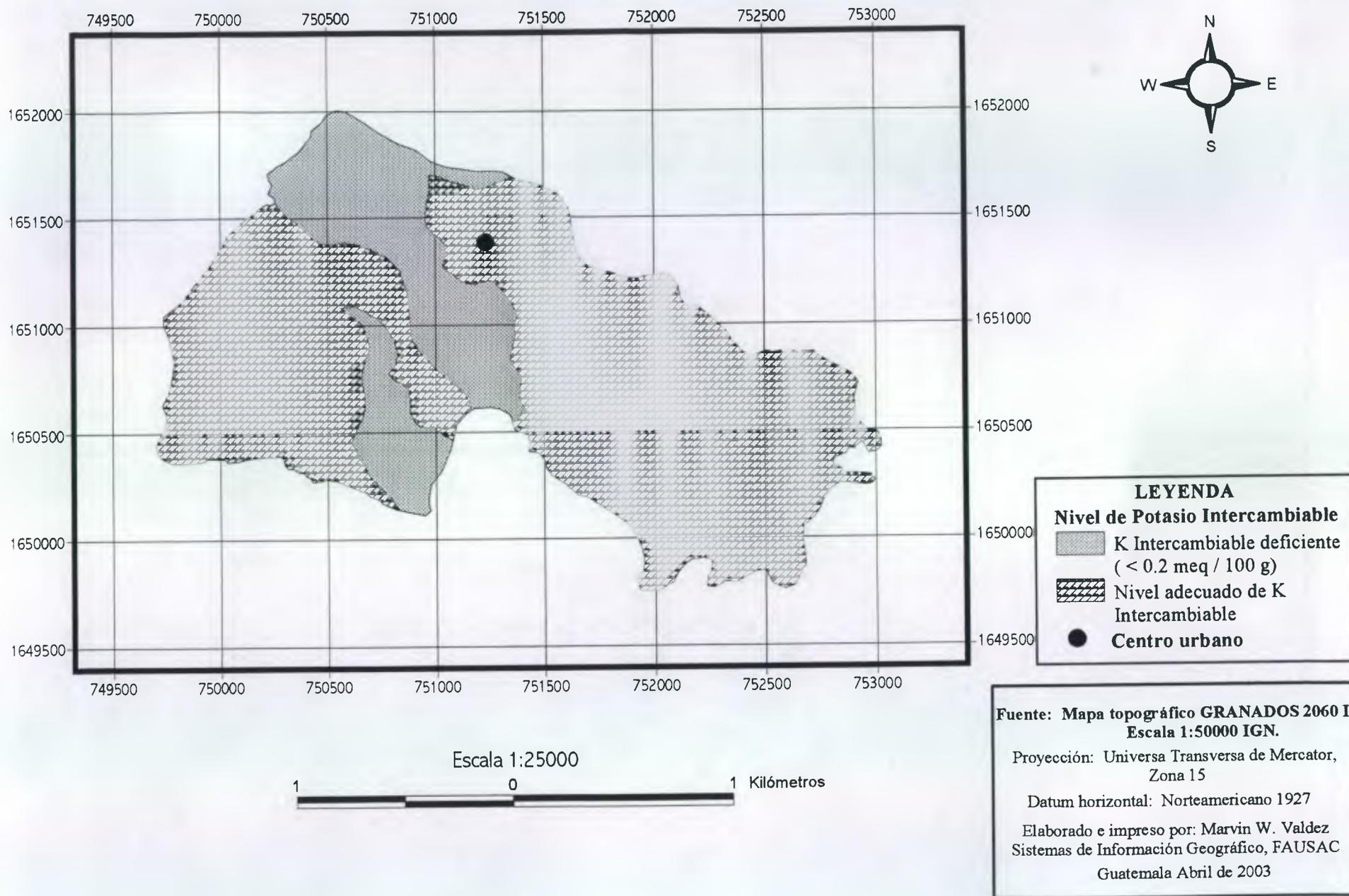


Figura 9A. Mapa del comportamiento del nivel de potasio intercambiable en el suelo

