

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or historical figure, seated on a throne or horse. The figure is surrounded by various symbols, including a crown, a shield, and a cross. The Latin motto "CONSPICUA CAROLINA ACQUA" is inscribed at the top of the seal, and "SACERDAS INTER COACHTHEMENSIS" is at the bottom. The seal is rendered in a light gray, semi-transparent style.

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA EL
ESTABLECIMIENTO DE CUATRO ESPECIES FORESTALES COMO
OPCIÓN DE DIVERSIFICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO NARANJO**

GERMAN RAFAEL GONZÁLEZ DÍAZ

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA EL
ESTABLECIMIENTO DE CUATRO ESPECIES FORESTALES COMO
OPCIÓN DE DIVERSIFICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO NARANJO**

TESIS

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

POR

GERMAN RAFAEL GONZÁLEZ DÍAZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Ph.D. ARIEL ABDERRAMÁN ORTÍZ LÓPEZ
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MANUEL DE JESÚS MARTÍNEZ OVALLE
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ
VOCAL CUARTO	MEP. JUVENCIO CHOM CANIL
VOCAL QUINTO	MEP. BAYRON GONZÁLEZ CHAVAJAY
SECRETARIO	Ing. Agr. PEDRO PELÁEZ REYES

Guatemala, Agosto de 2,004

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

Señores representantes:

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:

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CUATRO ESPECIES FORESTALES COMO OPCIÓN DE DIVERSIFICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO NARANJO

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo merezca su aprobación,

ATENTAMENTE,

German Rafael González Díaz

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por ser la luz y fuerza que me ha guiado y acompañado en todas las actividades que he realizado y por darme la oportunidad de llegar a alcanzar esta meta, ya que sin tu ayuda no pudiera haberlo alcanzado

MI PAPÁ: Alex Rolando González Figueroa, por ser el que me guió en todas las etapas de mi vida, a base de sacrificio con tal de darme lo mejor, por ser el ejemplo a seguir, demostrándome que con trabajo, esfuerzo y dedicación todo es alcanzable en esta vida.

MI MAMÁ: Telma Elizabeth Díaz Terraza de González, su sabiduría y cariño transmitidos a través de todas esas noches de consejos donde soñábamos con este momento, se ven reflejados ahora, como en tantos momentos de mi vida y lo seguirán reflejando siempre.

MI ESPOSA: Ana Carlota Ruiz Fajardo de González, por su cariño y comprensión y consejos brindados durante estos años de estudio, los cuales fueron un bastión importante para alcanzar esta meta.

MÍ BEBE: Te lo dedico especialmente a ti con todo mi amor y cariño.

MIS HERMANOS: Alex Rolando y Martha Alejandra Elizabeth, por compartir conmigo este momento que desde pequeños lo habíamos planeado, con amor fraternal y un ejemplo a seguir, ahora les toca a ustedes.

MIS ABUELOS: German Rafael González Enríquez y Martha Flora Figueroa Ruiz de González, por que con su forma de ser nos han enseñando el camino del trabajo bien hecho y a dar lo mejor de si para alcanzar las metas,
Miguel Herlindo Díaz Morales (QEPD) y Etelvina Terraza Cáceres (QEPD), que seguramente desde el cielo estarán acompañándonos y celebrando juntos.

MIS TIOS Y TIAS: Por ser esa segunda opinión que ayudo a formarme y a superar obstáculos juntos.

MIS PRIMOS: Como un ejemplo a seguir.

EI TRIO DINAMICO: Pablo Antonio Polo Juárez y Víctor Alejandro Cabrera Pinzón, por todo el conocimiento y experiencia compartida.

MIS AMIGOS: Juan Carlos Argueta, Estuardo Lira, Jorge Cabrera, Jorge Mario Monzón, Guillermo García, Ricardo Marroquín, Armando Urrutia, Jonathan Nolasco, David Nolasco, Jorge Chapas, Glenda Lee, Lorena Córdova, Oscar Avalos, Ronny Roma, Fernando Paredes, Ricardo Barrientos y José Alfredo Suárez, con afecto.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi Guatemala, país de la eterna primavera, una nación bendecida por la riqueza con abundancia de recursos naturales.

La Gloriosa y más de Tricentaria Universidad de San Carlos de Guatemala, Alma Máter de la educación superior de Guatemala y formadora de exitosos profesionales.

La Facultad de Agronomía, más de cincuenta y cuatro años contribuyendo al crecimiento y desarrollo del sector agrícola y forestal de Guatemala.

El Colegio Salesiano “Don Bosco”, mi otra casa de estudios, formadora de muchos de mis valores y conocimientos, con una especial dedicatoria a Nery Saúl Dighero Hernández, SDB (QEPD) y a la XLVII promoción.

Todas aquellas personas que contribuyeron en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores: Ing. Agr. MSc. Hugo Tobías Vásquez e Ing. Agr. MSc. Guillermo Santos Mansilla, por todas sus contribuciones técnicas y científicas al presente trabajo de investigación.

Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá –INCAP-, en especial al Dr. Jesús Bulux, por el apoyo recibido durante la elaboración de este estudio.

Lic. German Rafael González Enríquez; Alan Roberto González Figueroa, Ph.D.; Ing. Agr. Alex Rolando González Figueroa Ing. Agr. Edgar Milton González Figueroa; Ing. Civil German Rafael González Figueroa, MSc.; que con su amplia experiencia profesional supieron orientarme en mis estudios universitarios.

Ing. Agr. MSc. Edwin Cano Morales, Ing. For. José Mario Saravia y Dr. Werner González, por sus valiosos aportes en el enriquecimiento del presente trabajo de investigación.

Todas aquellas personas que con su apoyo moral colaboraron en la culminación del presente trabajo de investigación.

CONTENIDO GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Marco conceptual.....	4
3.1.1 El Análisis del Espacio Geográfico.....	4
3.1.2 Los Sistemas de Información Geográfica:.....	5
A. Aspectos Generales:.....	6
B. Sistemas Relacionados:.....	8
C. Herramientas de un SIG.....	9
D. Evolución de los SIG:	10
E. Participantes y Usuarios de un SIG:	12
F. Aplicaciones de los SIG:.....	13
3.1.3 El Espacio Geográfico, Territorio, Ordenamiento Territorial:.....	14
3.1.4 La evaluación del Uso del Territorio como base para la generación de escenarios	17
3.1.5 Descripción de las especies forestales a evaluar:.....	18
A. Teca (<i>Tectona Grandis</i> L.).....	18
B. Palo Blanco (<i>Cybistax donnell-smithii</i> (Rose) Seibert)	20
C. Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i> Mill)	22
D. Pino de Ocote (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schldl)	24
3.2 Marco referencial:	26
3.2.1 Ubicación Geográfica.....	28
3.2.2 División política y superficies.....	29
3.2.3 Geomorfología.....	31
3.2.4 Fisiografía.....	32
3.2.5 Uso de la Tierra y Cobertura Vegetal.....	34

	PÁGINA
3.2.6 Capacidad de Uso de la Tierra	35
A. Clasificación de tierras según metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – USDA–.....	35
B. Clasificación de tierras por la metodología del Instituto Nacional de Bosques –INAB–	35
3.2.7 Intensidad de Uso de la tierra.....	38
3.2.8 Hidrografía.....	39
3.2.9 Clima.....	40
3.2.10 Características Socioeconómicas.....	40
A. Aspectos demográficos.....	41
3.2.11 Formas de tenencia de la tierra.....	44
3.2.12 Recursos forestales.....	46
A. Estratificación forestal.....	46
B. Síntesis de la problemática forestal en la cuenca	47
3.2.13 Incentivos forestales en la cuenca.....	49
3.2.14 La caficultura como la actividad económica principal.....	50
3.2.15 Áreas protegidas en la Cuenca.....	51
4. OBJETIVOS.....	53
General	53
Específicos.....	53
5. HIPÓTESIS.....	54
6. METODOLOGÍA.....	54
1. Recopilación de información temática de la cuenca del río Naranjo.....	54
2. Colección de información de variables climáticas, topográficas y edáficas de las especies forestales.....	55
3. Adaptación de mapas digitales georeferenciados.....	57
4. Modelaje espacial Cartográfico digital georeferenciado.....	57
<i>Proceso de identificación de las Superficies óptimas para el establecimiento de las 4 especies forestales</i>	<i>57</i>
5. Generación del flujograma del modelo para la Identificación de áreas aptas el establecimiento de especies forestales	60

6. Generación de mapas y cuantificación de superficie de áreas potenciales para el establecimiento de las 4 especies forestales.....	62
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
1. Análisis de la Información biofísica de la cuenca del río Naranjo.	63
2. Análisis de las Variables climáticas, topográficas y edáficas de las especies forestales.	73
3. Flujograma del modelo para la Identificación de áreas aptas para el establecimiento de las cuatro especies forestales	75
4. Mapas y Cuantificación de áreas potenciales para el establecimiento de cuatro especies forestales ...	75
5. Análisis de opciones de diversificación en el mediano plazo	89
8. CONCLUSIONES.....	90
9. RECOMENDACIONES	91
10. BIBLIOGRAFIA.....	92
11. APENDICE	95

INDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1. Coordenadas UTM del cuadrante dentro del cual se localiza la Cuenca del Río Naranjo	28
Cuadro 2. Áreas municipales comprendidas dentro de la cuenca del Río Naranjo.....	30
Cuadro 3. Leyenda de interpretación fisiográfica de las tierras de la cuenca del río Naranjo	33
Cuadro 4. Unidades de paisaje presentes en la cuenca del río Naranjo	34
Cuadro 5. Categorías de cobertura vegetal y uso de la tierra en la cuenca del río Naranjo	35
Cuadro 6. Capacidad de uso de la tierra, según metodología USDA en la cuenca del río Naranjo.....	35
Cuadro 7. Clasificación por capacidad de uso de la tierra en la cuenca del Río Naranjo, metodología INAB	38
Cuadro 8. Intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Naranjo	39
Cuadro 9. Características morfométricas de la cuenca del Río Naranjo	39
Cuadro 10. Distribución de la población por sexo, años 1994 y 2000 en la cuenca del Río Naranjo.....	42
Cuadro 11. Comparación de población 1994 y proyecciones años 2000 y 2010 en la cuenca del Río Naranjo	42
Cuadro 12. Densidad de población, año 2000.....	44
Cuadro 13. Caracterización de la tenencia de la tierra en la cuenca del Río Naranjo.....	45
Cuadro 14. Estratificación forestal de la cuenca del río Naranjo	46
Cuadro 15. Área afectada por incendios forestales por tipo de bosque en la cuenca del Río Naranjo	47
Cuadro 16. Beneficiarios del programa de incentivos forestales	49
Cuadro 17. Suelos en la cuenca del río Naranjo.....	70
Cuadro 18. Variables “topo climáticas” identificadas para encontrar áreas potenciales para el establecimiento de las especies	73
Cuadro 19. Variables edáficas identificadas para encontrar áreas potenciales para el establecimiento de las especies.....	74
Cuadro 20. Áreas aptas dentro de la cuenca del Río Naranjo de las 4 especies forestales	76
Cuadro 21. Municipios con áreas aptas para el establecimiento de Teca (<i>Tectona grandis</i> L.) en la Cuenca del Río Naranjo	79
Cuadro 22. Municipios con áreas aptas para el establecimiento de Pino de Ocote (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schldl) en la Cuenca del Río Naranjo	82

Cuadro 23. Municipios con áreas aptas para el establecimiento de Palo Blanco (<i>Cybistax donnell-smithii</i> (Rose) Seibert) en la Cuenca del Río Naranjo	85
Cuadro 24. Municipios con áreas aptas para el establecimiento de Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i> Mill) en la Cuenca del Río Naranjo	88
Cuadro 25 "A". Base de datos con información acerca de la aptitud de las especies.....	97

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 1. Localización de la Cuenca del Río Naranjo en el mapa de Cuencas Hidrográficas de Guatemala..	27
Figura 2. Mapa de división Político-administrativa en la Cuenca del Río Naranjo.....	31
Figura 3. Mapa Geológico de la cuenca del río Naranjo	32
Figura 4. Mapa de Cobertura vegetal y uso de la tierra en la cuenca del río Naranjo.	36
Figura 5. Mapa de Capacidad de Uso de la tierra de la cuenca del Río Naranjo según metodología USDA..	37
Figura 6. Mapa de Cobertura Forestal dentro de la Cuenca del Río Naranjo	48
Figura 7. Mapa de Áreas Protegidas dentro de la Cuenca del Río Naranjo.....	52
Figura 8. Esquema de generación del Mapa Síntesis Número 1.....	58
Figura 9. Esquema de generación del Mapa Síntesis Número 2.....	59
Figura 10. Esquema para generar el Mapa Síntesis Número 3	59
Figura 11. Esquema para generar el Mapa Final de Áreas Aptas para las Especies Forestales	60
Figura 12. Ejemplo de flujograma del modelo para Identificación de áreas aptas para el establecimiento de especies forestales	61
Figura 13. Mapa de Elevación sobre el nivel del mar en la Cuenca del Río Naranjo	64
Figura 14. Mapa de Clases de pendientes en la cuenca del Río Naranjo.....	65
Figura 15. Mapa de Precipitación promedio anual en la Cuenca del Río Naranjo	67
Figura 16. Mapa de Temperatura promedio anual en la Cuenca del Río Naranjo.....	68
Figura 17. Mapa de readecuación cartográfica de Taxonomía de Suelos en la Cuenca del Río Naranjo	72
Figura 18. Flujograma final y cuantificación de superficies parciales desarrolladas en la identificación de áreas óptimas para el establecimiento de Teca (<i>Tectona grandis</i> L.)	77
Figura 19. Mapa de áreas aptas para el establecimiento de Teca (<i>Tectona Grandis</i> L.)	78
Figura 20. Flujograma final y cuantificación de superficies parciales desarrolladas en la identificación de áreas óptimas para el establecimiento de Pino de Ocote (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.).....	80

Figura 21. Mapa de áreas aptas para el establecimiento de Pino de Ocote (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schldl)	81
Figura 22. Flujograma final y cuantificación de superficies parciales desarrolladas en la identificación de áreas óptimas para el establecimiento de Palo Blanco (<i>Cybistax donnell-smithii</i> (Rose) Seibert)	83
Figura 23. Mapa de áreas aptas para el establecimiento de Palo Blanco (<i>Cybistax donnell-smithii</i> (Rose) Seibert)	84
Figura 24. Flujograma final y cuantificación de superficies parciales desarrolladas en la identificación de áreas óptimas para el establecimiento de Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i> Mill)	86
Figura 25. Mapa de áreas aptas para el establecimiento de Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i> Mill)	87
Figura 26 “A”. Mapa de Ubicación de la Cuenca del Río Naranjo.....	96

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CUATRO ESPECIES FORESTALES COMO OPCIÓN DE DIVERSIFICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO NARANJO

IDENTIFICATION OF POTENTIAL AREAS FOR THE ESTABLISHMENT OF FOUR FOREST SPECIES AS DIVERSIFICATION OPTION IN THE RÍO NARANJO WATERSHED

RESUMEN

La cuenca es una unidad lógica de planificación, que obliga explícitamente a reconocer que el desarrollo basado sobre la tierra o recursos naturales depende de la interacción de todas las actividades que tienen lugar en el total de la cuenca. Las tierras altas y bajas están conectadas mediante el ciclo hidrológico. Las actividades en las partes altas afectan las oportunidades y los problemas aguas abajo, influyendo sobre el flujo hídrico, el contenido de sedimentos y otros materiales transportados por el agua a lo largo del sistema.

En las últimas décadas, se han volcado esfuerzos para la integración de información, los que se han denominado Sistemas de Información Geográfica que están constituidos como una herramienta para establecer objetivos, modelos de simulación datos que alimenten al modelo, así como realizar los análisis mediante el procesamiento digital de imágenes digitales.

Fue considerada la cuenca del río naranjo debido a sus potencialidades de desarrollo, por que la cuenca cuenta con altos niveles de variabilidad biofísica y socioeconómica, se presta para que esta sea un polo de desarrollo del sector forestal, diversificando a algunos cultivos anuales y/o perennes; que en los últimos 10 años han mermado su producción -debido a la dependencia de los precios del mercado internacional.

La metodología de trabajo consistió en encontrar los requerimientos mínimos de condiciones topográficas, climáticas y edáficas para el establecimiento de las cuatro especies forestales, considerando especies tanto de latifoliadas como de coníferas. También fue necesario generar una base de datos georeferenciada que permitiera delimitar las condiciones topográficas, climáticas y edáficas del área en la cual se realizó el modelo. Este modelo cartográfico permitió hacer procedimientos geo-informáticos entre las condiciones óptimas para las especies y lo que existe para las mismas variables en la cuenca. Cabe resaltar que para el modelo utilizado, se descartó la cobertura forestal que existe en la cuenca, así como, las áreas protegidas que según el Sistema Nacional de Áreas Protegidas hay en la misma, esto con el fin de conseguir las áreas

óptimas que no tuvieran cobertura forestal ni estuvieran en una zona protegida y que las áreas potenciales fueran verdaderamente opciones de diversificación.

Del total de la cuenca 23% de su superficie tiene aptitud para establecimiento de las especies estudiadas, el resto de la superficie esta ocupada con bosques naturales, plantaciones forestales, cultivos permanentes, cultivos anuales, humedales y áreas urbanas. El 17 % del total de la cuenca llena los requerimientos mínimos para las especies Teca y Palo blanco, en tanto que el 6% de la superficie restante llena los requerimientos mínimos para las especies Ciprés y Pino de ocote.

1. INTRODUCCIÓN

La generación de escenarios para modelar el espacio geográfico es una de las muchas alternativas para poder identificar zonas potenciales para el establecimiento de cultivos o plantaciones. La utilización de un Sistema de Información Geográfico (SIG), como la herramienta que permita realizar el análisis de geográfico de una forma más ordenada, en el proceso inicial de identificación de áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones, es muy útil, esto es debido a los ajustes que es necesario realizar en las diferentes variables de análisis, comparado a lo poco práctico de la cartografía tradicional y por el excesivo tiempo que consume llegar a un resultado satisfactorio. Pero lo más importante y fundamental que se debe de tomar en cuenta en la generación de escenarios es el desarrollo de procesos de análisis y síntesis de información con visión a futuro, como base para la conformación de imágenes hipotéticas, como lo son la identificación de áreas potenciales para el establecimiento de especies forestales.

La cobertura forestal dentro de la cuenca del río Naranjo, que ocupa el 21 % del área total de la cuenca, se caracteriza por bosques naturales concentrados principalmente en la parte alta y media de la cuenca, con pequeñas áreas de bosque dispersas en la parte baja. Existen pocas plantaciones forestales dentro de la cuenca, predominan las actividades agropecuarias en detrimento de la cobertura forestal.

Del año 1997 al 2000 se han otorgado 4.5 millones de quetzales en materia de incentivos forestales realizados por el Programa de Incentivos Forestales - PINFOR dentro de la cuenca del Río Naranjo, de esa cantidad aproximadamente solo el 10% del monto total otorgado, ha sido aprovechada por un solo propietario, la propiedad en referencia se encuentra ubicada en la parte baja y media de la cuenca.

Con el presente estudio se pretendió identificar áreas potenciales para establecer plantaciones forestales dentro de la cuenca, generar información de utilidad para instituciones del sector, organizaciones de productores, propietarios de tierras dentro del área geográfica de la cuenca, cultivar las especies investigadas agrupadas en plantaciones, identificar áreas óptimas para el establecimiento de plantaciones de especies forestales que sean una opción de diversificación de cultivos anuales o perennes, así como también coadyuvar a mitigar en parte los daños ambientales por la eliminación de cobertura forestal en la cuenca.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La deforestación es un problema importante a lo largo de los trópicos. El descontrol en la tala de árboles, especialmente de maderas duras y preciosas, cada vez va a más. El cultivo de subsistencia es practicado por millones de personas, los cuales cultivan la tierra quemando una parte del bosque y plantando cosechas en un suelo aparentemente rico. El problema es que a pesar del aspecto frondoso del bosque, el suelo subyacente no es fértil. Su fertilidad no es inherente, viene de una interacción compleja de las plantas, árboles, bacterias e insectos que viven únicamente en el bosque. Después de quemar el bosque, las cosechas pueden únicamente crecer por un par de años antes de que el suelo se agote y el agricultor cambie a otro lugar para quemar otra sección de bosque, dejando detrás un espacio muerto, directamente expuesto al sol abrasador y a la lluvia torrencial. El suelo necesita muchos años para recuperarse y a veces nunca se recupera. Es más, si el suelo se pierde, este nunca se recuperará del todo y el mantillo terminará en ríos y arroyos, ocasionando un disturbio ecológico adicional río abajo, tales como inundaciones, deslizamientos y asolvamientos.

En Guatemala, específicamente en la vertiente del pacífico, donde se encuentra ubicada la Cuenca del Río Naranjo, como se dijo anteriormente, no es la excepción de la deforestación, ya que aproximadamente el 73% de la superficie de la vertiente se encuentra sin cobertura forestal y el 77% de la superficie de la cuenca se encuentra sin cobertura forestal. Debido a esta escasa cobertura forestal, uno de los problemas mas serios que enfrenta la cuenca es la pérdida de suelos por erosión, proveniente de las áreas con sobreuso de la tierra, causada por diversos factores, entre los cuales se encuentran: la falta de cobertura forestal, por ende su baja producción forestal proveniente de plantaciones, cambios de uso de la tierra por la caída de los precios en café, cambios de cobertura en las zonas de recarga hídrica, entre otros.

Las tierras de la cuenca del Río Naranjo, cuya aptitud no es mayoritariamente para actividades intensivas como la agricultura, han tenido que soportar la presión de un cambio de uso, desde lo forestal hasta el establecimiento de cultivos limpios sin vocación para ello, por consiguiente continuando el deterioro de su ecosistema.

Esto y mas, hace pensar que se debe de surgir una forma de administración del territorio con todas sus componentes para enfrentar en forma efectiva el rápido proceso de degradación de los recursos naturales que a su vez es causa de una profunda crisis socio-ambiental, utilizando métodos y herramientas novedosas para la identificación de áreas prioritarias de establecimiento de especies forestales

Por consiguiente, se pueden realizar ejercicios que permitan la identificación áreas potenciales para el establecimiento de especies forestales, y que puedan ser una opción de ordenamiento territorial, reforestación y que además permitan obtener mejores ingresos económicos al realizar aprovechamientos forestales, comparado con algunas cultivos y especies que atraviesan crisis de precios en el mercado internacional, como lo es el caso del café.