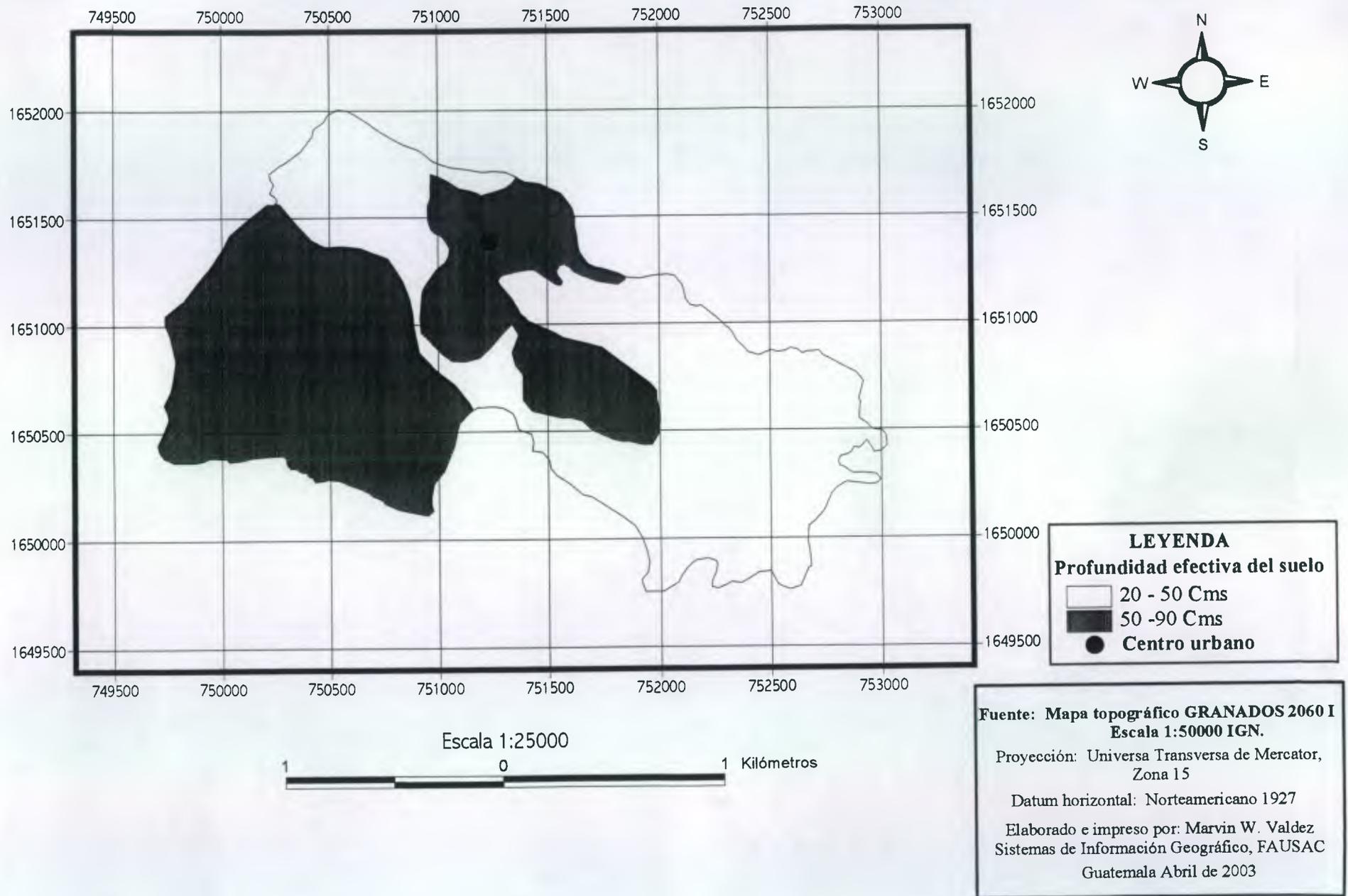


Figura 10A. Mapa del comportamiento de la profundidad efectiva del suelo

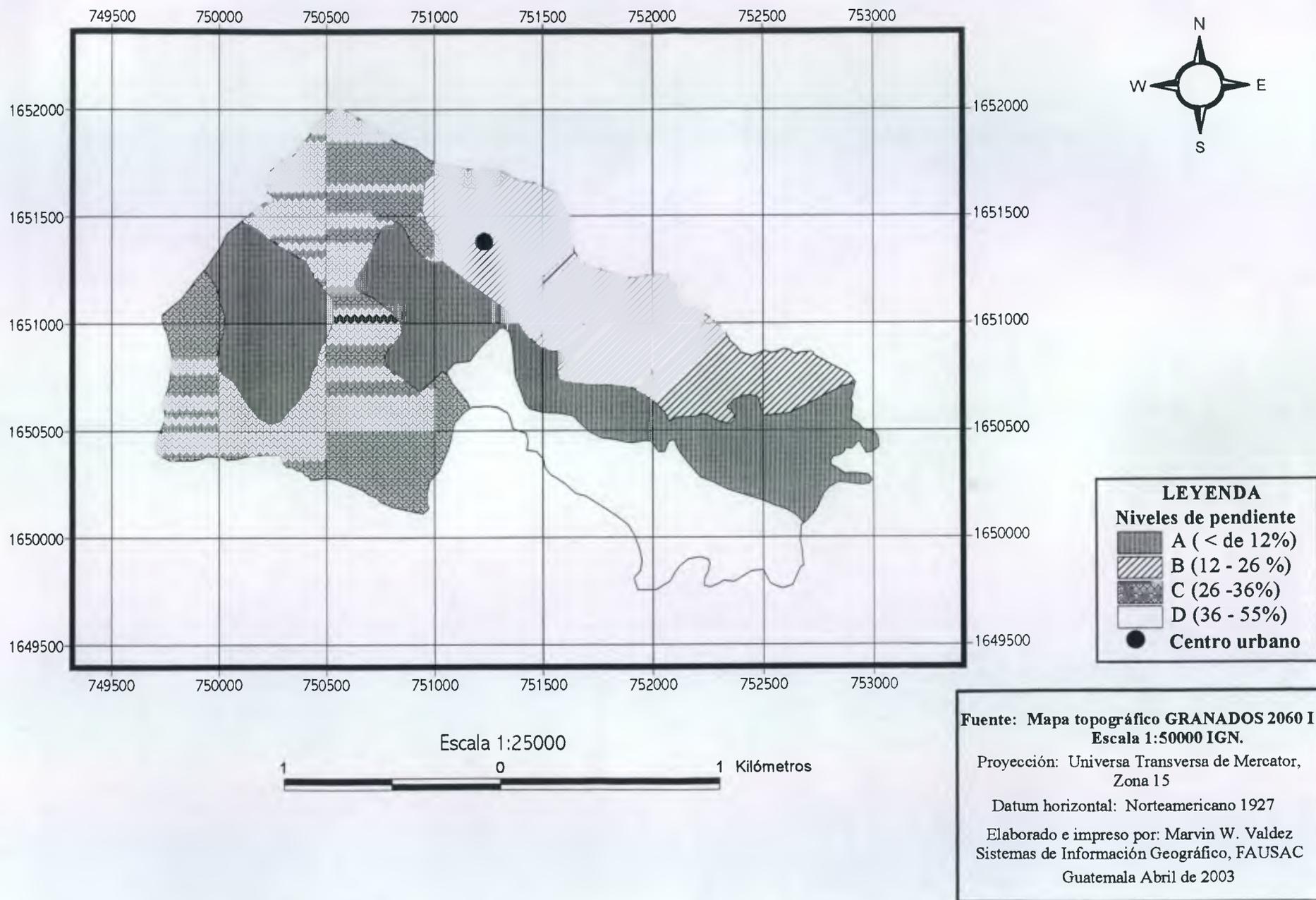


Figura 11A. Mapa de pendientes del área de estudio

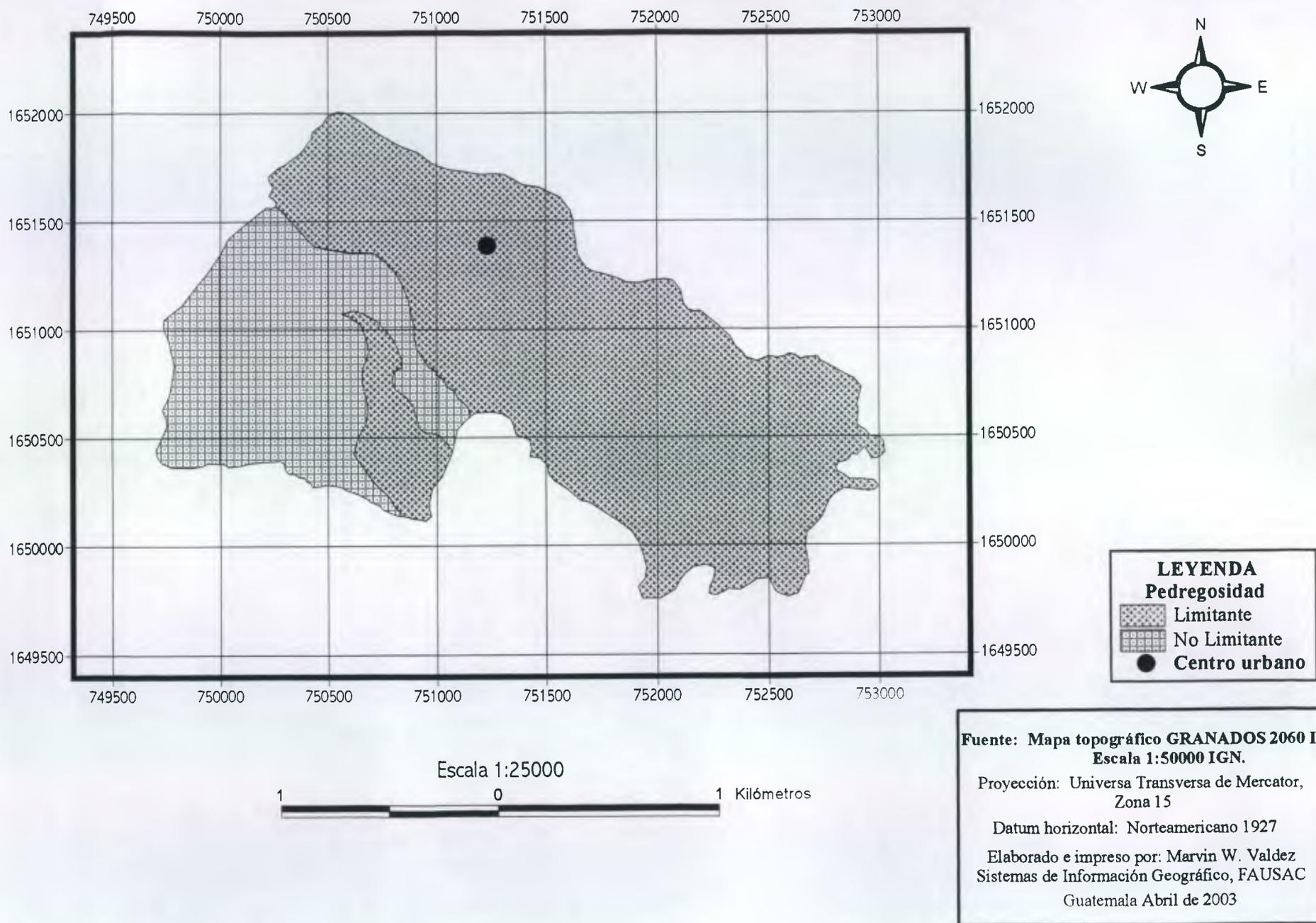


Figura 12A. Mapa de pedregosidad del área de estudio



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

" ESTUDIO SEMIDETALLADO DE LOS SUELOS
Y TIERRAS DEL AREA CENTRAL DEL MUNICI-
PIO DE PACHALUM, DEPARTAMENTO DEL QUI-
CHE".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

MARVIN WALDEMAR VALDEZ MORATAYA

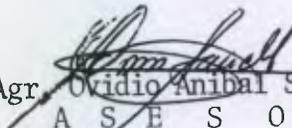
CARNET:

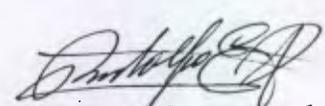
9711478

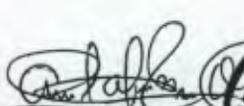
HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Ervin Maxdelio Herrera De León
Ing. Agr. Carlos Vinicio Godínez Miranda

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr.  Ovidio Anibal Sacbajá Galindo
A S E S O R

Ing. Agr.  Rodolfo Estuardo Veliz Zepeda
A S E S O R


Dr. Ariel Abderraman Ortíz López
DIRECTOR DEL IIA.

I M P R I M A S E

Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
DECANO EN FUNCIONES