Se presentó la oportunidad de seleccionar especies forestales tanto de coníferas y latifoliadas que cumplieran con algunos requisitos tales como: crecimiento de moderado a rápido, especies preferidas por la calidad de su madera, con registros altos de exportación según el Instituto Nacional de Bosques –INAB–, que tuvieran un valor económico alto.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Marco conceptual

3.1.1 El Análisis del Espacio Geográfico

Es importante señalar aquí que el propósito del análisis geográfico para la generación de escenarios de ordenamiento de los recursos naturales consiste en el proceso y como se diferencia de algunos instrumentos o herramientas de la geografía.

La Definición de análisis geográfico desarrollada por Olivier Dollfus en su libro “El Análisis Geográfico (Dollfus, 1978), se inicia por definir el campo de acción de la geografía, el cual describe los principales elementos considerados en el análisis geográfico, todo ello enmarcado en las dimensiones de tiempo y espacio. Definir que estudia la geografía, es una forma de definir los elementos del análisis geográfico:

“La geografía como ciencia estudia los modos de organización del espacio terrestre, así como la distribución de las formas y de las poblaciones (en el sentido de colecciones de individuos) sobre la epidermis de la tierra. Su gestión procede de una dialéctica entre la descripción y la explicación, planteando permanentemente cuestiones que se encadenan y que empiezan por dónde, como, por qué. En el inicio, la geografía localiza y sitúa aquello que constituye el objeto de investigación, describe y define las formas para luego proceder al análisis de su disposición, su repetición, su similitud y su singularidad. La geografía es una ciencia en la medida en que los elementos percibidos son examinados y medidos e interpreta los hechos desde diversas perspectivas revalorizándolos de acuerdo y en función a la escala de observación. En síntesis, el análisis geográfico busca comprender los modos de organización en el espacio constituido por la superficie terrestre y su biosfera, empleando un conjunto de técnicas que buscan explicar las relaciones de los seres humanos con el medio y entre sí. Algunas investigaciones geográficas se orientan con mayor énfasis hacia la organización y la evolución de los espacios naturales (se trata de la geografía física) otras hacia la distribución de los seres humanos y sus actividades en el espacio geográfico (la geografía humana)”. (Dollfus, 1978)

De acuerdo con la definición de la geografía como ciencia y del análisis geográfico como método, Dollfus plantea separadamente para efectos de explicación y delimitación de grandes ámbitos, la geografía humana y

la geografía física. Sin embargo, en la realidad su definición de geografía descansa precisamente en el estudio de las interrelaciones entre sí.

3.1.2 Los Sistemas de Información Geográfica:

En muchas ocasiones se visualiza equivocadamente a los sistemas de información geográfica como el fin y no como un medio, como el análisis geográfico y no como una herramienta o instrumento para realizar el análisis geográfico. Es importante tener muy clara esta diferencia, ya que en la generación de escenarios de ordenamiento de los recursos naturales, la base fundamental es el desarrollo de procesos de análisis y síntesis de información con visión de futuro, como base para la conformación de imágenes hipotéticas.

Los sistemas de información geográfica son instrumentos para desarrollar este proceso de análisis y síntesis, pero no son el proceso en sí. Tampoco las computadoras y los programas para operarlas constituyen el sistema de información geográfica; aunque muy importantes, son únicamente el componente operativo de dichos sistemas. Lo que si es reciente son los sistemas de información geográfica computarizados. Ford y otros (1990) definen los sistemas de información geográfica computarizados de la siguiente forma:

“Los sistemas de información geográfica son una nueva herramienta que recientemente se ha hecho accesible a los planificadores y formuladores de políticas. Dicha herramienta ofrece la capacidad de almacenar, acceder, analizar, manipular, desplegar e integrar información ambiental, económica y social en un solo sistema. Dicha herramienta facilita:

1) superposición de datos para fines comparativos; 2) actualización de información para ilustrar cambios en el tiempo; 3) cambios de escala para microanálisis; 4) derivación de datos no disponibles mediante manipulación de factores conocidos; 5) integración de paquetes de datos de ciencias sociales y físicas; 6) incorporación de datos adquiridos mediante sensores remotos tales como imágenes de satélite con fines de monitoreo ambiental continuo; 7) modelado de procesos sociales y físicos con propósitos de simulación y predicción” (Ford, R. y otros. 1990)

La anterior definición es una excelente descripción del análisis geográfico para la generación de escenarios de ordenamiento territorial, mediante el empleo de sistemas de información geográfica computarizados. Todas las capacidades mencionadas son necesarias para proyectar y conformar una nueva imagen o escenario

a determinado horizonte de tiempo, para lo que también hay que establecer una serie de supuestos que condicionen la probabilidad de alcanzar o no dicha imagen.

A. Aspectos Generales:

Los sistemas de información geográfica (SIG) conllevan la recolección, el desarrollo de modelos, el análisis y la integración de datos espaciales (localizables) y no espaciales (atributos) de datos requeridos para aplicaciones geográficas.

Ejemplos de datos espaciales son mapas digitales, fronteras o límites administrativos y redes de caminos. Datos no espaciales incluyen información de censos, elevaciones de terrenos y características del suelo.

Un SIG se compone por lo menos de un equipo de cómputo y los programas para la entrada, consulta, transformación, medición, combinación, selección y despliegue de datos espaciales que han sido digitalizados y registrados en un sistema común de coordenadas. Con el fin de realizar estas funciones los datos incluidos en un SIG deben incluir información espacial explícita de localización de cada entidad así como de sus atributos.

Las capacidades mínimas de un SIG son:

- Entrada, edición y administración de datos
- Almacenamiento y recuperación de datos
- Realización de consultas (queries) basadas en los atributos de una entidad, su localización o una combinación de ambos.
- Generación de nuevas bases de datos basadas en esas consultas
- Producción de reportes tabulares, gráficos y archivos digitales de salida.
- Conversión, ya sea de escalas o proyecciones con el fin de poder lograr un mapa "común"
- Modelaje, esto es, la simplificación de los datos o su entorno para poder entender y predecir su funcionamiento y relaciones entre los componentes.

Varias de estas capacidades son comunes a otros tipos de programas y sistemas de cómputo. Es la capacidad de proveer respuestas a consultas de tipo geográfico lo que realmente distingue a un SIG.

Un SIG difiere de un mapa en varias formas. El mapa es una representación análoga de la superficie terrestre; el SIG almacena archivos espaciales en forma numérica. En el mapa muchos de los atributos del terreno son desplegados y almacenados simultáneamente mientras que un SIG guarda esas características separadas. Un mapa es estático y difícil de actualizar; en un SIG cada capa de datos puede ser fácilmente revisada. Un mapa es un producto final en si mismo mientras que el producto final de un análisis en un SIG puede ser un mapa o datos. Los mapas son algunos de los insumos y productos de un SIG; éste puede engrandecer considerablemente la versatilidad de datos "mapeados" con abundante técnicas de análisis y manipulación de datos.

Hay dos tipos básicos de SIG, diferenciados por la manera en que cada uno almacena y maneja los datos. Estos dos modelos son denominados raster y vectorial.

En los modelos raster los datos se presentan como una matriz de celdas de área igual. El elemento menor indivisible es la celda (píxel en el caso de imágenes). Cada celda tiene definidas sus propiedades individuales pero su forma se mantiene generalmente cuadrada. A niveles gruesos de resolución los polígonos parecen formados por bloques y las líneas o curvas se ven como escaleras. A niveles más finos de resolución un raster se parece bastante a un mapa pero los requerimientos de almacenamiento de datos se incrementan exponencialmente. Cada celda en un modelo raster tiene un único valor asignado. Este valor puede ser un atributo individual o ser un enlace a atributos diversos por medio de una base de datos relacional.

En los modelos vectoriales los elementos se componen de puntos, líneas y polígonos. Al inicio de cada elemento se encuentra un nodo, que es un punto localizable en coordenadas XY, las líneas son definidas por dos nodos y las curvas por dos nodos y un vértice (punto) de inflexión. Los elementos pueden tener propiedades individuales contenidas en si mismos o por medio de una base de datos relacional. Este sistema es más eficiente para el almacenamiento de datos. También su uso en cartografía es preferible, ya que se mantiene la figura real del elemento.

Cada sistema tiene sus ventajas y desventajas el uso de uno u otro cada día es menos relevante ya que la mayoría de los programas tienen convertidores muy eficientes entre ambos sistemas. Hay tres factores que podrían determinar la estructura inicial: i) que tan discreta es la entidad representada, ii) aplicación requerida, iii) origen de los datos. Por lo general un sistema vectorial es preferible si los objetos representados son discretos y deben ser representados precisamente o si el análisis requerido involucra mediciones o análisis de elementos lineales. Un modelo raster es mejor cuando los elementos no están claramente definidos, tienen

continuidad de datos o el uso esperado involucra análisis espacial; o cuando los datos ya están en forma raster como en el caso de las imágenes.

B. Sistemas Relacionados:

Un SIG tiene una estrecha relación y muchas veces conexión con otros programas, que aunque fueron creados y se usan para otros propósitos, comparten muchas funciones comunes con un SIG.

Sistemas de manejo de bases de datos (database management system, DBMS). Estos son programas que permiten la organización y la consulta de datos. Un SIG tiene varias funciones de DBMS pero un DBMS carece de capacidades de consulta y despliegue espacial presente en el SIG. Estos en ciertos casos tienen sistemas internos mientras que otros pueden ligar a DBMS existentes en el mercado. Este último caso tiene la enorme ventaja de permitir la manipulación de datos fuera del SIG.

Paquetes de análisis estadísticos. La mayoría de los SIGs sólo pueden realizar operaciones estadísticas muy rudimentarias. Dada la importancia de este tipo de análisis es muy conveniente que el paquete de estadísticas y el SIG compartan el acceso a un DBMS externo que permita el procesamiento y análisis de los datos.

Los paquetes de diseño por computadora (Computer Aided Design, CAD). Inicialmente fueron creados para el diseño y dibujo técnico de objetos; sin embargo, han sido usados extensamente para aplicaciones geográficas. Manejan puntos, líneas y polígonos con un marco espacial de referencia. A diferencia de un SIG, por lo general es difícil enlazar atributos de una base de datos a elementos o asignar simbología automáticamente de acuerdo a un criterio definido por el usuario.

Sistemas de proceso de imágenes. Consisten en equipos y programas para analizar imágenes digitales. Inicialmente estos sistemas fueron diseñados para el análisis de combinaciones de espectros, con el fin de producir mapas con características del terreno. Esta tecnología ha evolucionado considerablemente tanto en su precisión como en las aplicaciones. Hoy es usada en diagnósticos por medio de imágenes de resonancia magnética y tomografía axial computarizada.

Los SIGs han seguido la rápida evolución de los sistemas de cómputo, tanto en arquitecturas como en sistemas y programas. En casi todas las plataformas se ha desarrollado un SIG que ha seguido la misma

evolución de la plataforma. Hoy en día se puede afirmar que aquellos SIGs que fueron desarrollados sobre UNIX y Windows NT se perfilan como las alternativas más viables en el futuro ya que los otros sistemas tienden a migrar a estas plataformas. Windows hoy en día tiene un creciente número de usuarios. UNIX en todas sus versiones tiene una gran base instalada.

Entre los sistemas relacionados es necesario incluir los GPS (Global Positioning Systems), que a pesar de no ser parte de un SIG, desde su introducción se han vuelto una herramienta de alto valor en estas aplicaciones. Este sistema consiste en 24 satélites lanzados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica en una órbita tal que desde cualquier punto de la Tierra siempre es posible "ver" cuatro de ellos. Estos satélites constantemente transmiten un código de identificación. Por medio de triangulación es posible calcular la posición del receptor en la tierra. Con el equipo y tiempo, la exactitud es de unos cuantos centímetros por lo que este sistema ha llegado a sustituir muchos de los procedimientos topográficos requeridos en el pasado.

C. Herramientas de un SIG

Cada uno de los mapas o información digital genera lo que se conoce como capa y se organiza de esta manera para tener un rápido acceso a los elementos de datos requeridos, analizar geográficamente la información y poder realizar modelos digitales de la misma. En ese sentido, la verdadera razón de ser de un SIG es la de proveer un medio de análisis geográfico (Velásquez, 1994), utilizando para ello los siguientes grupos de herramientas:

Consulta de las bases de datos: Este es el grupo de herramienta o utilidades que permite la comunicación entre el usuario y las bases de datos almacenadas en formatos tabular y/o espacial. Con esto puede establecerse entre otras cosas: Tipos de uso de la tierra existentes en un área determinada, sitios en los cuales se encuentra la mayor concentración de pesticidas, localización de las zonas donde exista una determinada especie animal o vegetal, etc. Para poder realizar operaciones lógicas de intersección y/o unión de mapas, bases de datos, etc. (Velásquez, 1994).

Álgebra de mapas: Este es el segundo grupo de herramientas de un SIG y es el que nos permite combinar capas de mapas de manera matemática. Esto resulta muy útil cuando se pretenden realizar modelos digitales ya que para ello se precisa de relaciones matemáticas tanto de mapas como de bases de datos; por ejemplo, a

partir de un modelo de elevación digital (MED o por sus siglas en inglés DEM), es decir, la hipsometría de una cuenca cualquiera, se puede calcular las isoyetas o isotermas utilizando una ecuación que tenga implícita la relación entre altura y precipitación o bien la temperatura, según sea el caso (Velásquez, 1994).

Operadores de distancia: El tercer grupo de herramientas proveídas por un SIG consiste en los operadores de distancia, los cuales, como su nombre sugiere, son un grupo de técnicas donde la distancia entre un punto y otro o un área y otra, juegan un papel importante en el análisis de la información. Por ejemplo, provee la herramienta para construir zonas de amortiguamiento a una determinada distancia, áreas ubicadas a una distancia específica de otras, efectos de fricción y barreras en los cálculos de este parámetro a través de un análisis tipo costo-distancia (Velásquez, 1994).

Operadores de contexto: Finalmente, el cuarto grupo provee una variedad de operadores conocidos también como “operadores de vecindad” u “operadores locales”. Esto crea nuevos mapas basados en la información existente en un mapa preliminar y generan el contexto en el cual se encuentra una característica requerida. Uno de los ejemplos más sencillos es el análisis de superficie en donde se toma un modelo de elevación digital y se produce un mapa de elevaciones por medio del examen de las alturas de las localidades en comparación con las alturas de los sitios vecinos (Velásquez, 1994).

D. Evolución de los SIG:

Los SIGs han evolucionado en paralelo con las distintas plataformas de sistemas que se han presentado en el tiempo. En casi todas las plataformas se desarrolló algún tipo de aplicación que se podría catalogar como una herramienta de SIG por lo menos. El destino de SIG casi siempre siguió el de la plataforma en que fue desarrollado o transferido. Actualmente hay básicamente dos ambientes de trabajo, UNIX y Windows, y la gran mayoría de los paquetes modernos corren en uno de estas dos plataformas. La única excepción se da con los SIGs militares que todavía se mantienen en una especie de mundo aparte.

Un SIG está formado por tres componentes:

- Interfase
- Procesos
- Datos

El SIG ha funcionado de acuerdo a la plataforma o sistema en que fue desarrollado y usado. En este sentido se ha mantenido en paralelo con el desarrollo de los sistemas de cómputo. En los años sesenta corría en máquinas grandes, procesos tipo "batch" e interfaces de tarjetas o impresos.

En los siguientes veinte años se empiezan a usar dos tipos de procesos uno para almacenar y procesar datos y otro para consultarlos y procesarlos. Se empiezan a usar interfaces más amigables hacia el usuario. Este sistema es conocido como de dos niveles (two tier) y se empieza a ver una separación entre la consulta y el almacenamiento de datos.

A partir de los años noventas se introducen la computadora personal y eso lleva a una profunda revolución en los sistemas de cómputo. La Interfase se vuelve ya un proceso por si mismo. Los tres componentes (Interfase, procesos y datos) son independientes entre si, creándose una plataforma multinivel. Cada uno de los procesos adquiere su propia personalidad e independencia. El uso intenso de interfaces gráficas (graphic user interphase – GUI) libera al usuario de tener que conocer e involucrarse en todos los componentes del sistema.

Con las facilidades que esta nueva independencia de componentes permite, a partir de principios de los años noventas los usuarios aumentan y se especializan.

Así se ve que a principios de los años setentas, el objetivo común era la productividad, entendiéndose por esta la capacidad en la captura de datos y creación de mapas. La necesidad de análisis y reportes así la necesidad de mayor productividad en la captura y creación de mapas, hace que a principios de los años ochenta se empiece a hablar de mapas inteligentes.

La automatización de procesos, los requerimientos más estrictos de análisis y reportes, así como un nuevo incremento en las especificaciones en la captura de datos y creación de mapas, cambian el objeto de los SIGs a modelado de redes.

Nuevas necesidades de los usuarios y equipos de mayor capacidad e interconectividad llevan los SIGs a la situación actual, en donde se da una integración y habilitación de tecnología informática. Los sistemas dejan de ser de naturaleza geográfica y adquieren más bien una característica de base de datos con un componente geográfico. No es necesario para un usuario tener que manejar los conceptos geográficos incluidos en ella

sino más bien el deseo es de conocer los datos y georeferenciarlos si se requiere. Este sistema se llama SIG abierto.

La rápida evolución de los SIGs y la ampliación de su base de usuarios han incentivado a que se elaboren estándares. Tal como se mencionó anteriormente la tendencia actual incluye

- Independencia entre los componentes del SIG
- Interfase gráfica al usuario
- Consultas por usuarios no especializados ni con conocimiento profundo del sistema
- Ambiente abierto controlado por el cliente
- Tendencia al ambiente Windows y la interfase OLE
- Integración de componentes de bajo nivel
- Protocolos de comunicación estándar con y entre los componentes

Los anteriores conceptos y especificaciones se han regulado en la "International Standards Organization (ISO)" bajo la norma ISO3. El acogerse a esta norma asegura que aplicaciones futuras puedan ser integradas entre si.

Los desarrolladores de SIG se han unido para formar una fundación llamada "Open GIS" con el objetivo de promover los conceptos de SIG abierto en el mundo.

Las especificaciones propuestas por esta organización deben ser consideradas en cualquier diseño de redes o bases de datos futuros. Es importante recalcar que esta organización no es de carácter comercial ni está afiliada con ninguna empresa en particular, sino que representa a la industria como un todo. Sus estándares y recomendaciones no son de acatamiento obligatorio de parte de los suplidores de SIGs, pero el seguirlos mantiene cualquier operación futura entre los estándares de compatibilidad y operación generales.

E. Participantes y Usuarios de un SIG:

Según Orlich (1998), La independencia funcional entre interfase, procesos y datos permite la clasificación de los usuarios del sistema de acuerdo con sus necesidades y conocimientos del sistema. Hay tres grupos claramente identificables:

Técnicos, son los encargados de la captura cartográfica, el modelado y análisis. Es el usuario más sofisticado y con un profundo conocimiento del tema y el sistema.

Usuarios, son aquellas personas que requieren del sistema para consultas. Su interés principal está en la información, su calidad, presentación y accesibilidad.

Visualizadores, esas personas son usuarias de productos finales tales como reportes, mapas o informes que usan para la toma de decisiones.

Orlich (1998), estima que la relación entre estas personas es de 1:10:100, o sea que por cada técnico hay 10 usuarios y 100 visualizadores. De ahí la importancia en facilitar la interfase a estos últimos dos grupos. Es notable también el que estos dos últimos grupos se hayan incrementado debido a la evolución de los SIGs. Hasta finales de los ochenta los programas requerían que el usuario no sólo fuera un buen conocedor de conceptos geográficos y cartográficos sino también muy hábil para trabajar con sistemas de cómputo.

F. Aplicaciones de los SIG:

Los usos que puede darse a los SIG, en los distintos componentes que involucra el manejo de recursos naturales, comprende un amplio rango de aplicaciones tanto en los procesos de planificación y ejecución, como en los de evaluación y monitoreo de los mismos (Maxted y otros, 1982). Los componentes de un SIG pueden servir de apoyo en sectores públicos, privados, semigubernamentales y organismos internacionales (Velásquez, 1994). Entre los ejemplos de aplicaciones podemos citar los siguientes:

- Determinación de zonas agroclimáticas
- Planificación física del uso de la tierra
- Adjudicación o concesión de tierras para desarrollo de proyectos
- Caracterización y cuantificación de recursos naturales
- Manejo forestal
- Manejo de áreas protegidas y biodiversidad
- Monitoreo y evaluación de planes, programas y/o proyectos
- Prevención de desastres

- Planeamiento urbano y rural
- Inteligencia militar y otros

3.1.3 El Espacio Geográfico, Territorio, Ordenamiento Territorial:

Tratar de definir las diferencias que puedan existir entre los significados de los términos “Espacio Geográfico” y “Territorio” no es una tarea fácil. El autor Dollfus (Dollfus, O., 1975) define el espacio geográfico de la siguiente forma:

“Es un espacio diferenciado y localizable que se refleja en el paisaje y determinado por sus características morfológicas (caracterización de sus formas, su repetición, similitud y originalidad), estratigráficas y dinámicas (evolución, sus ritmos y umbrales).

Dollfus cita a Jean Gottmann (1973) para definir el término “territorio”, por lo que también es conveniente revisar las consideraciones de éste último en esa definición. El autor hace un análisis de las diferentes percepciones preenjuiciadas de diferentes especialistas del concepto de territorio. Situación que hasta la fecha parece prevalecer con relación a este concepto y a otros que se involucran en el análisis geográfico. El ejemplo más reciente, pero que se origina desde alrededor de los años sesenta, es la percepción de que los conceptos de “Uso del Suelo” y “Uso de la Tierra” significan lo mismo. Estas percepciones equivocadas generalmente pueden llevar a conclusiones igualmente equivocadas del análisis geográfico para producir propuestas de ordenamiento de los recursos naturales que no se apegan a la realidad o que distorsionan su aplicabilidad.

Gottmann (1983) analiza las percepciones de los políticos, los militares, los juristas para concluir en la siguiente definición geográfica:

“El territorio aparece como una noción material y espacial en donde se establecen relaciones esenciales entre lo político, lo social y lo natural”

(Gottmann J. 1983)

En lo político el autor hace un extenso análisis de los conceptos de soberanía, seguridad (en el concepto amplio), felicidad, equidad y progreso con relación a determinado territorio. En la citada definición se

generaliza el concepto de límite y de capacidad de soporte, al señalar las nociones materiales y espaciales e inicia la diferenciación entre los conceptos de espacio y territorio.

En el sentido de la diferenciación señalada anteriormente, Dollfus hace una contribución significativa al concluir en su libro lo siguiente:

“En el espacio geográfico, la ordenación del territorio es la impresión de una política económica con sus consecuencias sociales, pero es más bien una toma de conciencia, por parte de sus ocupantes, del hecho de que son los depositarios y los avaladores de un patrimonio que es conveniente utilizar del mejor modo posible para las necesidades del momento, al mismo tiempo que lo preparan para las necesidades del futuro”

(Dollfus, O. 1975)

Sobre la base de esta conclusión se podría sugerir que la diferencia entre espacio geográfico y territorio estriba básicamente en que: en determinado espacio que está *organizado, que es diferenciado, georeferenciado y que se refleja en el paisaje*; para que exista el ordenamiento del territorio, se define o se imprime una política nacional que cumpla con los requisitos establecidos en la definición de Dollfus.

Entonces es oportuno citar aquí una definición de ordenamiento de los recursos naturales que sintetiza en forma muy apropiada los conceptos discutidos anteriormente:

“El ordenamiento de los recursos naturales es una política de estado y un instrumento de planificación que permite una apropiada organización política-administrativa de la nación y la proyección espacial de las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de la sociedad, garantizando un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente”.

(Andrade, A., Amaya M. 1994)

Es necesario también señalar que los autores contextualizar la definición al detallar el Ordenamiento de los recursos naturales como política de Estado, que orienta la planeación del desarrollo desde una perspectiva holística, prospectiva, democrática y participativa. Estos son atributos muy importantes que se podrían adicionar a la definición ya que señalan la necesidad de evitar darle un carácter sectorial, autoritario, impositivo y coercitivo.

A dicha definición se le podría especificar más, (si se considera una política, como un curso de acción para el presente y para el futuro) la dimensión de tiempo, al agregarle “... *tanto para las generaciones del presente, como para las del futuro*”. Dicha definición quedaría entonces de la siguiente manera:

“El ordenamiento de los recursos naturales es una política de estado y un instrumento de planificación que permite una apropiada organización política-administrativa de la nación y la proyección espacial de las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de la sociedad, garantizando un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente, tanto para las actuales generaciones, como para las del futuro.”

Es conveniente, no sólo definir el ordenamiento de los recursos naturales, sino también plantear algunas consideraciones básicas para su aplicación, ya que las mismas contribuyen a visualizar dicho ordenamiento en su ejecución práctica. En relación con la planificación del uso de la tierra, Lücke (1986) desarrolló algunas de esas consideraciones básicas, las cuales son aplicables al ordenamiento de los recursos naturales. Dichas consideraciones:

- *“El ordenamiento de los recursos naturales no es, ni debe ser una valoración estática y rígida de cómo deben de aprovecharse espacialmente los recursos naturales de una unidad territorial, sino debe de ser de naturaleza dinámica y flexible para adecuarse a los cambios tecnológicos, necesidades y valoraciones sobre el entorno físico, psicológico y biológico en las que el ser humano se desenvuelve en el tiempo”.*
- *“El ordenamiento de los recursos naturales debe considerar el medio económico y social de manera que, en vez de aumentar la desigualdad social y la concentración de la riqueza, responda positivamente a que los recursos sirvan de la mejor forma al mayor número por el mayor tiempo, hacia la búsqueda de un desarrollo sostenible”.*
- *“El ordenamiento de los recursos naturales y la aplicación consecuente de sus resultados y recomendaciones, conduce de por si a la región o al país involucrado a un mayor desarrollo económico”.*
- *“La integración de los objetivos de desarrollo con los de conservación en el ordenamiento de los recursos naturales, es la base de trabajo para equipos multidisciplinarios que busquen un mayor*

desarrollo institucional, que aseguren una base amplia de éxito en la planificación y manejo de los recursos de un país”.

3.1.4 La evaluación del Uso del Territorio como base para la generación de escenarios

Lucke (1998), indica que la evaluación del uso del territorio constituye la base del análisis para la generación de escenarios basados en situaciones actuales, las cuales se proyectan hacia el futuro partiendo de la premisa de la “no acción” de ordenamiento de los recursos naturales. Es decir, que la situación real actual en relación con el ordenamiento de los recursos naturales se mantiene, lo que también implica que los procesos evolucionan considerando una serie de supuestos basados en esa premisa.

En lo que respecta al análisis de la evaluación del uso y el estado actual del territorio, fue necesario diseñar y aplicar un modelo metodológico geográfico para lograr el mapa de evaluación del uso y Estado actual del territorio. Para ello se hizo la superposición de los mapas de Uso actual y de Capacidad de uso de la tierra. El proceso implicó la síntesis y posterior compatibilización de las categorías de uso actual y capacidad de uso de la tierra de ambos mapas, la superposición en el sistema de información geográfica y la generación del mapa de evaluación, basado en el concepto de intensidad de uso. Posteriormente se hizo una revisión del mencionado mapa y se generaron las estadísticas de uso correcto, sobreuso y subuso del territorio. (Lucke, 1998)

Este mapa puede ser analizado en mayor detalle en cada una de sus categorías. En la categoría de sobreuso debe analizarse que tan severo es el sobreuso con respecto a la capacidad de uso. Es decir, si el sobreuso del territorio ocurre en determinada unidad territorial con una o más categorías de sobreuso. Por ejemplo: si la capacidad de uso del territorio es de uso forestal productivo y el uso actual es de cultivos anuales, dicho uso está constituido en intensidad de sobreuso en dos categorías de capacidad, la de pastos y la de cultivos permanentes. Los procesos de pérdida de la capacidad productiva y posterior degradación ambiental de la unidad, no sólo se puede esperar que se den en forma más rápida, sino que en mayor magnitud que un sobreuso de sólo una categoría. (Lucke, 1998)

La categoría de uso correcto puede ser analizada con el fin de determinar cuales fueron los factores que determinaron que el uso del territorio estuviera de acuerdo con su capacidad. Este análisis puede ser

revelador para el desarrollo de pautas y modelos de uso del territorio que sirvan de apoyo a la generación de escenarios deseables u optimistas del uso del territorio. (Lucke, 1998)

En cuanto a los subusos de la tierra el análisis puede dar mucha luz para separar cuales subusos corresponden a un uso potencial de la tierra y cuales a un uso inadecuado e ineficiente del territorio. En ambos casos la determinación de los factores que generan el subuso, también aportarán conocimientos relevantes para la generación de escenarios más precisos de ordenamiento de los recursos naturales. (Lucke, 1998)

Se puede entonces estudiar en mayor detalle la evaluación del uso del territorio, lo que proporcionaría más elementos para caracterizar los escenarios de ordenamiento de los recursos naturales, tanto optimistas como pesimistas y la generación de políticas de ordenamiento de los recursos naturales basadas en mejores criterios e información. (Lucke, 1998)

3.1.5 Descripción de las especies forestales a evaluar:

A. Teca (*Tectona Grandis* L.)

Familia: Verbenaceae

Sinónimos: Kyun (Birmania), Teck (Francia), Teak (EE.UU. e Inglaterra), Teca (Latinoamérica)

Nombre común: Teca

Características:

a. Generalidades:

Tectona grandis es un árbol de hoja caduca de gran tamaño con una copa redondeada y, cuando crece en condiciones favorables, un fuste cilíndrico alto y limpio de más de 25 m.

b. Corteza:

A menudo, en la base del árbol aparecen contrafuertes (ensanchamientos en la base producidos por una hinchazón exagerada de las raíces) y a veces es acanalado (presenta depresiones y abultamientos irregulares

en el fuste). La teca brota de cepa vigorosamente y en ocasiones conserva esa capacidad incluso cuando ha alcanzado un gran tamaño.

c. Hojas:

Las hojas son elípticas u aovadas y de una longitud de 30 a 60 cm.

d. Semillas:

El grueso y duro pericarpio de la semilla obstaculiza la germinación y una parte considerable de las semillas frescas permanecen latentes durante el primer año. Las semillas de teca siguen siendo viables durante muchos años.

e. Flores:

Comienza a florecer y producir semillas a una edad temprana, 20 años después de haber sido plantada y 10 años tras el rebrote de cepa y produce abundantes semillas prácticamente todos los años (Seth y Kaul, 1978).

f. Hábitat:

Los bosques naturales de teca aparecen principalmente en terrenos montañosos y ondulados en los que la roca madre está formada por basalto, granito, esquisto, gneis, caliza y arenisca. Los mejores bosques de teca, tanto naturales como de plantación, crecen en terrenos aluviales profundos bien avenados. Donde mejor crece es en lugares con unas precipitaciones anuales de 1 250 a 3 750 mm, una temperatura mínima de 13 a 17 °C y una temperatura máxima de 39 a 43 °C.

g. Distribución:

En la mayor parte de su área de distribución, la teca se da en bosques de frondosas húmedos y secos por debajo de una altitud de 1 000 m y es una de las varias especies que constituyen las masas forestales mezcladas. La teca es una especie de luz; no tolera la sombra ni la supresión en ninguna fase de su ciclo vital y para conseguir un desarrollo adecuado requiere que no se impida el paso de la luz desde arriba. Los

bosques naturales de teca aparecen principalmente en terrenos montañosos y ondulados en los que la roca madre está formada por basalto, granito, esquisto, gneis, caliza y arenisca. Los mejores bosques de teca, tanto naturales como de plantación, crecen en terrenos aluviales profundos bien avenados. Las plantaciones de teca han fracasado totalmente cuando se han establecido en tierras bajas mal drenadas de suelo arcilloso

h. Características generales y mercados de la madera:

La oscuridad de duramen áurea amarillo, volteando un oscuro pardo con exposición, a menudo misma variable a color cuando recientemente es cortada muestra las cercosporiosis y las rayas de diversas sombras; el palo de albura amarillento, en forma aguda demarcado. Los granos directamente, a veces ondulado; la textura gruesa, desigual (sonar poroso); sordo con un aceitoso sentir; olido cuando recientemente cortado. El polvo puede causar irritaciones de la piel. La variable de contenido de sílice, hasta 1,4% se informa. Aunque no tiene una gran importancia desde el punto de vista de la producción mundial de madera, por su solidez y sus cualidades estéticas es la madera tropical de frondosas más solicitada para un mercado específico de aplicaciones suntuarias como la fabricación de muebles y barcos y de componentes decorativos para la construcción.

B. Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert)

Familia: Bignoniaceae

Sinónimos: Duranga (México), San Juan (Honduras), Palo blanco (Guatemala), Cortez, Cortez blanco (El Salvador).

Nombre común: Palo Blanco o primavera

Características:

a. Generalidades

Árbol con alturas de 20 a 35 m y diámetros de hasta 100 cm.; fuste recto cilíndrico con base cónica o alargada; copa umbelada a múltiple flabelada, follaje moderadamente abierto, con ramas oblicuamente ascendentes.

b. Corteza

La corteza es de color gris oscuro a negruzca-gris, lenticelada, fisurada fina y longitudinalmente, que se desprende en escamas gruesas dejando depresiones cóncavas de color gris claro. El grosor total de la corteza varía de 0.5 a 1 cm.

c. Hojas

Son digitado-compuestas, opuesto-decusadas, con seis hojuelas; lámina elíptico-obovada, de 12 a 18 cm. de largo y de 7 a 10 cm. de ancho, ápice acuminado-cuspidado, base redondeada a truncada, con márgenes dentados, haz verde oscuro, envés verde claro, ambas superficies glabras. Pecíolo de 15 a 20 cm. de largo.

d. Semillas

Tienen forma cordada, comprimida, de 7 a 7.5 mm de largo y de 4.5 a 5 mm de ancho, con un ala marginal amarillenta y translúcida, de 15 a 17 mm de largo y de 10 a 13 mm de ancho, incluyendo la semilla. La testa es de color amarillo claro a moreno, opaca, membranosa de 0.1 a 0.3 mm de grosor. El embrión es recto, cordiforme, comprimido, de color crema y ocupa toda la cavidad de la semilla. Tiene dos cotiledones, planos, carnosos, cordiformes. La radícula es corta, erecta, inferior dirigida al hilo. Carecen de endospermo.

e. Flores

Las inflorescencias están dispuestas en panículas terminales, de 15 a 35 cm. de largo; flores amarillentas, zigomórficas.

f. Hábitat y Distribución:

Se distribuye naturalmente desde el sur-oeste de México, la costa del pacífico de Guatemala y El Salvador hasta la parte norte central de Honduras. Su distribución altitudinal varía de 0 a 600 msnm, con precipitaciones anuales de 1200 a 2000 mm y temperaturas de 22 hasta 35°C. Es una especie heliófita, con cierta tolerancia a la sombra en sus etapas iniciales. Crece en suelos de origen volcánico y metamórfico, con

pH de 5 a 6.2, buen drenaje interno y externo y, una profundidad efectiva superior a 50 cm. Prefiere suelos calizos, no tolera suelos inundables y es altamente susceptible a incendios. Tolerancia hasta seis meses secos

g. Características generales y mercados de la madera:

La madera es moderadamente pesada, con un peso específico de 0.45 a 0.55 g/cm³. Es de color blanco amarillenta a pardo amarillenta. Tiene grano de recto a entrecruzado, textura de mediana a algo tosca y brillo mediano. Es fácil de trabajar y secar. Es utilizada para chapa y contrachapado, ebanistería, muebles finos, decoración de interiores, parquet y cajas. Es plantado como árbol de sombra y ornato en parques y jardines.

C. Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill)

Familia: Cupressaceae

Sinónimos: Ciprés lusitano- México y América Central; ciprés mexicano- América Central y EE.UU.

Nombre común: Ciprés

Características:

a. Generalidades

Árbol de 10 a 30 m de alto y 1.5 m de diámetro; con sistema de ramificación en tres dimensiones, el cono femenino tiene hasta 2 cm de diámetro, de color verde-blanquecino cuando jóvenes y rojizo-oscuro, leñosos y dehiscentes (abren) al madurar. El género más parecido es *Juniperus*, pero los conos de éste son carnosos al madurar (desde secos hasta jugosos) e indehiscentes, siendo éstas las características más evidentes entre ambos géneros.

b. Corteza

Es grisácea a café-rojiza, de consistencia fibrosa, dividida en placas irregulares y angostas; ramificación en tres dimensiones

c. Hojas

Son ovadas, de 1.5 a 2 mm de largo, con el ápice agudo, ligeramente levantado, con una glándula pequeña y oval, situada cerca de la parte media, no fácilmente visible.

d. Semillas

Produce más de 70 semillas por cono, casi triangulares, pequeñas, de color café claro, con un ala en el margen.

e. Sistema reproductor

Cono masculino de forma ovoide de color amarillento, pequeño, con escamas ovadas. Cono femenino terminal sobre ramillas cortas, globoso, hasta 2 cm de diámetro, con escamas irregulares, cuadrangulares, gruesas y rugosas, de color verde-blanquecino cuando aún son inmaduras y rojo oscuro al madurar.

f. Hábitat y distribución

Crece en bosques mesófilos de montaña, bosques de pino, pino-encino y barrancas húmedas en asociación con Pinus y Abies. Usualmente se mezcla con Abies religiosa y Quercus laurina en altitudes entre 1400 y 3500 msnm. Los conos masculinos maduros se observan de febrero a abril, mientras que los femeninos son permanentes y maduran hasta el siguiente año, liberando las semillas en el otoño. En este género la polinización, fertilización y dispersión de los óvulos ocurre durante un ciclo de dos años. Prefiere suelos profundos con texturas de arcillosas a limosas, con un buen drenaje y un pH de ácido a neutro, se desarrolla en laderas, barrancas o cimas rocosas.

g. Características generales y mercados de la madera:

Como árbol ornamental y para el aprovechamiento de su madera. La madera es blanca, levemente amarillenta, de buena calidad que se emplea en la construcción, para la fabricación de muebles y en la elaboración de papel. También se le emplea con mucha frecuencia en áreas de reforestación por su resistencia a diferentes condiciones climáticas y edáficas.

D. Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl)

Familia: Pinaceae

Sinónimos: Ocote, Ocote chino, Ocote macho, Pino cerdón, Pino colorado, Pino prieto, Pino resinoso, Pino trompillo, Planta de ocote, Tuusha (mixteco).

Nombre común: Pino de Ocote

Características:

a. Generalidades

Árbol de 12-18 (25) m de altura por 40-75 cm. de diámetro, con la copa por lo común redondeada y frecuentemente compacta; ramas fuertes y extendidas; ramillas morenas, ásperas al principio y después escamosas, desapareciendo la aspereza debido a la caducidad de la base de las brácteas.

b. Corteza

Es agrietada, oscura o grisácea, con placas delgadas, largas y casi rectangulares de color amarillento interiormente.

c. Hojas

Se presentan en grupos de 5 pocas veces de 3-4 en algunos fascículos, de 17-30 cm., aglomeradas, anchamente triangulares de color verde claro, brillantes, tiesas y ásperas, rara vez suaves y flexibles, bordes finamente aserrados.

d. Semillas

Son pequeñas, alargadas y oscuras de 7 mm, con alas de 10-15 mm, oscuras también, engrosada en su base.

e. Sistema reproductor

Vainas persistentes de color castaño oscuro, de 20-30 mm y con escamas acuminadas. Yemas ovoides cónicas u oblongas de color castaño brillante. Conillos son sub-terminales, subglobosos, algo ensanchados en la parte media, sobre pedúnculos escamosos de unos 3 cm. de largo, comúnmente solitarios, con escamas anchas, casi triangulares con pequeñas puntas gruesas y casi romas. Conos anchamente ovoides u ovoide-cónico, cortamente atenuados, a veces casi globulosos; fuertes y pesados, algo reflejados y en ocasiones ligeramente oblicuos, colgantes, de 5.5-8 cm. de largo. El cono abierto suele medir hasta 10 cm. de diámetro y afecta la forma de una roseta regular y simétrica; su color es ocre con tintes verdosos, brillante; se presentan solitarios, por pares o en grupos de tres; persistentes, sobre pedúnculos débiles, de 2-3 cm.; a veces se ven algo resinosos cerca de la base y al caer llevan consigo el pedúnculo. Las escamas son gruesas, moreno oscuras interiormente y abajo del umbo; aplastadas destacándose claramente las huellas de las alas; algo ensanchadas en su parte media, afectando una forma casi lirada; ápice recto, anguloso o algo redondeado; umbos de contorno irregular, pero uniforme, con quilla transversal baja y bien marcada y algunas costillas convergentes; apófisis aplastadas en las escamas cercanas a la punta, poco levantadas en la región media y prominentes.

f. Hábitat y distribución

Crece en bosques de pino en altitudes de 1500 a 2400 msnm. Cuando frecuenta bosques de pino-encino su rango altitudinal es ligeramente más amplio, de 1400 a 2500 msnm. Ocasionalmente se encuentra en bosques de Juníperos arriba de 3000 msnm y en bosques de encino y otras coníferas entre los 1700 y 2200 msnm. Prefiere suelos de delgados a medianos con texturas de arenosas a franco-arcillosas con un buen drenaje y suelos de ácidos a neutros.

g. Características generales y mercados de la madera:

De esta especie se puede obtener madera aserrío, postes, pulpa para papel y durmientes. De los árboles de *Pinus oocarpa*, se puede extraer fácilmente resina de buena calidad. *P. oocarpa* es comparable con otras especies de pinos del sudeste de los Estados Unidos en términos de requerimientos mecánicos en la extracción de pulpa.

3.2 Marco referencial:

La Cuenca del Río Naranjo forma parte de la vertiente del Océano Pacífico y tiene una superficie de 1,255 km², equivalente al 1.16% del área total del país. Las cuencas que se localizan a la vecindad son: la del Ocosito al Sur, la del Samalá al Este, la del Cuilco al Norte y la del Suchiate al Oeste. La cuenca tiene forma irregular, con 20 Km. de ancho en la parte alta, 50 Km. en la parte media y menos de 10 Km. en la parte baja. El cauce principal del río Naranjo tiene una longitud de 104 kilómetros y recibe alrededor de 13 corrientes por km². La elevación máxima de la cuenca es de 3,322 msnm y la mínima es 0 msnm. Como se describirá en mayor detalle en los siguientes capítulos, la cuenca presenta 3 zonas con características contrastantes, localizándose en la parte alta, media y baja. (Ver Mapa de cuencas de Guatemala en la figura 1)

En el aprovechamiento de los recursos naturales participan tanto pobladores urbanos como rurales. En el área rural se diferencian los minifundistas, los productores de tamaño mediano que utilizan sistemas de riego y los grandes productores de café, hule, palma africana y ganadería.

La cuenca del Río Naranjo se caracteriza por regiones montañosas con zonas dispuestas en valles ondulados como las Ciudades de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez en la parte alta; posee pendientes muy pronunciadas en las partes alta y media de la cuenca, disminuyendo estas al llegar a la zona costera de inundación, que constituye la parte baja de la misma. Entre los principales accidentes geográficos se tiene los volcanes Chicabal, Lacandón y Saquibutz, así como la laguna Chicabal.

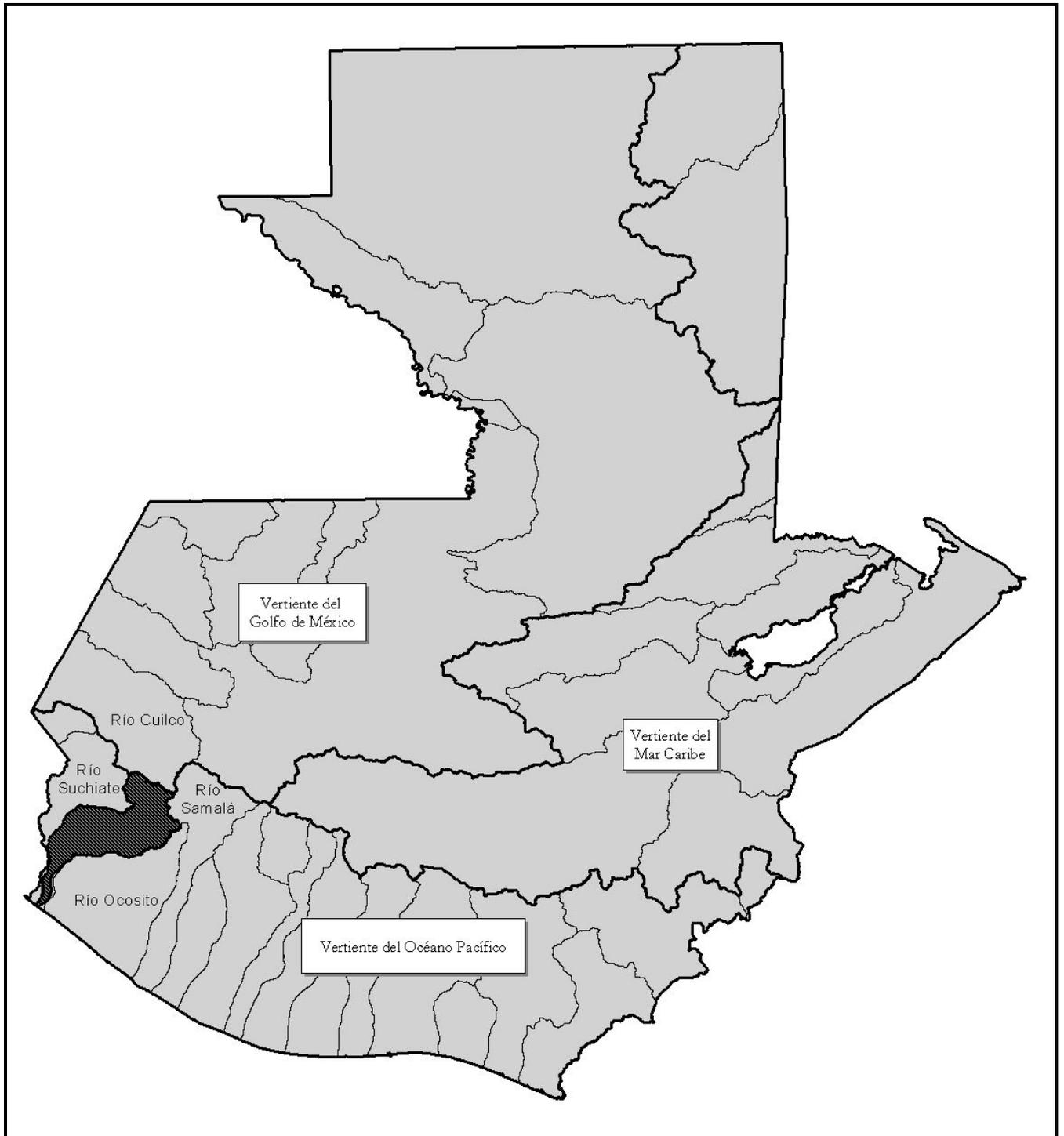


Figura 1. Localización de la Cuenca del Río Naranjo en el mapa de Cuencas Hidrográficas de Guatemala

3.2.1 Ubicación Geográfica

La cuenca se ubica entre el meridiano 90° longitud Oeste y el paralelo 14° latitud Norte. Se encuentra en las hojas cartográficas escala 1:50,000 del IGN, denominadas:

Tajumulco, 1861 III;	Ocós, 1759 II
Malacatán, 1760 I;	Ciudad Tecún Umán, 1760 II;
San Marcos, 1860 IV;	Quetzaltenango, 1860 I;
Coatepeque, 1860 III;	Colomba, 1860 II.

Las coordenadas del cuadrante geográfico de la Transversal Universal de Mercator Zona 15 (UTM, por sus siglas en inglés) son las siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas UTM del cuadrante dentro del cual se localiza la Cuenca del Río Naranjo

<i>Coordenadas</i>	
Latitud Norte	Longitud Oeste
1661000	586000
1661000	649000
1603000	586000
1603000	649000

La cuenca del Río Naranjo posee 2,953 kilómetros de carreteras, de las cuales, alrededor de 110 Km. están asfaltados y el resto de terracería. La ruta centroamericana CA-2 atraviesa la zona sur de la parte media de la cuenca (Colomba, Coatepeque y Tecún Umán). La ruta nacional 1, bordea la zona norte de la parte alta (San Juan Ostuncalco a San Marcos). La ruta departamental 3, atraviesa la parte media de la cuenca del lado este (San Juan Ostuncalco a Colomba). Todas estas carreteras están asfaltadas. El circuito vial se cierra con la ruta nacional 1 (RN-1) que une San Marcos con Malacatán y Tecún Umán, aunque estos tramos pasan afuera de la cuenca. Las carreteras y caminos de terracería van hacia los poblados, aldeas, caseríos, fincas, labores y haciendas.

3.2.2 División política y superficies

De acuerdo a la organización administrativa de la República de Guatemala, la cuenca del río Naranjo se encuentra comprendida en la Región VI, la cual integra los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Sololá, Totonicapán, Retalhuleu y Suchitepéquez. Está integrada por 19 municipios de los cuales 14 pertenecen al departamento de San Marcos y 5 al departamento de Quetzaltenango (ver figura 2).

Los municipios del departamento de San Marcos en la cuenca del río Naranjo son: San Marcos, San Pedro Sacatepéquez, San Antonio Sacatepéquez, Esquipulas Palo Gordo y San Cristóbal Cucho en la parte alta; El Quetzal, La Reforma, Nuevo Progreso, El Tumbador, El Rodeo, Pajapita, Tecún Umán y Catarina en la parte media y Ocós en la parte baja y los 5 municipios que pertenecen al departamento de Quetzaltenango son: Palestina de Los Altos, San Martín Sacatepéquez y San Juan Ostuncalco en la parte alta; Colomba y Coatepeque en la parte media y baja.

Los municipios que están mayoritariamente dentro de la cuenca son: San Martín Sacatepéquez (95% de su superficie), El Tumbador, Pajapita y La Reforma (91%), Nuevo Progreso (88%), El Quetzal (80%) y San Antonio Sacatepéquez (77%). Por el contrario, Coatepeque (12%), Ocós, Colomba, Esquipulas Palo Gordo y San Marcos (< 30%), tienen el menor porcentaje de su superficie dentro de la cuenca (Cuadro 4).

La población censada en 1994 superó las 280,000 personas y la proyección para el 2000 es de 363,000, la mayoría (77%) de ellas viviendo en el área rural (alrededor de 700 lugares poblados), con dos sitios urbanos con alta expansión, uno en la parte alta representado por las ciudades de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez y el otro en la parte baja representado por el corredor Coatepeque - Tecún Umán.

Sus principales tributarios son los ríos: Palatzá, Nahualá, Turbalá, Chol y Talcicil en la parte alta y Mujuljá, Chisná, Ixtal, Pajapa, Nahuatán y Meléndrez en la parte media. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Áreas municipales comprendidas dentro de la cuenca del Río Naranjo

No	Municipios	Microcuencas	Área municipal total (km ²)	Área municipal dentro de la Cuenca (km ²)	%
		Inmersas dentro del municipio			
1	San Marcos	Alto Nahualá, Agua Tibia, Palatzá	120.50	28.00	23.24
2	San Pedro Sac.	Alto Nahualá, San Ramón, Tacaná, Nahualá, Turbalá, Chol, Agua Tibia	253.00	90.20	35.65
3	San Antonio Sac.	San Ramón, Tacaná, Nahualá, Espunpujá, Ciénaga, Turbalá	47.30	36.30	76.74
4	Esquipulas Palo Gordo	Paltaza,	50.50	9.20	18.22
5	San Cristóbal Cucho	Ixchol, Chanchil, Chol, Palatzá, Las Majadas	56.00	36.80	65.71
6	San Juan Ostuncalco	Suj, Turbalá, Ixchol, Chanchil, Chol, San Miguel, Talcicil	109.00	74.30	68.17
7	Palestina de Los Altos	Ciénaga, Suj, Ixchol	36.00	26.00	72.22
8	San Martín Sac.	Talcanac, Chanchil, Talcicil, Danubio, Mujuljá	143.80	136.40	94.85
9	El Quetzal	Talcicil, Las Majadas, Son, Canoa, Chillón, Canopá, Cainá, Chisná, Negro, Chupá, Muchzú	87.50	69.30	79.23
10	La Reforma	Canoa, Chillón, Canopa, Cainá, Chisná, Colorado, Ixtal	74.10	67.00	90.42
11	Nuevo Progreso	Cainá, Ixtalito, Ixtal, San Luis, Piñol, Cascajú, Pajapa, Zarco I	140.40	123.8	88.18
12	El Rodeo	Zarco, Camarón, Poza Oscura, Sula	51.70	25.40	49.13
13	El Tumbador	Zarco, Piñol, Cascajú, Amargura, Nahuatancillo, Pajapa, Nahuatán, Pataxte, Poza Oscura, Xulá,	165.70	151.80	91.61
14	Colomba	Talcanac, Danubio, Sacchilá, Mujuljá, Masá, La Nopalera, Las Canoas, Negro	205.70	57.70	28.05
15	Pajapita	Piñol, Amargura, Nahuatancillo, Pajapa, Nahuatán, Pataxte, Honda, El Mico	131.10	119.60	91.23
16	Ayutla / Tecún Umán	Honda, El Mico,	118.70	67.40	56.78
17	Catarina	Zarco, Pataxte, Camarón, Poza Oscura, Xulá, Honda, El Mico,	81.40	48.00	58.97
18	Ocós	Naranjo Bajo	151.80	37.50	24.70
19	Coatepeque	Chisná, San Luis, Cangrejo, Masá, La Nopalera, Las Canoas, Muchzú,	418.70	50.30	12.01

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

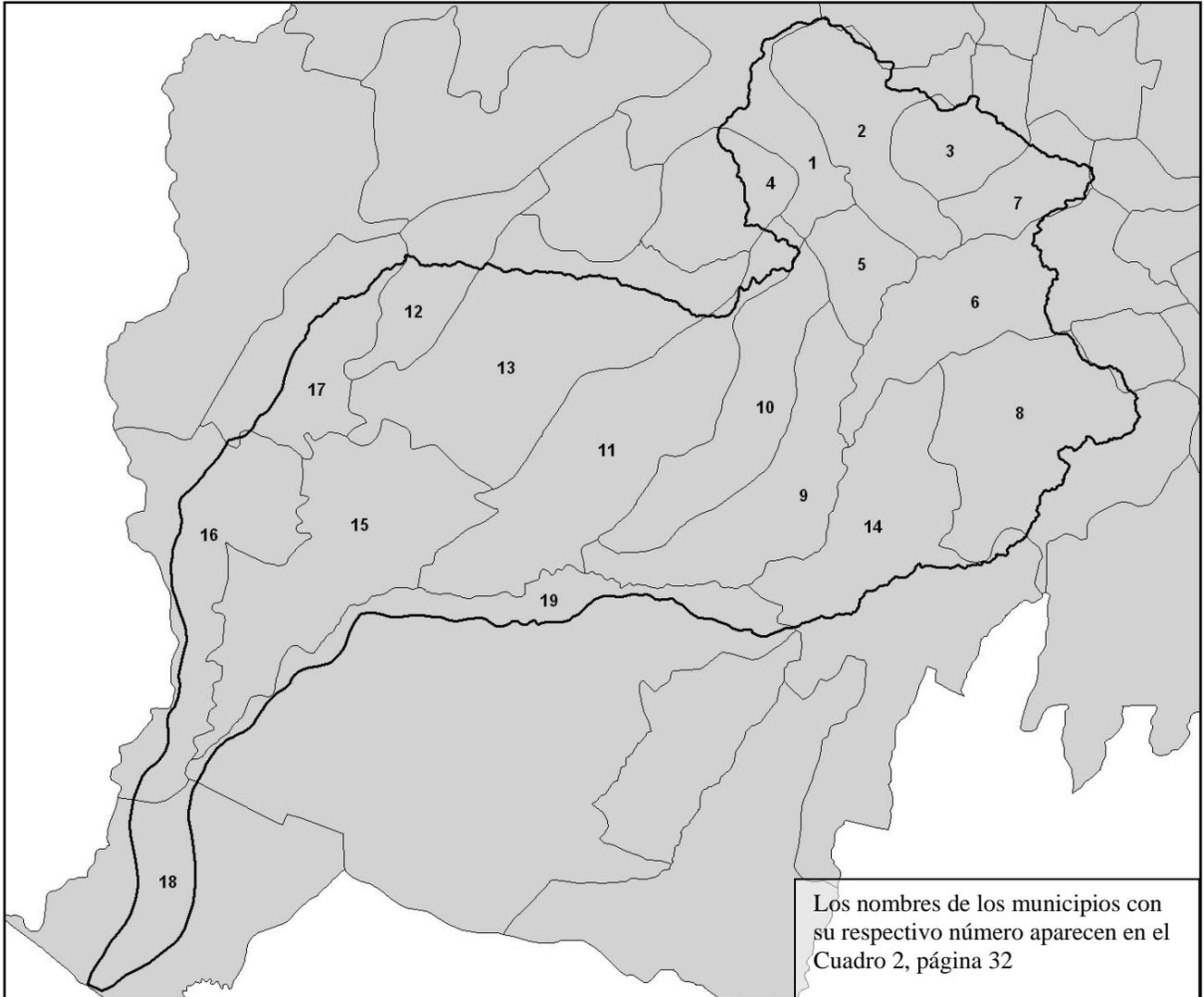


Figura 2. Mapa de división Político-administrativa en la Cuenca del Río Naranjo

3.2.3 Geomorfología

La cuenca del río Naranjo está comprendida en tres provincias geomorfológicas: La parte alta y media (3,300 a 1,000 msnm) se ubican en el cinturón volcánico de Guatemala; la parte media de la cuenca (1,000 a 450 msnm) se encuentra también dentro de las provincias del cinturón volcánico y de la pendiente volcánica y la parte baja (450 a 0 msnm) abarca mayoritariamente la llanura costera del Pacífico.

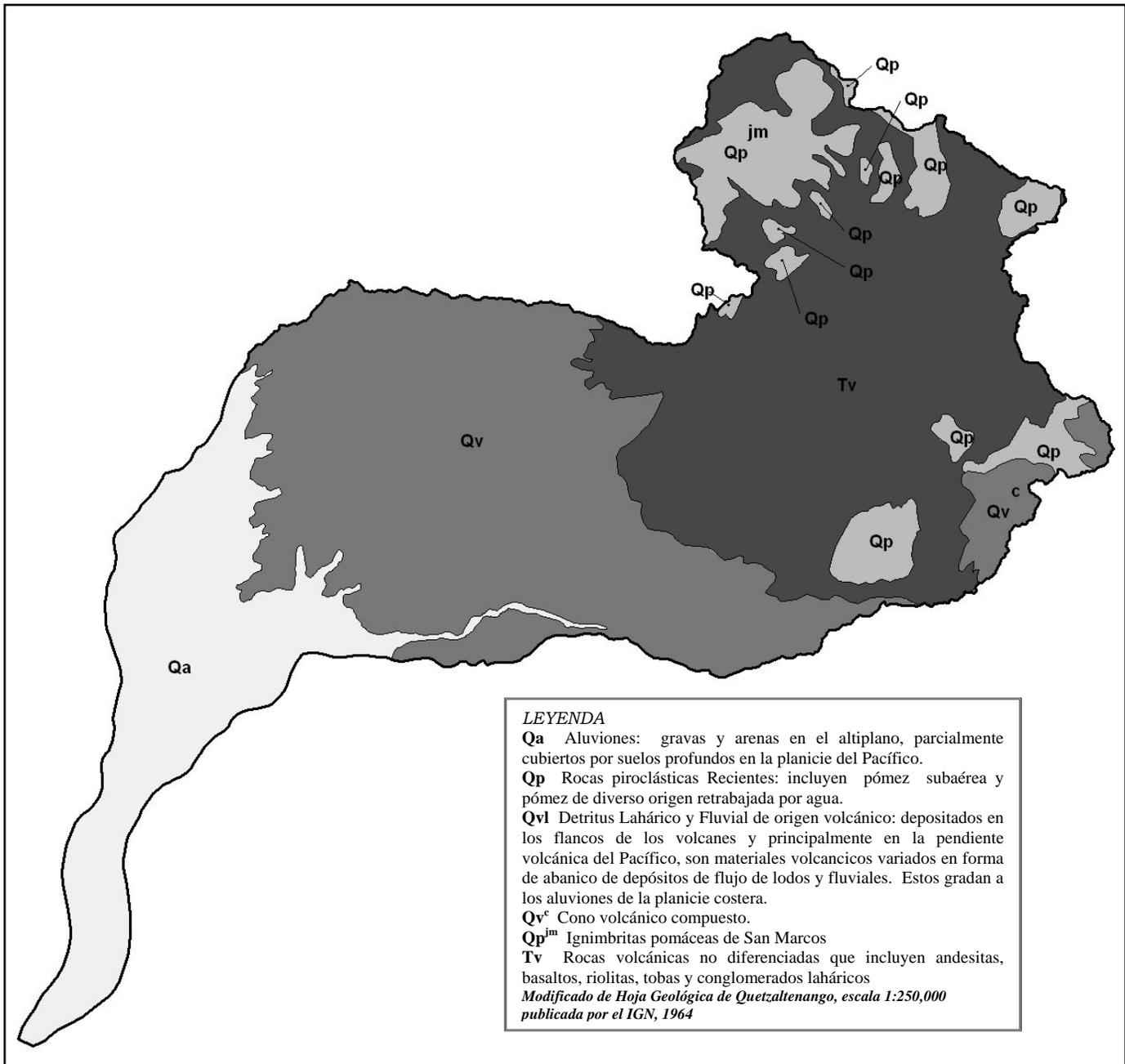


Figura 3. Mapa Geológico de la cuenca del río Naranjo

3.2.4 Fisiografía

Dentro de los límites de las provincias descritas, se encuentran delimitadas unidades más pequeñas denominadas paisajes. Los paisajes son unidades tridimensionales sobre la superficie de la tierra, pertenecientes a una sola unidad climática, con una relación definida con las áreas que la rodean, conformando un alto grado de homogeneidad geogenética. Para la cuenca se han determinado 19 paisajes que se enmarcan en las anteriores características; su descripción se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Leyenda de interpretación fisiográfica de las tierras de la cuenca del río Naranjo

Región Fisiográfica	Gran Paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Elemento	Clave
Cadena Volcánica	1. Estribaciones, domos y coladas de lava San Marcos-El Quetzal-Palestina	1. Mesas	Pie de Monte		1.1
		2. Monadnock			1.2
		3. Escarpes	Barrancos		1.3
		4. Laderas		Aluvial	1.4
		5. Barrancos			1.5
		6. Estribación			1.7
		7. Cresta		Erosionada	1.8
		8. Pie de Monte			1.9
		9. Colinas		Erosionadas	1.10
		10. Estribo			1.11
		11. Caldera		Volcánica	1.13
		12. Edificios		Volcánicos	1.14
				Fondo de Caldera	
Pendiente Volcánica del Pacífico	2. Depósitos Volcánicos El Rodeo-Coatepeque	13. Talud			1.17
		1. Mesas	Pie de Monte		2.1
		2. Monadnock			2.2
		3. Escarpes	Barrancos		2.3
		4. Laderas		Aluvial	2.4
		5. Barrancos			2.5
		6. Abanico		Lahárico	2.6
		7. Estribación			2.7
		8. Pie de Monte			2.9
		9. Estribo			2.11
		10. Valle en forma de U			2.16
Planicie Costera del Pacífico	3. Aluviones Catarina-Pajapita-Ocós	11. Talud			2.17
		1. Llanura Aluvial			3.1
		2. Restinga o Cordón			3.2
		3. Estero			3.3

Fuente: Adaptado del Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

Cuadro 4. Unidades de paisaje presentes en la cuenca del río Naranjo

No.	Unidades de paisaje	Superficie	
		Ha	%
1	Mesa de Pie de Monte	3,407	2.71
2	Testigos o Monadnocks	1,383	1.10
3	Escarpe de barrancos	2,533	2.02
4	Laderas aluviales	6,860	5.47
5	Cañón o barranco	12,243	9.75
6	Abanico	33,315	26.55
7	Estribación	7,097	5.65
8	Cresta antigua	303	0.24
9	Pie de monte	4,401	3.51
10	Colinas erosionadas	420	0.33
11	Estribo	1,319	1.05
12	Llanura aluvial	23,129	18.43
13	Caldera volcánica	311	0.25
14	Edificios volcánicos	15,311	12.20
15	Fondo de caldera	362	0.29
16	Valle en forma de U	325	0.26
17	Talud	12,705	2
18	Cordón litoral o restinga	17	0.02
19	Estero	59	0.05
TOTAL:		125,500	100.00

Fuente: adaptado del Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

3.2.5 Uso de la Tierra y Cobertura Vegetal

La mayor superficie de la cuenca (el 40% del área total) está ocupada por cultivos perennes, mayoritariamente café y en menor escala por plantaciones de hule (Cuadro 5). Estos se ubican en la parte media como se muestra en el Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (Figura 4). En la parte alta predominan los cultivos anuales principalmente de maíz y en menor escala trigo y hortalizas los que abarcan un 13% del área total de la cuenca, pero es en esta parte donde se encuentran las mayores superficies ocupadas por bosque de coníferas y mixto; la cobertura boscosa cubre 21% del área total. En la parte baja predominan los pastos, que cubren 17% del área total, y en menor escala los cultivos anuales. Estos 4 usos de la tierra abarcan 91% del área total de la cuenca.

Los pastos y matorrales cubren 6% del área total de la cuenca; los asentamientos urbanos y rurales, abarcan 1.3% cada uno y el 1.4% restante es cubierto por varios usos.

Cuadro 5. Categorías de cobertura vegetal y uso de la tierra en la cuenca del río Naranjo

Categoría de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra	Superficie	
	Ha	%
Plantación forestal	11.70	0.01
Arena / playa	138.37	0.11
Servicios y recreación	70.70	0.06
Urbano / construcciones	3,406.71	2.71
Bosque de coníferas	3,745.18	2.98
Bosque latifoliado	18,034.88	14.37
Bosque mixto	4,874.19	3.88
Cultivos anuales	16,540.84	13.18
Cultivos perennes	49,202.68	39.21
Pastos y matorrales	28,870.00	23.01
Tierras húmedas	599.78	0.48
TOTAL	125,495	100.00

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

3.2.6 Capacidad de Uso de la Tierra

A. Clasificación de tierras según metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – USDA–

Según el PEDN (2001), la clasificación por la metodología USDA se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Capacidad de uso de la tierra, según metodología USDA en la cuenca del río Naranjo

Clasificación de tierras por Capacidad de uso	Clase de capacidad	Superficie	
		(ha)	(%)
Tierras cultivables sin limitaciones	I	23,105	18.41
Tierras cultivables con pocas limitaciones	II	2,130	1.70
Tierras cultivables con medianas limitaciones	III	3,636	2.90
Tierras cultivables con severas limitaciones	IV	11,252	8.97
Tierras no cultivables (aptas para pastos o bosques)	V	120	0.10
Tierras no cultivables, cultivos perennes y bosque	VI	18,838	15.00
Tierras no cultivables, aptas para producción forestal	VII	19,183	15.28
Tierras para protección	VIII	47,243	37.64
TOTAL		125,507	100.00

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

B. Clasificación de tierras por la metodología del Instituto Nacional de Bosques –INAB–

De acuerdo a la metodología de clasificación por capacidad de uso de la tierra del Instituto Nacional de Bosques (INAB), las superficies y porcentaje de las distintas categorías presentes en la cuenca del río Naranjo se muestran en el Cuadro 7 y se describen a continuación.

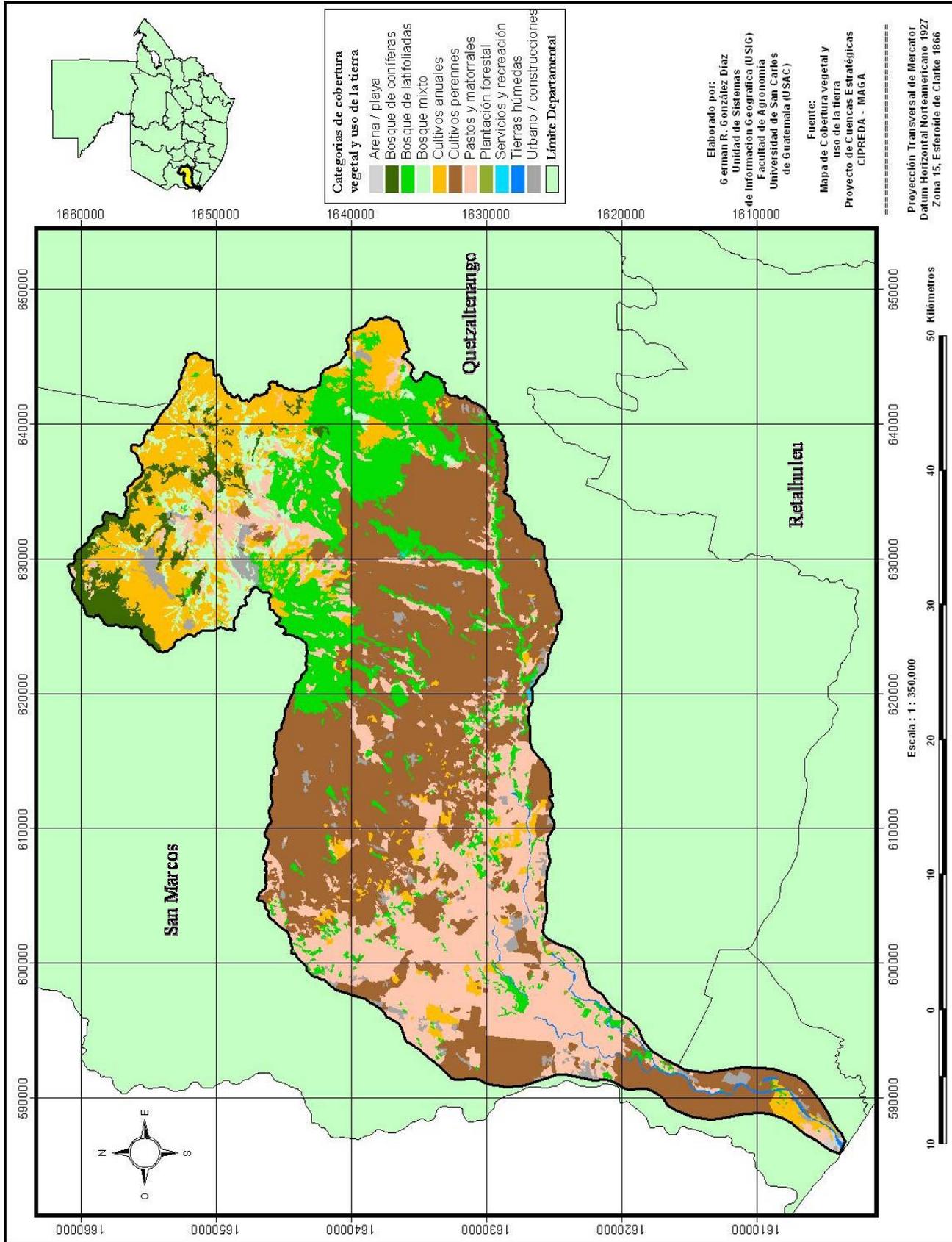


Figura 4. Mapa de Cobertura vegetal y uso de la tierra en la cuenca del río Naranjo.

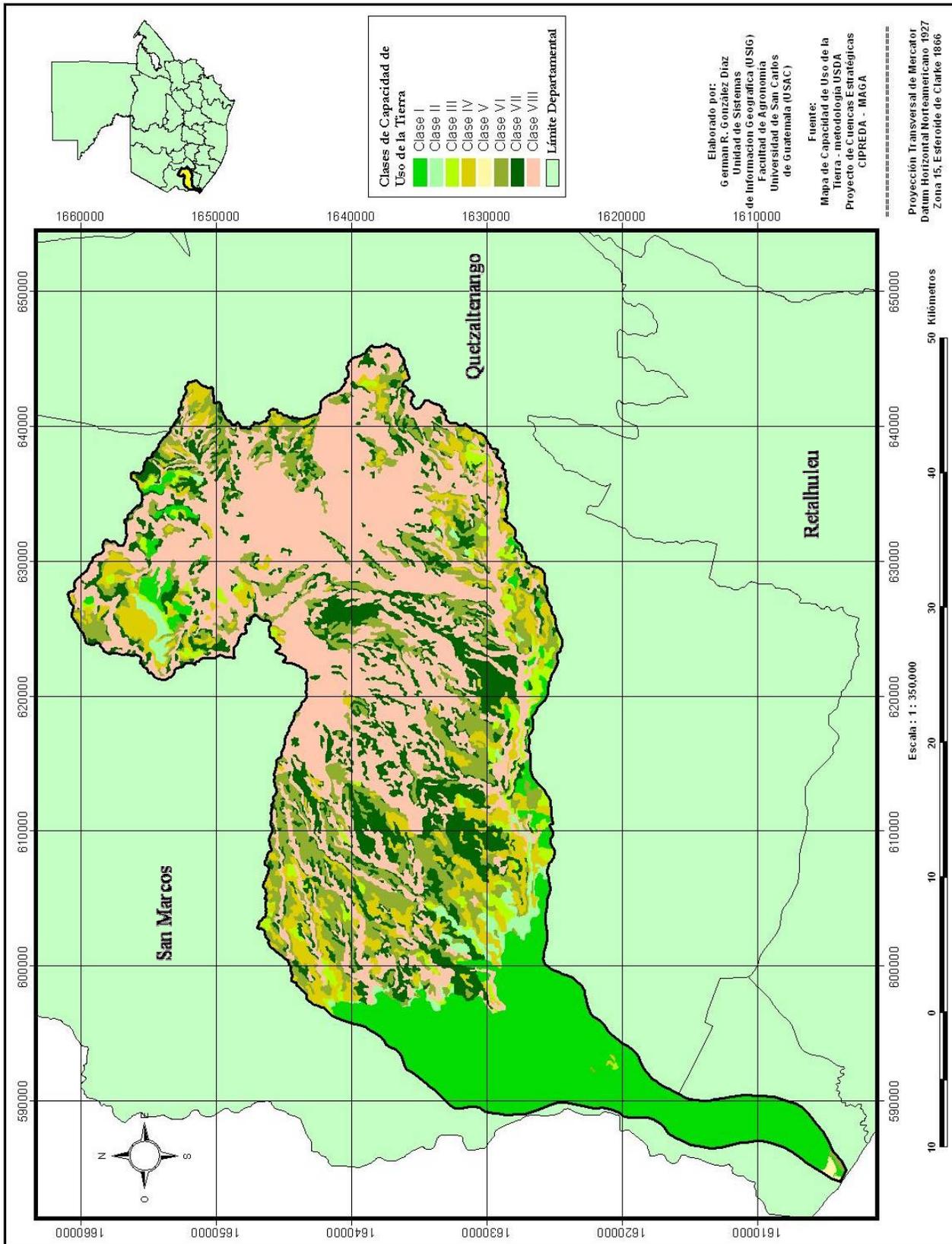


Figura 5. Mapa de Capacidad de Uso de la tierra de la cuenca del Río Naranjo según metodología USDA

Cuadro 7. Clasificación por capacidad de uso de la tierra en la cuenca del Río Naranjo, metodología INAB

Clasificación por categoría	Símbolo	Superficie	
		Ha	%
Agricultura sin limitaciones	A	25,919.00	20.65
Agricultura con mejoras	Am	15,392.00	12.26
Agroforestería con cultivos anuales	Aa	894.00	0.71
Agroforestería con cultivos permanentes	Ap	4,755.00	3.79
Sistemas silvopastoriles	Ss	25,497.00	20.32
Tierras forestales para producción	F	9,421.00	7.51
Tierras forestales de protección	Fp	43,622.00	34.76
Total		125,500.00	100.00

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

3.2.7 Intensidad de Uso de la tierra

Para establecer el grado de intervención humana en la modificación de los ecosistemas naturales y analizar la posible utilización sostenida del medio, se analizó la intensidad de uso de las fincas a través de la coincidencia entre el uso actual y la capacidad de uso de la tierra. Del análisis de la sobreposición de cada mapa se establecieron las categorías de:

Tierras con utilización adecuada: corresponde a aquellas áreas donde existe correspondencia entre el uso actual y la capacidad de uso de la tierra;

Tierras subutilizadas: son aquellas áreas en las que la intensidad de uso actual está por debajo de la capacidad de uso de la tierra, desde el punto de vista biofísico; puede ser también económico;

Tierras sobre-utilizadas: corresponde a áreas en las que la intensidad de uso actual es superior a la capacidad de uso de la tierra.

En el Cuadro 8, se muestra que, un poco más del 40% del área total de la cuenca tiene un uso apropiado, otro 40% está siendo sobre-utilizado y el restante 20% está sub-utilizado. Parte de la zona cafetalera se ha identificado como un área sobre utilizada, debido a que la capacidad de los suelos indica que debería haber una cobertura forestal. Sin embargo es evidente que este cultivo perenne protege al suelo de la erosión, a diferencia de los cultivos anuales. Además no hay otros cultivos que puedan cumplir con el propósito de generar ingresos y proteger el suelo.

Cuadro 8. Intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Naranjo

Intensidad de uso de la tierra	(hectáreas)	Porcentaje
Uso apropiado	51,730	41.22
Sobre utilizado	47,053	37.49
Sub utilizado	26,626	21.22
Total:	125,500	100.00

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

3.2.8 Hidrografía

Como parte del estudio hidrológico de la cuenca del río Naranjo realizado por el INSIVUMEH (1982), se recopiló información morfométrica. En el Cuadro 9 se muestra un resumen de los parámetros morfométricos de la cuenca hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

Cuadro 9. Características morfométricas de la cuenca del Río Naranjo

Descripción	Símbolo	Unidades	Naranjo
Área de la Cuenca	A _k	km ²	1,267
Orden de corrientes de la Cuenca	K		8
Perímetro de la Cuenca	P _k	km	226.75
Distancia sobre el Cauce Principal desde la Desembocadura al Centroides de la Cuenca	L _{Ca}	km	53.496
Longitud sobre el Cauce Principal desde la Desembocadura hasta la Divisoria	L L ²	Km km ²	103.75 10,764.06
Factor de Forma	1/R _f		8.49
Área de un Círculo con Perímetro P _k	A _c	km ²	4,091.5109
Relación Circular	R _c		0.31
Densidad de Drenaje	D _k	km/km ²	4.002
Frecuencia de Corrientes	F _k	corr/km ²	13
Elevación Máxima en el Perímetro de la Cuenca	E _{maxp}	M	3,560
Elevación Máxima en la Cuenca	E _{max}	M	3,130
Elevación Mínima de la Cuenca	E _{min}	M	0
Elevación Promedio de la Cuenca	E	M	1,270
Pendiente Equivalente	S _{st}	M/km	5.80
Pendiente de 85-10	S ₈₅₋₁₀	M/km	23.00
Pendiente Media del Terreno	S _{sg}	M/mts	208.86*10 ⁻³
Diferencia de Elevación entre el Punto más Alto del Perímetro de la Cuenca y la Estación	H	M	3,560
Coefficiente de Relieve	R _h		0.03431
Radio de Elongación	R _e		0.39
Constante de Mantenimiento de la Cuenca	C _k		0.25
Longitud Promedio del Flujo Superficial	L _g	M	124.94
Gradiente Medio de la Cuenca	Q	tg ⁻¹ S _g	11° 47.8'
Coefficiente de Robustez	C _r		14.25

Fuente: Sección de Hidrología Aplicada, INSIVUMEH, 1982.

La información del Cuadro 9, indica que la cuenca tiene una forma alargada, con fuertes pendientes, topografía escarpada en la parte alta y un patrón de drenaje dendrítico; la parte media es ondulada y menos escarpada, con un patrón de drenaje en forma paralelo a sub-paralelo y la parte baja se caracteriza por un drenaje del tipo lineal paralelo en la zona superior y la zona media y baja por un drenaje del tipo meándrico. Por el orden de la cuenca, está conformada por 8 subcuencas y 54 microcuencas. El factor de forma indica que no es redonda y tiene una densidad de drenaje y frecuencia de corrientes alta, lo cual agregado a la pendiente moderada, no ocasiona en general una fuerte acumulación en el cauce.

3.2.9 Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite, en la cuenca del río Naranjo se presentan 4 tipos: i) en la parte baja de la cuenca y en la zona baja de la parte media, el clima es húmedo y megatérmico -BsA'a'-; ii) en la parte media el clima es per húmedo y megatérmico -ArA'a'-; iii) en la zona alta de la parte media y en la zona baja de la parte alta de la cuenca, el clima es per húmedo y mesotérmico -Arb'a'-, y iv) en la zona alta de la parte alta de la cuenca el clima es húmedo y mesotérmico -BsB'b'-.

3.2.10 Características Socioeconómicas

La información socioeconómica referida a la cuenca del río Naranjo, se apoya tanto en información secundaria, como la que se relevó mediante cinco talleres comunitarios, con representantes de 20 comunidades de las partes alta, media y baja de la cuenca, haciendo uso de las técnicas del Diagnóstico Rural Rápido Participativo, utilizando como instrumentos los mapas comunitarios, mapas de fincas, presupuestos de ingresos y gastos en cultivos relevantes y entrevistas semiestructuradas, paralelo a la observación directa por parte del equipo socioeconómico y visitas de sondeo que se hicieron al área. Se realizaron también dos talleres institucionales con representantes de ONG's y OG's que trabajan en la cuenca en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango. Asimismo se efectuaron entrevistas individuales con representantes de OG's, ONG's y vecinos de los distintos municipios de la Cuenca (Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, 2001).

Para fines de descripción socioeconómica, la Cuenca se puede diferenciar en tres espacios geográficos, a saber: alta, media y baja. La parte alta incluye total o en parte los municipios de San Marcos, San Pedro Sacatepéquez., San Antonio Sacatepéquez, Esquipulas Palo Gordo, San Cristóbal Cucho, San Juan

Ostuncalco, Palestina de los Altos y San Martín Sacatepéquez. La parte media incluye total o en parte los municipios de El Quetzal, La Reforma, Nuevo Progreso, El Rodeo, El Tumbador y Colomba. La parte baja incluye total o en parte los municipios de Pajapita, Ayutla o Tecún Umán, Catarina, Ocos y Coatepeque (Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, 2001).

A. Aspectos demográficos

La información de base lo constituye el Censo de Población realizado por el Instituto Nacional de Estadística en 1994, así como las proyecciones para el año 2000 realizadas por el mismo Instituto, apoyada con información de primera mano y de aquellas otras fuentes secundarias importantes.

a. Tamaño y distribución de la población

Según el Censo de Población de 1994, en los 19 municipios de la Cuenca del Río Naranjo el número de habitantes era de 280,080 personas, de las cuales 62,216 habitaban áreas urbanas (16 cabeceras municipales) representando 22.2%, mientras que el área rural era habitada por 217,864 personas, representando 77.8% de la población. Los municipios con mayor población en su orden son: San Pedro Sacatepéquez, El Tumbador, San Marcos, Nuevo Progreso, El Quetzal, Tecún Umán, La Reforma y Coatepeque, que en conjunto representan 67.56% de la población de la Cuenca. La población estimada para el año 2000 asciende a 363,891 personas. Al nivel de la parte alta, media y baja de la Cuenca, la población comprende 45.1%, 32.4% y 22.5% respectivamente. (Cuadro 10)

De acuerdo con las estimaciones, según tendencia, para el año 2010 la población será de 471,249 personas, tal como se muestra en el Cuadro 11, manteniendo la tendencia por género de 49% de hombres y 51% de mujeres a nivel de la Cuenca, con algunas pequeñas diferencias por Subregión hídrica.

Cuadro 10. Distribución de la población por sexo, años 1994 y 2000 en la cuenca del Río Naranjo

No.	Municipio y Subregión	1994			2000			% del Total
		Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	
1	San Marcos	9,579	10,488	20,067	12,792	14,007	26,799	7.36
2	San Pedro Sac.	22,715	23,480	46,195	29,501	30,495	59,996	16.49
3	San Antonio Sac.	4,510	4,575	9,085	6,012	6,098	12,110	3.33
4	Esquipulas Palo Gordo	2,753	2,685	5,438	3,870	3,775	7,645	2.10
5	San Cristóbal Cucho	6,123	6,088	12,211	8,180	8,133	16,313	4.48
6	Palestina de Los Altos	4,440	4,542	8,982	5,997	6,134	12,131	3.33
7	San Martín Sac.	7,105	7,083	14,188	10,607	10,574	21,181	5.82
8	San Juan Ostuncalco	2,926	2,915	5,841	3,992	3,976	7,968	2.19
Subtotal parte Alta		60,151	61,856	122,007	80,951	83,192	164,143	45.11
9	El Quetzal	8,047	8,087	16,134	9,666	9,715	19,381	5.33
10	La Reforma	7,278	7,213	14,491	8,544	8,468	17,012	4.68
11	Nuevo Progreso	9,990	9,772	19,762	11,940	11,679	23,619	6.49
12	El Tumbador	14,732	14,536	29,268	17,818	17,581	35,399	9.73
13	El Rodeo	2,329	2,345	4,674	2,835	2,855	5,690	1.56
14	Colomba	6,822	6,661	13,483	8,501	8,301	16,802	4.62
Subtotal parte Media		49,198	48,614	97,812	59,304	58,599	117,903	32.40
15	Pajapita	6,039	6,086	12,125	7,748	7,809	15,557	4.28
16	Tecún Umán	7,312	7,422	14,734	11,127	11,295	22,422	6.16
17	Catarina	4,032	4,118	8,150	4,850	4,954	9,804	2.69
18	Ocós	5,523	5,407	10,930	7,417	7,262	14,679	4.03
19	Coatepeque	6,920	7,402	14,322	9,365	10,018	19,383	5.33
Subtotal parte Baja		29,826	30,435	60,261	40,507	41,338	81,845	22.49
Total		139,175	140,905	280,080	180,762	183,129	363,891	100.00

Fuente: INE. Censo de Población 1994 y Proyecciones 2000. Ajustados por lugar poblado en la cuenca

Cuadro 11. Comparación de población 1994 y proyecciones años 2000 y 2010 en la cuenca del Río Naranjo

Año	Hombres	%	Mujeres	%	Total
1994	139,175	49.7	140,905	50.3	280,080
Parte alta	60,151	49.3	61,856	50.7	122,007
Parte media	49,198	50.3	48,614	49.7	97,812
Parte baja	29,826	49.5	30,435	50.5	60,261
2000	180,762	49.7	118,129	50.3	363,891
Parte alta	80,951	49.3	83,192	50.7	164,143
Parte media	59,304	50.3	58,599	49.7	117,903
Parte baja	40,507	49.5	41,338	50.5	81,845
2010	234,081	49.7	237,168	50.3	471,249
Parte alta	109,123	49.3	112,144	50.7	221,267
Parte media	69,495	50.3	68,666	49.7	138,161
Parte baja	55,463	49.6	56,358	50.4	111,821

Fuente: INE. Censo 1994, Proyecciones 2000.

La Cuenca del Río Naranjo, es una región típica de expulsión de la población; así también la mayoría de población -por encima de un 95% estimado- radica en su mismo departamento de nacimiento. Constituyen excepción, por la movilidad de población el sitio fronterizo de Tecún Umán, luego la ciudad de Coatepeque y en menor medida las ciudades de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez.

a. Etnias

Según lo reportado por el Censo de Población realizado por el Instituto Nacional de Estadística – INE – en 1994, la población indígena de la Cuenca representa el 26.2% del total. Toda la población indígena de la Cuenca pertenece al grupo Mam.

b. Idiomas

En toda la zona de población indígena de la Cuenca que pertenece al departamento de San Marcos, debido a un fuerte proceso de ladinización, prácticamente ha desaparecido el idioma Mam; en algunos casos muy esporádicos, lo hablan las personas ancianas de algunas aldeas. Sin embargo, en los municipios de Quetzaltenango que reportaron población indígena, con excepción de Coatepeque, la mayoría, por encima de un 90% habla el idioma Mam; de esos el 80% son bilingües, ya que hablan el Castellano y el Mam, mientras que un 20%, principalmente personas ancianas y de aldeas remotas, no se comunican fluidamente en el idioma castellano, pero si sostienen una pequeña comunicación informativa. Se estima que en la parte de la Cuenca que le corresponde a Quetzaltenango, al año 2000, hay un poco más de 36,000 hablantes del idioma Mam.

c. Densidad poblacional

De acuerdo con el Cuadro 12, derivado de información de las proyecciones de población para el año 2000 del INE, comparándolo con la superficie identificada en el análisis cartográfico del SIG, indica que la densidad de población a nivel de la Cuenca es de 287.14 habitantes por km². Esta se considera una densidad relativamente alta.

Cuadro 12. Densidad de población, año 2000

No.	Municipio y subregión	Total Población	Superficie en Cuenca (km ²)	Densidad Hab/km ²
1	San Marcos	26,799	32.76	818.04
2	San Pedro Sacatepéquez	59,996	59.96	1,000.60
3	San Antonio Sacatepéquez	12,110	28.21	429.28
4	Esquipulas Palo Gordo	7,645	18.96	403.22
5	San Cristóbal Cucho	16,313	29.86	546.32
6	Palestina de Los Altos	12,131	25.70	472.02
7	San Martín Sacatepéquez	21,181	93.30	227.02
8	San Juan Ostuncalco*	7,968	65.79	121.11
Subtotal parte Alta		164,143	354.54	462.97
9	El Quetzal	19,381	86.87	223.10
10	La Reforma	17,012	74.72	227.68
11	Nuevo Progreso	23,619	137.14	172.23
12	El Tumbador *	35,399	124.21	285.00
13	El Rodeo	5,690	23.20	245.28
14	Colomba	16,802	106.60	157.62
Subtotal parte Media		117,903	552.73	213.31
15	Pajapita *	15,557	131.13	118.64
16	Tecún Umán	22,422	85.63	261.84
17	Catarina	9,804	37.97	258.21
18	Ocós	14,679	38.30	383.24
19	Coatepeque	19,383	66.99	289.35
Subtotal parte Baja		81,845	360.02	227.34
Total		363,891	1,267.29	287.14

* Municipios oficialmente con menor superficie que la que acá se presenta.

Fuente: INE. Proyecciones 2000 y datos SIG. Ajustados por lugar poblado en la cuenca.

3.2.11 Formas de tenencia de la tierra

Producto del desarrollo histórico del país en general y de la Cuenca en particular, en la zona predominan las fincas pequeñas o minifundistas, a la par de fincas de gran tamaño, según se ha expuesto anteriormente. Lamentablemente no se cuenta con datos recientes sobre la situación agraria de los municipios de la Cuenca, sino a través del último censo agropecuario de 1979, aunque se reconoce que en términos de tenencia y

distribución de la tierra, se ha mantenido la diferenciación estructural entre el minifundio y el latifundio, tal como se expresa en la información correspondiente.

El censo agropecuario de 1979, reportó que en los municipios¹ de la Cuenca había 27,773 fincas que abarcaban una superficie de 231,166.82 manzanas, de las cuales 94.6% eran minifundios (microfincas, subfamiliares pequeñas y subfamiliares medianas; hasta de 10 manzanas) que controlaban el 17.7% de la superficie en fincas; en el otro extremo, las fincas grandes mayores de 64 manzanas (1.6%) controlaban 72.6% de la superficie en fincas. Las fincas de tamaño mediano (10 a 64 manzanas), representaban el 3.8% del total de fincas, con una superficie de 9.7%. Los promedios de superficie para las fincas minifundistas varían de 0.47 a 6.49 manzanas; las fincas grandes varían de 215.18 a 1966.2 manzanas; mientras que las fincas medianas manifiestan datos promedio entre 17.7 a 46.47 manzanas. Del total de las fincas, 77.3% eran de tenencia propia, 11.4% de tenencia propia y arrendada, 4.8% eran arrendadas, 3.6% en posesión de colonato, la diferencia (2.9%) representa otras formas simples o combinadas de tenencia de la tierra.

Cuadro 13. Caracterización de la tenencia de la tierra en la cuenca del Río Naranjo

Características de los Sistemas de Tenencia	Parte de la cuenca		
	Alta	Media	Baja
Número de fincas (u)	13,566	5,848	8,359
Porcentaje de las fincas en la cuenca (%)	48.8	21.1	30.1
Superficie (mz)	31,470	96,679	103,018
Porcentaje de la superficie de la cuenca (%)	13.6	41.8	44.6
Número de fincas hasta de 10 mz (%)	98.2	91.0	91.3
Número de fincas entre 10 y 64 mz (%)	1.6	4.5	6.9
Número de fincas mayores de 64 mz (%)	0.2	4.5	1.8
Superficie de las fincas hasta de 10 mz (%)	55.0	8.4	15.0
Superficie de las fincas entre 10 y 64 mz (%)	12.6	6.3	12.2
Superficie de las fincas mayores de 64 mz (%)	32.4	85.3	72.8
Número de fincas grandes (u)	26	265	147

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

¹ Se considera la información a nivel municipal sin discriminar si los sitios están o no dentro de la Cuenca. La información disponible no permite hacer esa diferenciación, como si se efectuó a nivel de población.

3.2.12 Recursos forestales

La cubierta forestal se caracteriza por bosques naturales concentrados principalmente en la parte alta y media de la cuenca, con pequeñas manchas de bosque dispersas en la parte baja. Existen pocas plantaciones forestales dentro de la cuenca porque predominan las actividades agropecuarias en detrimento de la cobertura forestal.

A. Estratificación forestal

La cubierta forestal ocupa un área de 26,685, equivalente al 21.2% del área total de la cuenca, constituida por bosques naturales que se dividen en tres grandes tipos: coníferas, mixto y latifoliado, los que a su vez se subdividen en función de la densidad de cobertura de copas en denso, medio y ralo, como se explica en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Estratificación forestal de la cuenca del río Naranjo

Tipo de Bosque	Estrato Forestal	Código	Superficie	
			Ha	%
Coníferas	Denso	4223	2,702.77	10.13
	Medio	4222	740.81	2.77
	Ralo	4221	301.60	1.13
Latifoliado	Denso	4133	13,977.97	52.38
	Medio	4132	1,814.93	6.80
	Ralo	4131	2,241.98	8.42
Mixto	Denso	4313	899.53	3.37
	Medio	4312	2,431.63	9.12
	Ralo	4311	1,543.03	5.80
Área reforestada		421	11.70	0.04
Total			26,685.00	100.00

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

B. Síntesis de la problemática forestal en la cuenca

La problemática en torno a este recurso en la cuenca del Naranjo, se encuentra alrededor de tres temas principales:

a. Incendios forestales

La poca precaución al preparar la tierra para la próxima temporada de cultivos (quemadas agrícolas), es la principal causa de los incendios forestales en la cuenca, en segundo lugar los incendios provocados. Los daños a la cobertura se muestran en el Cuadro 15, desglosando el área afectada según el tipo de bosque.

Cuadro 15. Área afectada por incendios forestales por tipo de bosque en la cuenca del Río Naranjo

Año	# de incendios	Tipo de bosque afectado (ha)			Total (ha)
		Latifoliado	Coníferas	Mixto	
1998	9	100.00	82.00	99.00	281.00
1999	5	5.35	308.85	352.43	666.63
2000	15	3.60	193.80	127.64	325.04
Total	29	108.95	584.65	579.07	1,272.67

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

b. Talas ilícitas

La principal causa de las talas ilícitas es la presión social sobre la tierra, la que generalmente sucede en áreas alejadas y constituye una práctica aceptada en las comunidades, porque la mayoría lo ha hecho para tener sus parcelas de cultivo. Sin embargo, otro proceso casi imperceptible lo constituye la extracción selectiva de los mejores individuos del bosque en detrimento de la calidad genética del mismo; al final el bosque termina siendo árboles dispersos asociados con cultivos. El aprovechamiento se realiza aserrando directamente en el bosque, transportando la madera en rollo o como leña. El consumo de leña según, consulta a los pobladores, se estima en un metro cúbico al mes para una familia de 7 miembros, el cual aumenta a 1.5 m³ en la época fría (Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, 2001).

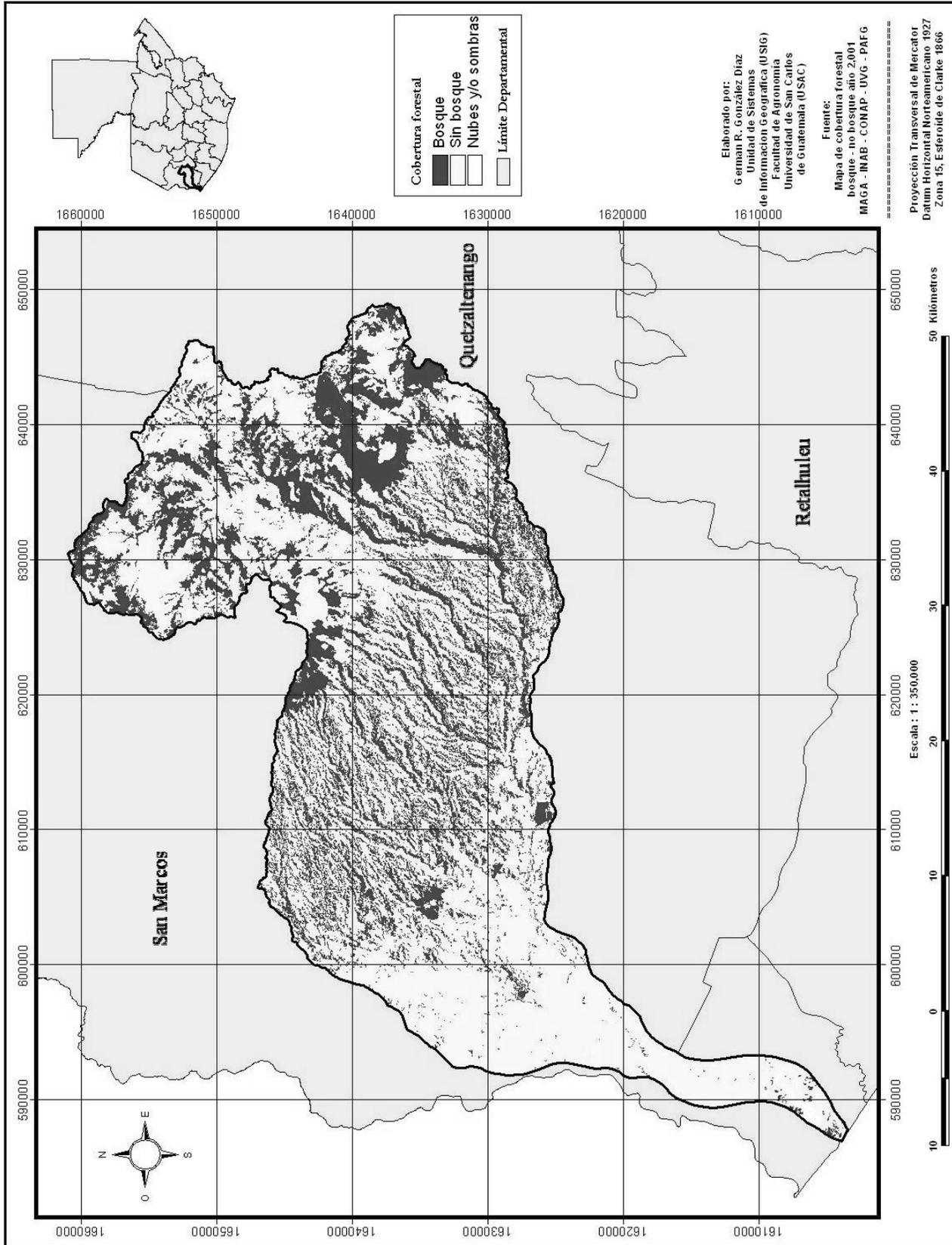


Figura 6. Mapa de Cobertura Forestal dentro de la Cuenca del Río Naranjo

c. Tráfico ilegal de madera

Esta situación está muy ligada a las talas ilícitas y para amparar el producto ilícito se recurre a falsificar permisos y documentos de transporte de productos forestales, lo cual es aceptado por la industria generalmente a un menor costo dada la procedencia. Lo anterior provoca una desvalorización del recurso y desmotiva a los productores que cumplen con todos los requerimientos establecidos en la ley forestal.

Los mercados para este producto son principalmente San Marcos, San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango y la Ciudad de Guatemala (Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, 2001).

3.2.13 Incentivos forestales en la cuenca

El Programa de Incentivos Forestales del INAB ha beneficiado, desde su creación en 1997, en la parte alta de la cuenca a los propietarios que se indican en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Beneficiarios del programa de incentivos forestales

Año	Tipo Propietario	Área en Ha.	Monto Q *
1997	Municipalidades	11.50	142,600.00
	Particulares	11.22	119,128.00
1998	Municipalidades	08.00	99,200.00
	Particulares	06.00	74,400.00
1999	Municipalidades	95.00	1,178,000.00
	Particulares	15.70	194,680.00
2000	Municipalidades	35.00	434,000
	Particulares	41.11	508,863.20
	Asociaciones campesinas	135.00	1,674,000.00
TOTAL		358.53	4,424,871.20

* Montos que cubrirán el año de establecimiento y 5 años de mantenimiento.

Fuente: Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, MAGA (2001)

De los montos de incentivos otorgados a la fecha, el 44% pertenece a tierras municipales jurisdicción de San Marcos, San Cristóbal Cucho y Esquipulas Palo Gordo. El 38% de los montos pertenece a Asociaciones campesinas de los mismos municipios mencionados anteriormente y el 18% a beneficiarios particulares.

En la parte media y baja de la cuenca únicamente se han otorgado incentivos a un propietario particular, por un área de 33.0 ha, lo cual representa Q. 409,200.00.

3.2.14 La caficultura como la actividad económica principal

De acuerdo con la información del censo agropecuario de 1979, en los municipios implicados en la cuenca se produjeron 3, 899,658 quintales de café cereza, provenientes en un 99.7% de plantación compacta; la diferencia corresponde a café sembrado en forma asociada o como plantación dispersa (Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, 2001).

El número total de fincas productoras de café alcanzó 6,380, cubriendo una superficie en producción de 76,107 manzanas y 1,548 manzanas sin producir, de las cuales 451 manzanas habían sido sembradas en el año del censo; si se considerara esa superficie como una tasa de siembra anual, se tendría que al año 2000 se habrían incorporado 9,500 manzanas más al cultivo de café, arrojando un total de 86,700 manzanas sembradas en los municipios de la cuenca, de los cuales 69,400 manzanas corresponderían aproximadamente a la zona propiamente de la cuenca (Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, 2001).

Alrededor de 300 fincas denominadas multifamiliares, mayores de 64 manzanas (45 ha) producen el 92.1% del café de la cuenca, un 4% lo producen las fincas medianas (comúnmente llamadas "labores"), y el 3.9% restante, la producen cerca de 6,000 fincas minifundistas dispersas en toda la cuenca (Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, 2001).

El café se produce desde una altura de 450 MSN (ciudad de Coatepeque ubicada a 497 MSN) hasta cerca de 1,800 MSN (aldeas de la parte baja de San Martín Sacatepéquez), aunque la altura donde se localiza el cinturón cafetalero altamente denso y productivo se localiza entre 500 a 1,600 MSN (Plan de Manejo de la Cuenca del Río Naranjo, 2001).

3.2.15 Áreas protegidas en la Cuenca

Las áreas protegidas, considerando sus respectivas zonas de amortiguamiento, son aquellas en las que se tiene por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera de preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos, de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, en general de su ambiente, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible.

Áreas protegidas legalmente Declaradas en Guatemala

El Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas SIGAP, cuenta con 99 áreas protegidas legalmente declaradas (comprende todas las áreas declaradas desde el año de 1955 a noviembre de 1998) incluyendo todos los conos volcánicos del país.

De las 99, hay 64 áreas protegidas con límites definidos, que cubren en la actualidad 30,127.4 km², (incluyendo las zonas de amortiguamiento), equivalente al 27.66% de la superficie del territorio nacional.

Sin incluir las zonas de amortiguamiento cubren una extensión de 21199.2 Km², equivalente al 19.46% del territorio nacional. Las 45 áreas protegidas restantes no tienen una extensión ni límites definidos legalmente.

Dentro de la cuenca, como se puede ver en la adaptación del mapa de Áreas protegidas de Guatemala (ver Figura 7), existe 1 parque Regional llamado Volcán Chicabal y dos zonas de amortiguamiento y de veda definitiva, que también son conos de dos volcanes llamados: Lacandón y San Antonio.

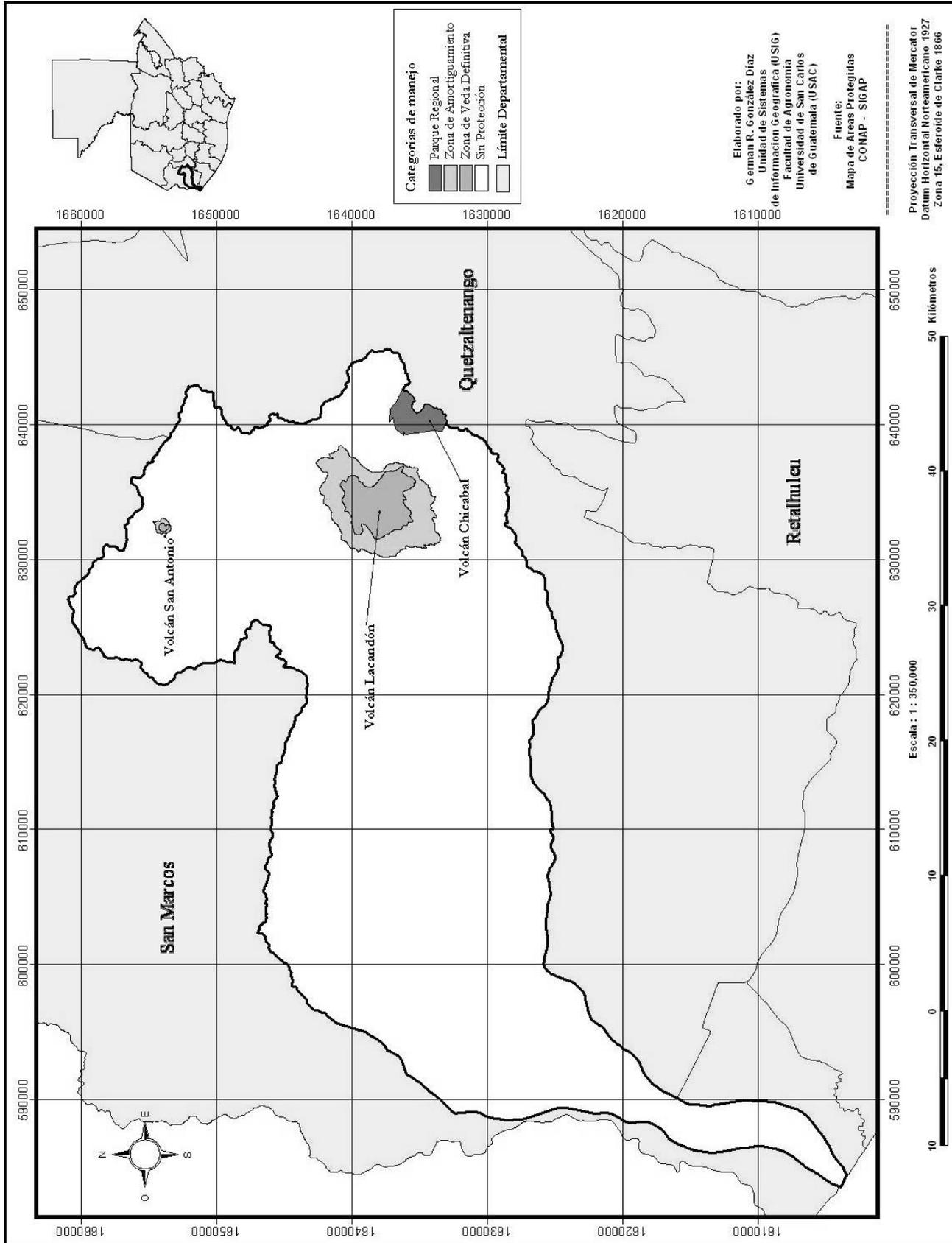


Figura 7. Mapa de Áreas Protegidas dentro de la Cuenca del Río Naranjo

4. OBJETIVOS

General

- Identificar áreas potenciales para el establecimiento de 4 especies forestales: Teca (*Tectona Grandis* L.), Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert), Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) y Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl), con base a condiciones climáticas y edáficas dentro de la cuenca del Río Naranjo, mediante la modelación espacial con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Específicos

- Generar una base de datos georeferenciada en un sistema de información geográfica (SIG) sobre las principales características climáticas y edáficas de la Cuenca del Río Naranjo.
- Identificar variables para determinar las áreas potenciales para el establecimiento de 4 especies forestales: Teca (*Tectona Grandis* L.), Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert), Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) y Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl).
- Establecer un marco geográfico con las áreas prioritarias para el establecimiento de 4 especies forestales Teca (*Tectona Grandis* L.), Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert), Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) y Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl).
- Ubicar los espacios geográficos para cada especie analizada, un mapa de los sitios prioritarios y la cuantificación de áreas potenciales dentro de la cuenca del Río Naranjo

5. HIPÓTESIS

En la cuenca del Río Naranjo existen áreas que llenan los requerimientos biofísicos para el establecimiento de las cuatro especies forestales.

6. METODOLOGÍA

1. **Recopilación de información temática de la cuenca del río Naranjo.** Se recopiló información temática de la Cuenca del Río Naranjo, a partir de el Plan de Manejo de la Cuenca, realizado por el Programa de Emergencia por Desastres Naturales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, priorizando la recopilación a partir las variables de estudio de las especies, seguido a esto se generó una base de datos georeferenciada en un sistema de información geográfica (SIG), utilizando software ArcView GIS v.3.2.

Elevación y Pendientes: Para este caso, se partió de las curvas de nivel a una distancia de altura de 20 m., los puntos de control vertical (geodésicos), y la dirección del drenaje dentro de la cuenca. Para después con el paquete informático Arc Info NT ver. 8.0.2., específicamente con el comando TOPOGRID, se procedió a realizar el modelo de elevación digital (MED), el cual es una matriz de valores de elevación con resolución de 20 m. Cuando se tenía el MED, con el paquete informático Arc View ver. 3.2, específicamente con el comando DERIVE SLOPE, se generó el mapa de pendientes.

Clima: Para las variables de clima, se utilizaron las bases de datos meteorológicos provenientes de las estaciones localizadas en la cuenca y las ubicadas en sus alrededores. Para la variable de precipitación se usaron 24 estaciones que tenían registros de al menos 20 años seguidos en diferentes épocas, la más antigua de recolectar datos ubicada en San Francisco Morazán ubicada en las cercanías de Coatepeque, tiene registros desde 1908 hasta 1967 y la mas reciente de recolectar datos ubicada en San Miguel Sigüilá en las cercanías de Quetzaltenango, tiene registros desde 1980 hasta 1999.

Para la variable de temperatura, los datos no fueron tan ricos como los de precipitación, ya que sólo se pudieron encontrar registros de temperatura en 14 estaciones ubicadas en la cuenca y sus

alrededores, acá se tienen períodos de no menos de 5 años de registros continuos de temperatura, siendo la estación más antigua de tomar datos la estación de San Marcos, que cuenta con registros de temperatura desde 1955 hasta 1990 y la mas reciente de recolectar datos es la de Catarina ubicada en San Marcos, que cuenta con registros desde 1970 hasta 1995. Estos datos fueron la base para los comandos de interpolación que generaron los mapas de temperatura promedio anual y precipitación promedio anual.

La interpolación se realizó con una matriz de valores que estima un valor para cada celda, donde se consideran los valores de las cinco estaciones más cercanas a este punto, en donde se obtiene un promedio ponderado y dándole mayor peso a la estación más cercana de acuerdo con el inverso de la distancia al cuadrado. Además en el caso de las temperaturas se realiza una corrección por altitud.

Suelo: La base de datos de suelos se originó a partir del estudio de Reconocimiento de Series de Suelos del país realizado por Simmons y otros, para el cual la Unidad de Políticas en Información Estratégica –UPIE– del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA– llevó a cabo una readecuación cartográfica y la adaptación a mapa digital realizada por el Programa de Emergencia por Desastres Naturales en su componente de Cuencas Estratégicas. El cual consistió en pasar por medio del paquete informático de SIG Arc View en su modo de edición, todas las líneas que delimitan las unidades de suelo, así mismo, se incluyó el nombre de la unidad del suelo, textura, profundidad, drenaje y pH.

2. **Colección de información de variables climáticas, topográficas y edáficas de las especies forestales.** Se colectó información general y puntual acerca de las variables climáticas, topográficas y edáficas sobre aptitud de establecimiento de las 4 especies forestales: Teca (*Tectona Grandis* L.), Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert), Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) y Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl).

Variables a utilizar

Las variables que se utilizaron para realizar el análisis de las 4 especies forestales son las siguientes:

□ **Rango de elevación (msnm)**, referido al espacio hipsométrico dentro del las especies se pueden desarrollar y alcanzar producciones conforme a los promedios determinados.

□ **Rangos climáticos**, referidos a los intervalos de temperatura media anual y precipitación media anual, dentro de los cuales las especies no ven afectados sus procesos fisiológicos y fenológicos.

□ **Rangos edáficos**, referidos a características generales físicas y químicas del suelo, donde es posible el desarrollo de los cultivos; siendo las características consideradas el tipo de drenaje interno, la profundidad efectiva, textura superficial y subsuperficial, la reacción del suelo (pH) y pedregosidad, en función de las cuales se promueven restricciones o impedimentos para el establecimiento de especies forestales.

□ **Pendiente del terreno (porcentaje)**, característica asociada a las condiciones factibilidad de labranza y la posibilidad de realizar plantaciones extensivas.

Para realizar esto se requirió varias consultas, por cada una de las especies a investigar en diferentes fuentes de información las cuales fueron:

- Base de datos de requerimientos agro climáticos de especies de ECOCROP, FAO.
- Base de datos de requerimientos agro climáticos de especies de SEGEPLAN.
- Documentos y fichas técnicas de CATIE
- Consulta a personas expertas, documentos y Fichas técnicas del INAB
- Investigaciones y documentos técnicos realizadas por otras instituciones relacionadas con las especies

Al revisar dichas fuentes de información acerca de las especies, se encontraron diferencias de criterios de establecimiento en cuanto a sus rangos óptimos para cada variable. Para esto se elaboró la base de datos para poder recopilar toda la información acerca de los requerimientos de aptitud para cada especie (cuadro 25 “A”), para luego con criterio de experto, utilizando como base los estudios realizados en Guatemala, basándose en investigaciones realizadas por el INAB, se fueron afinando los rangos para las condiciones de aptitud apropiadas para cada especie.

3. **Adaptación de mapas digitales georeferenciados.** Se adaptaron los mapas digitales georeferenciados a escala 1:50,000, para las variables de elevación, precipitación, temperatura, capacidad de uso de la tierra, pendientes, profundidad, pH, textura y drenaje.

Para realizar los análisis pertinentes se utilizó la base cartográfica y temática en formato digital generada de la cobertura de la Cuenca del Río Naranjo a la escala 1:50,000, con algunas revisiones y adaptaciones de orden topológico a los mapas digitales utilizando el paquete informático Arc-View GIS 3.2® en su modo de edición.

4. **Modelaje espacial Cartográfico digital georeferenciado.** Se practicó el modelaje espacial geográfico mediante el uso de SIG para el establecimiento de las 4 especies forestales:
- a. Teca (*Tectona Grandis* L.)
 - b. Palo Blanco (*Cyristax donnell-smithii* (Rose) Seibert)
 - c. Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill)
 - d. Pino de ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl)

El análisis espacial vectorial, fue realizado en el laboratorio de la Unidad de Sistemas de Información Geográfico (USIG) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC). Utilizando el paquete informático Arc-View GIS 3.2® con sus extensiones “Spatial Analyst®” y “3D®”.

Proceso de identificación de las Superficies óptimas para el establecimiento de las 4 especies forestales

Tal y como se observa en la Figura 8, una vez definidos los rangos de Precipitación y Temperatura medias anuales, estos se seleccionaron sobre el mapa “raster”² realizado a partir de la interpolación digital utilizando el software ArcView (modulo Spatial Analyst), de los datos de precipitación y temperatura actualizados al 2,003 (MAGA-INSIVUMEH), extraídos de las estaciones metereologicas del INSIVUMEH, y se convertirán a formato “shape”³ para su intersección, siendo la capa resultante la denominada Síntesis 1; la que a su vez fue interseccionada con el “shape” de

² Raster: imagen generada por un SIG, compuesto por una cuadrícula, donde cada cuadro tiene un único dato asociado (cualitativo o cuantitativo).

³ Shape: imagen generada por un SIG, a lo interno de la cual únicamente existe un dato (cualitativo o cuantitativo).

elevación (obtenido mediante el procedimiento descrito) y permitió generar la capa Síntesis 2. Por otra parte, se generaron los shapés correspondientes a Drenaje y Profundidad del Suelo, cuya intersección generó la capa denominada Síntesis A.

Al interceptarse las capas intermedias (Síntesis 2 y Síntesis A), se obtuvo el **Mapa Síntesis 1**, con información correspondiente a las áreas aptas de la cuenca para las 4 especies forestales conforme a elevación, rangos climáticos, drenaje y profundidad de suelo.

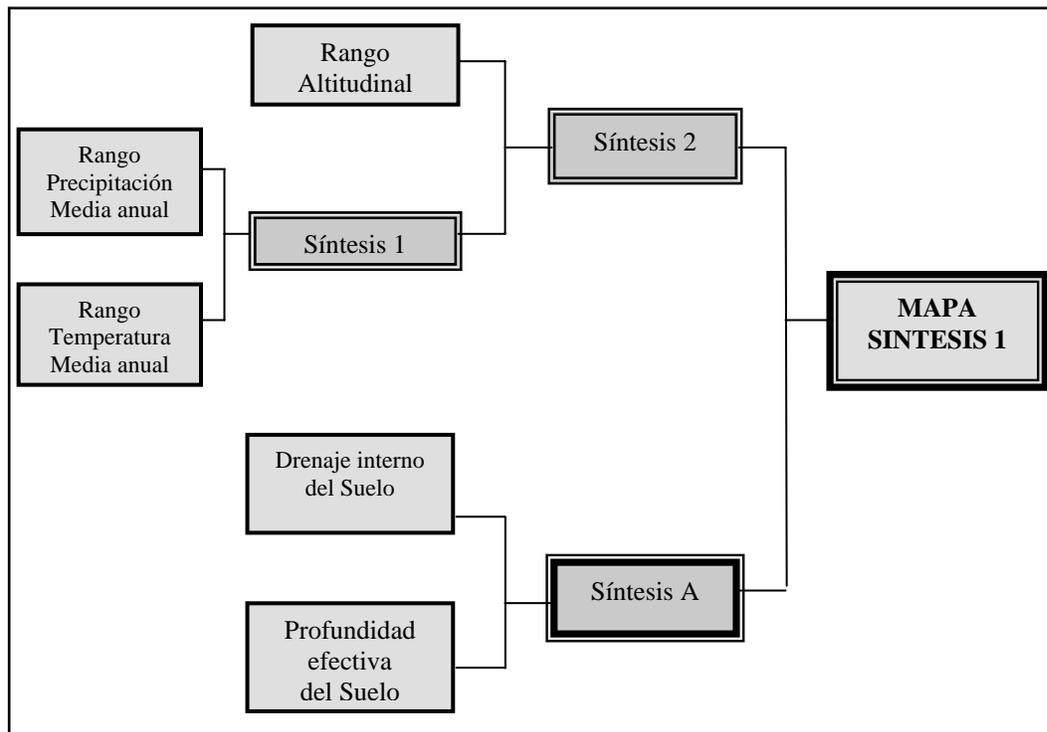


Figura 8. Esquema de generación del Mapa Síntesis Número 1

En la Figura 9 se muestra que mediante la utilización de los parámetros restantes de suelos (textura y pH), se realizó la intersección de estos “shapés” generándose la capa Síntesis B; que al ser intersectada con el Mapa Síntesis 1, permitió generar el **Mapa Síntesis 2**; el cual presenta la información de áreas aptas, habiéndose analizado las condiciones edáficas que pudieran comportarse como restrictivas a las especies forestales en estudio.

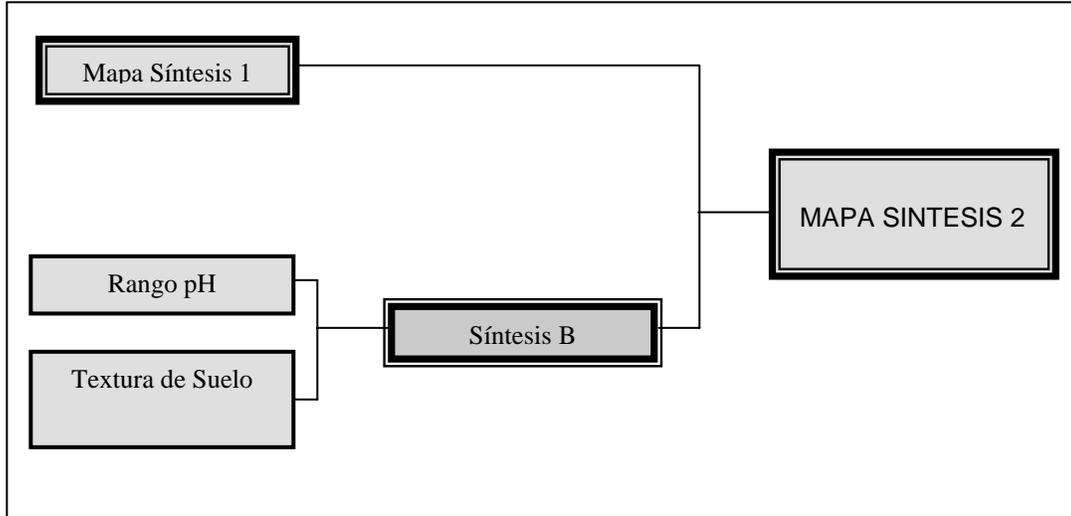


Figura 9. Esquema de generación del Mapa Síntesis Número 2

Al interceptar el Mapa Síntesis Número 2 con la capa de pendientes, se obtuvo como resultado el **Mapa Síntesis Número 3**, el cual muestra áreas aptas sin restricción por pendiente, tal y como se muestra en la Figura 10.

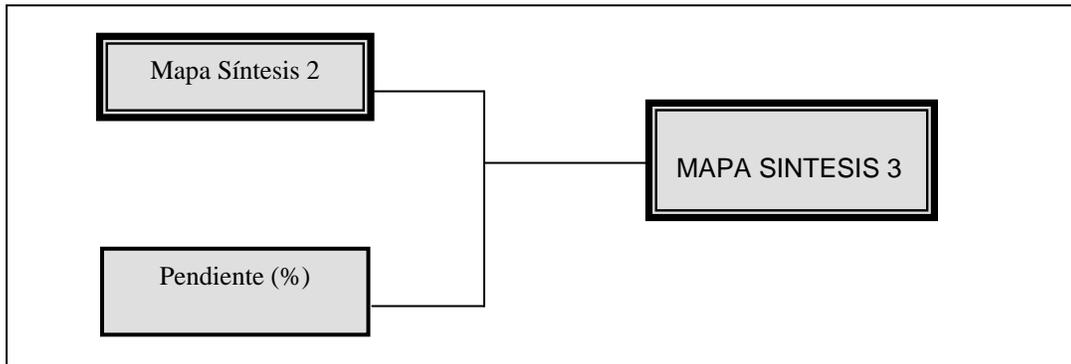


Figura 10. Esquema para generar el Mapa Síntesis Número 3

Con el propósito de no incluir superficies cubiertas con bosque denso, así como incluir la Zona de Uso Múltiple (ZUM) de áreas protegidas –excluyendo únicamente la que posee como cubierta al bosque denso–, se realizaron los “shapes” correspondientes a partir de realizar las selecciones de las capas de Áreas Protegidas y Cobertura Forestal, y se generó la capa Síntesis C, la cual muestra superficies sin bosque denso y ZUM sin bosque denso (Figura 11).

Esta capa intersectada con el Mapa Síntesis 3, generó el **Mapa final de Áreas Aptas para el cultivo de las 4 especies forestales**, el cual muestra áreas con aptitud para las especies, sin menoscabo del actual recurso boscoso (INAB, 1999) e incluyendo ZUM sin bosque denso.

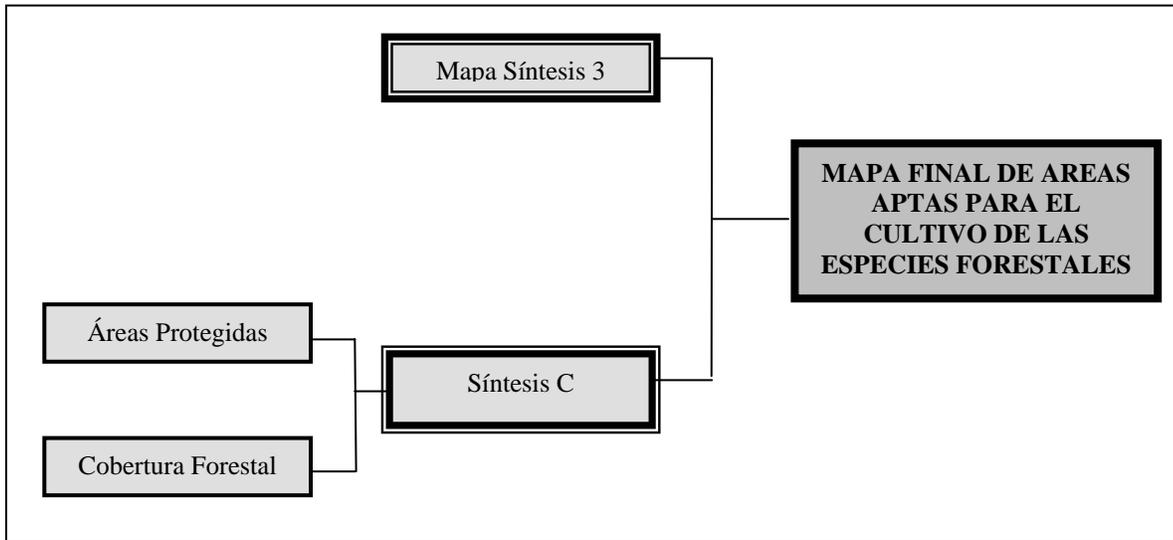


Figura 11. Esquema para generar el Mapa Final de Áreas Aptas para las Especies Forestales

5. Generación del flujograma del modelo para la Identificación de áreas aptas el establecimiento de especies forestales

El flujograma de cortes secuenciales, utilizados para la identificación de áreas de aptitud, se realizó por cada especie forestal como muestra el ejemplo en la Figura 12.

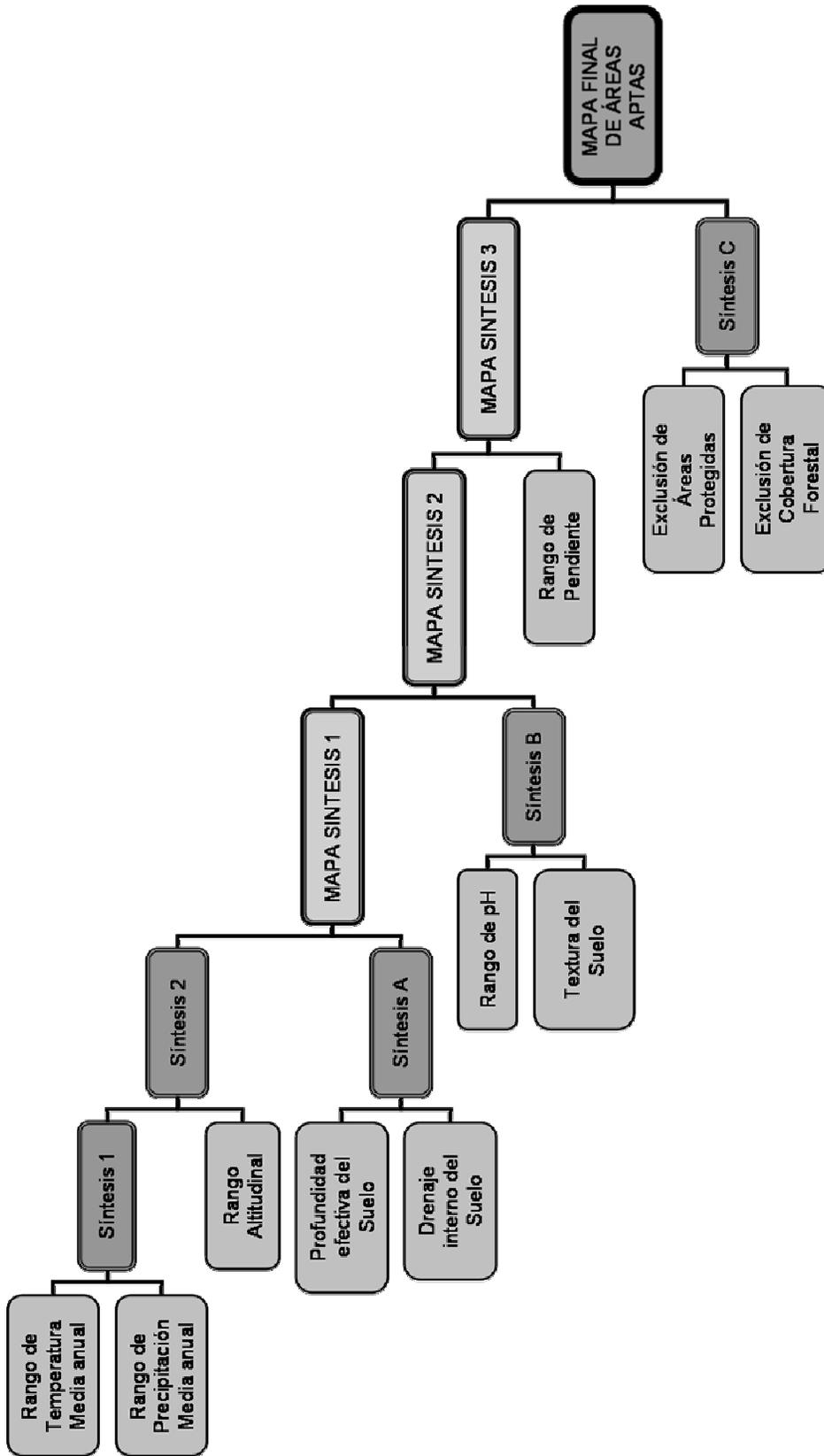


Figura 12. Ejemplo de flujograma del modelo para Identificación de áreas aptas para el establecimiento de especies forestales

6. Generación de mapas y cuantificación de superficie de áreas potenciales para el establecimiento de las 4 especies forestales.

En la generación de mapas finales se utilizó el modulo “Layout” de Arc-View GIS 3.2® y para la cuantificación de áreas potenciales se utilizó el módulo “Tables”, también de Arc-View GIS 3.2®

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Análisis de la Información biofísica de la cuenca del río Naranjo.

Elevación y Pendientes:

A partir de los datos que genera el modelo de elevación digital – MED (Figura 13), se estableció que las tierras se encuentran sobre un área con altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 3,554.83 msnm. La altura máxima de la cuenca corresponde en la cumbre Cuicacaix. Otros puntos de mayor altura corresponden al parte aguas de la cuenca, siendo estos el volcán Chicabal (3,020 msnm), el cerro Ixtohal (3,240 msnm) y el cerro Cumbre de las Barrancas (3,105 msnm).

Del análisis de distribución de pendientes (Figura 14), se deduce que la cuenca pasa en forma abrupta de terrenos con pendientes fuertes pues casi dos terceras partes de la superficie de la cuenca tiene pendientes mayores del 16%. Este fenómeno es observado sobre todo en la parte noroccidental de la misma, infiriéndose que la parte baja es un relleno aluvial. Alrededor del 21% de la cuenca presenta pendientes menores al 4%.

Clima:

La cuenca del río Naranjo tiene una gran variabilidad climática. La barrera montañosa del sur está localizada en la parte media de la cuenca y constituye uno de los sitios de mayor pluviosidad del país. Esta franja montañosa constituye una barrera para el tránsito de los vientos húmedos principalmente del sur, que al chocar con la montaña se elevan y expanden produciendo cantidades muy significativas de precipitación de alrededor de 4,800 mm anuales. Una vez que los vientos atraviesan esta franja de montañas, su contenido de humedad es menor y producen precipitaciones significativamente menores en el altiplano entre 800 y 1,200 mm anuales (Figura 15).

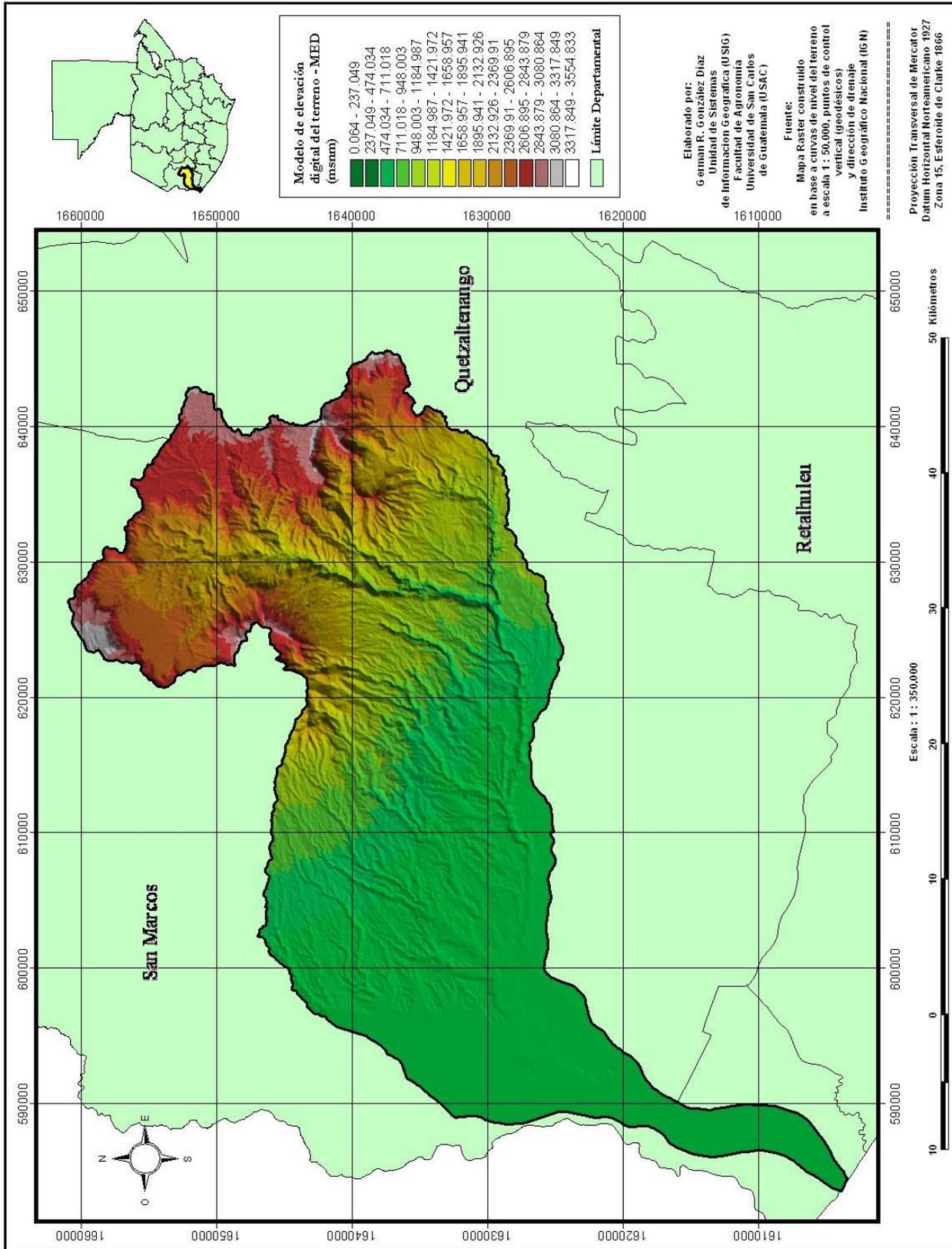


Figura 13. Mapa de Elevación sobre el nivel del mar en la Cuenca del Río Naranjo

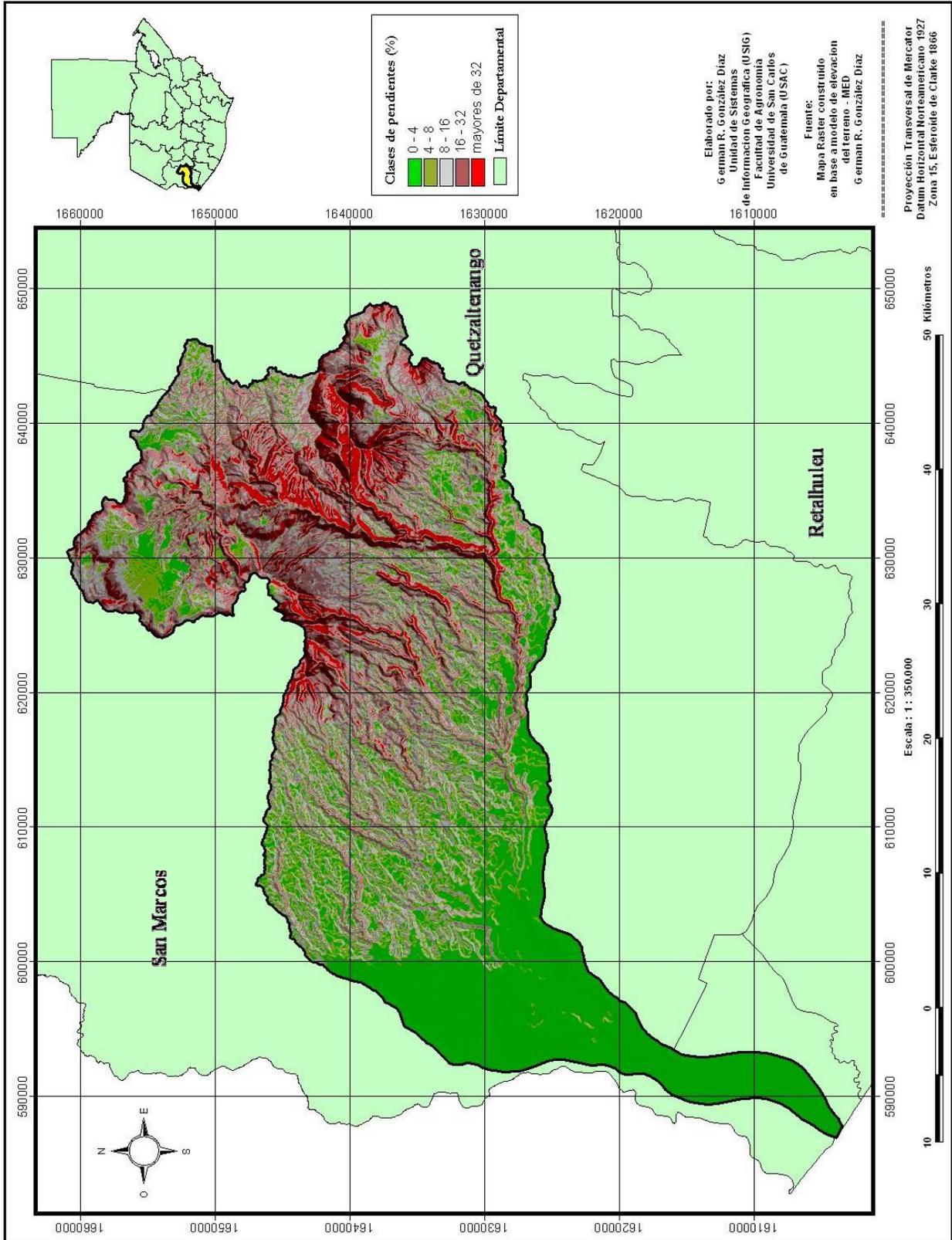


Figura 14. Mapa de Clases de pendientes en la cuenca del Río Naranjo

Debido a que la zona montañosa se desarrolla más ampliamente hacia el occidente de la cuenca y, que los fenómenos atmosféricos que provocan precipitaciones (huracanes, tormentas y depresiones tropicales) se desarrollan en mayor número hacia el occidente, la información indica un mayor volumen de precipitación en esa dirección.

Por lo anterior, la temperatura alcanza sus valores mínimos durante el mes de Enero y se incrementa continuamente entre Febrero y Mayo, cuando en promedio se inicia formalmente la época de lluvias. La temperatura máxima ocurre durante los meses de Mayo y Junio y registra ligeros descensos durante Julio hasta Octubre. Después de Octubre la temperatura desciende hasta alcanzar el mínimo durante Enero para cerrar el ciclo anual, además espacialmente se puede observar que la temperatura tiene una estrecha correlación con la elevación del terreno, a mayor elevación de terreno menor temperatura y a menor elevación sobre el nivel del mar del terreno mayor temperatura (Figura 16).

Suelos:

Los suelos presentes en la cuenca con base en el mapa de Simmons et al (ver Figura 17), son : Suelos de las Montañas Volcánicas, Suelos de la Altiplanicie Central, Suelos del Declive del Pacífico, Suelos del Litoral del Pacífico y Clases Misceláneas de Terreno (compuesto por las arenas de la playa).

Tomando en cuenta la readecuación cartográfica llevado a cabo por la Unidad de Políticas e Información Estratégica -UPIE del MAGA- y la adaptación a mapa digital realizada por el Programa de Emergencia por Desastres Naturales en su componente de Cuencas Estratégicas, en la cuenca se encuentran representadas 14 series de suelos (Cuadro 17). Las series Ostuncalco (22.6% del área total de la cuenca), Chuvá (20.61%) y Retalhuleu (18.18%), representan el 61.39% del área total de la cuenca. Sus características son las siguientes:

Ostuncalco (Os): Suelos excesivamente drenados, poco profundos, desarrolladas sobre ceniza pomácea, blanca y suelta. Ocupan relieves de ondulados a muy inclinados. Estos suelos se han desarrollado sobre ceniza nueva procedente del volcán de Santa María;

Chuvá (Chv): Son poco profundos, excesivamente drenados, que se han desarrollado sobre ceniza volcánica reciente. Ocupan relieves moderadamente inclinados;

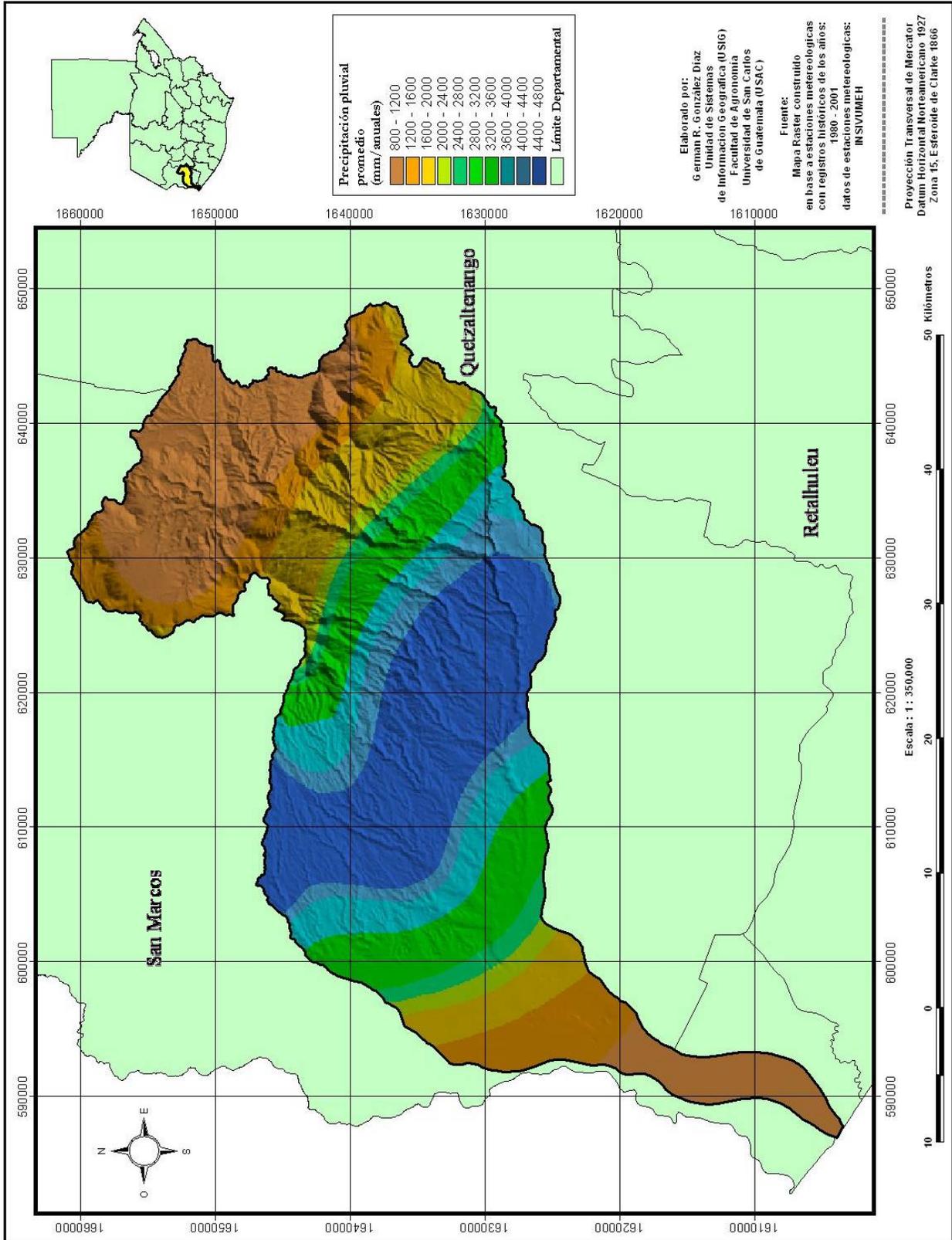


Figura 15. Mapa de Precipitación promedio anual en la Cuenca del Río Naranjo

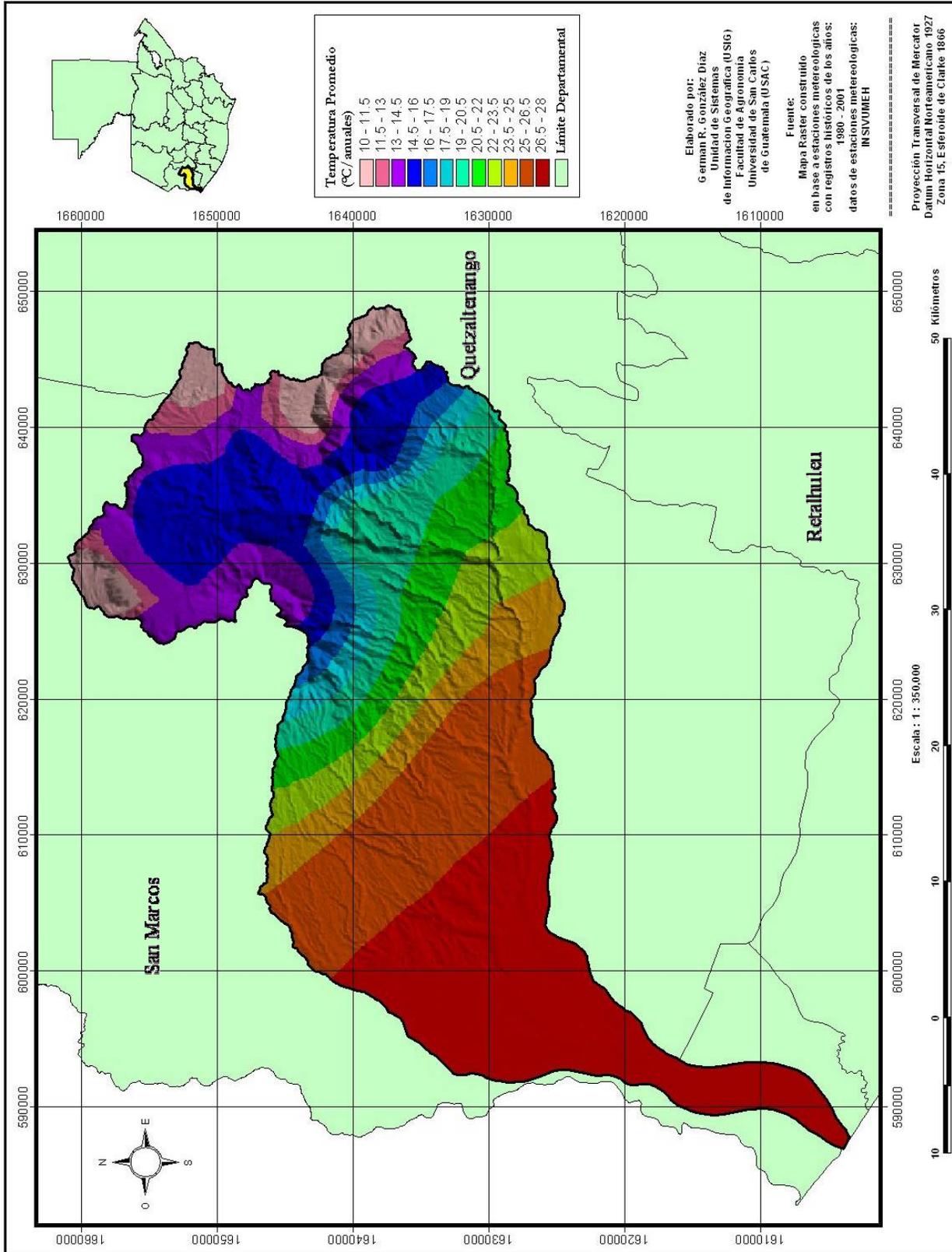


Figura 16. Mapa de Temperatura promedio anual en la Cuenca del Río Naranjo

Retalhuleu (Re): Son bien drenados, excepcionalmente profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro. Ocupan relieves ondulados. Estos suelos se han desarrollado sobre lo que parece ser una superficie antigua de terreno, el cual no fue cubierto por los abanicos aluviales formados durante la actividad volcánica reciente.

Las series Suchitepéquez (7.10%), Tiquisate (6.47%), Chocolá (5.78%) e Ixtán (5.65%), representan el 25% del área total de la cuenca. A continuación se hace una descripción de los mismos.

Suchitepéquez (Sx): Suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica porosa y blanca. Ocupan relieves de suavemente inclinados a inclinados. El material madre fue transportado por el agua y depositado en una serie de abanicos coalescentes durante periodos de vulcanismos activos;

Tiquisate (Ti): Suelos franco arenoso fino, la textura de la superficie y del subsuelo es franco arenoso fino. Ocupan relieves casi planos;

Chocolá (Cho): Suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica de grano fino, o sobre material aluvial, Ocupan pendientes suavemente inclinadas. Están en una región de abanicos aluviales coalescentes construidos durante la intensa actividad volcánica. Actualmente corren a través de esta región muchos arroyos rápidos, pero pocos han cortado canales mayores de diez metros de profundidad. Los valles son angostos, de laderas inclinadas y prácticamente no tienen aluvión;

Ixtán (Ix): Son suelos profundos, moderadamente bien drenados, desarrollados sobre material de grano fino que parecen haber sido depositados en una terraza marina. Ocupan relieves casi planos. Estos suelos se desarrollaron sobre material volcánico que parece haber sido depositado en el fondo del mar o en alguna laguna costera;

Las restantes 7 series representan el restante 14% del área total de la cuenca. A continuación se hace una descripción de acuerdo al mayor porcentaje del área.

Quetzaltenango (Qe): Suelos profundos, bien drenados que se han desarrollado sobre ceniza volcánica débilmente cementada. Ocupan relieves casi planos en los valles intramontanos;

Zacualpa (Zc): Excesivamente drenados, poco profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro. Ocupan relieves muy inclinados. El material madre es ceniza volcánica cementada, pero en algunos lugares está firmemente cementada;

Cuadro 17. Suelos en la cuenca del río Naranjo

Simb.	Serie	Equivalente en Taxonomía de Suelos	% de Superficie dentro de la cuenca	Material Originario	Clase de Drenaje	Textura Superficial	Clase de Textura	Profundidad efectiva (cm)	Clase de profundidad	Clase de pH ponderado	pH ponderado	Limitantes
Tp	Totonicapán	Dd	2.11	Ceniza Volcánica o Roca	Buen Drenaje	Franco-Turbosa	Moderadamente Fina	90	Mediano	Acido	5.95	Retención de Fosfatos - Erodabilidad
Cme	Camanchá erosionada	Dd-Eo	0.06	Ceniza Volcánica	Buen Drenaje	Franca	Media	nd	nd	nd	nd	Retención de Fosfatos - Erodabilidad
Os	Ostuncalco	Dd-Dv	22.6	Ceniza Volcánica Pomácea	Drenaje Excesivo	Arena-Franca o Arena Suelta	Gruesa	10	Muy Delgado	Acido	5.7	Retención de Fosfatos - Erodabilidad
Qe	Quetzaltenango	Ds	4.51	Ceniza Volcánica	Buen Drenaje	Franco-Arenosa Fina	Media	150	Profundo	Acido	6	Deficiencia de humedad - Retención de Fosfatos - Erodabilidad
Chv	Chuvá	Dv-Ep	20.61	Ceniza Volcánica	Drenaje Excesivo	Arena Fina-Franca Suelta o Arena Muy Fina -Franca	Gruesa	10	Muy Delgado	Neutro	6.63	Deficiencia de humedad - Retención de Fosfatos - Erodabilidad
Zc	Zacualpa	Eo-Dv	3.3	Ceniza Volcánica	Drenaje Excesivo	Franco-Arenosa	Media	50	Mediano	Acido	6.25	Poca Profundidad - Pedregosidad
SA	Suelos Aluviales	Ep-Ms-Ps	1.3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Pedregosidad - Deficiencia de humedad - Baja Fertilidad
Re	Retalhuleu	Ud-Um	18.18	Ceniza Volcánica	Buen Drenaje	Franco-Arenosa Fina a Franco-Arcillosa o Franco-Arcillo-Limosa	Moderadamente Fina	400	Muy Profundo	Acido	5.78	Baja Fertilidad - Acidez
CV	Cimas Volcánicas	Eo	2.02	Ceniza Volcánica	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Poca Profundidad - Pedregosidad
Ix	Ixtán	Ls-Vs	5.69	Materiales de Grano Fino	Drenaje Moderado	Arcilla	Muy Fina	nd	nd	nd	nd	Deficiencia de humedad
Cho	Chocolá	Dd-Ld	5.78	Ceniza Volcánica o Material Aluvial	Buen Drenaje	Franco-Limosa o Arcillosa	Media	150	Profundo	Acido	6.25	Retención de Fosfatos - Erodabilidad
Sx	Suchitepequez	Dd-Ud	7.1	Ceniza Volcánica	Buen Drenaje	Franco-Limosa	Media	150 a 200	Muy Profundo	Acido	6	Retención de Fosfatos - Erodabilidad
Ti	Tiquisate franco-arenosa	Ms-Md-Ep	6.47	Depósitos Marinos Aluviales	Buen Drenaje	Franco-Arenosa Fina	Media	100	Profundo	Neutro	7	Deficiencia de humedad
Bu	Bucul	Ms-Ep	0.11	Depósitos Marinos o Aluviales	Drenaje muy Pobre	Franco-Arcillosa	Moderadamente Fina	100	Profundo	Neutro	6.7	Deficiencia de humedad
AM	Arena Playa de mar	Ep	0.16	Arena de Mar	Drenaje Excesivo	Arena	Gruesa	nd	nd	nd	nd	Pedregosidad - Deficiencia de humedad - Baja Fertilidad

nd = no determinada

Totonicapán (Tp): Suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas o rocas de color claro. Ocupan relieves de inclinados a suavemente ondulados;

Cimas Volcánicas (CV): Constituyen la clase de terreno que define a los conos de los volcanes. La mayoría consisten de cenizas volcánicas o escoria máfica típica, sin modificar y suelta. Ocupan pendientes inclinadas, siendo el ángulo de reposo de este material del 65%. Todas las áreas están cortadas por barrancos profundos de laderas muy inclinadas;

Sacapulas (Sa): Son suelos poco profundos, bien drenados, desarrollados sobre granito suave y gneis. Ocupan relieves inclinados. La roca madre es granito o gneis y parece ser el vestigio de una superficie antigua de terreno que no fue cubierta por ceniza volcánica;

Arena de mar (AM): Esta es un área de arena suelta de color oscuro, casi negra, que fue depositada por el mar en el tiempo geológico reciente; y

Bucul (Bu): Son suelos profundos, mal drenados, desarrollados en depósitos marinos o aluviales. Ocupan relieves casi planos.

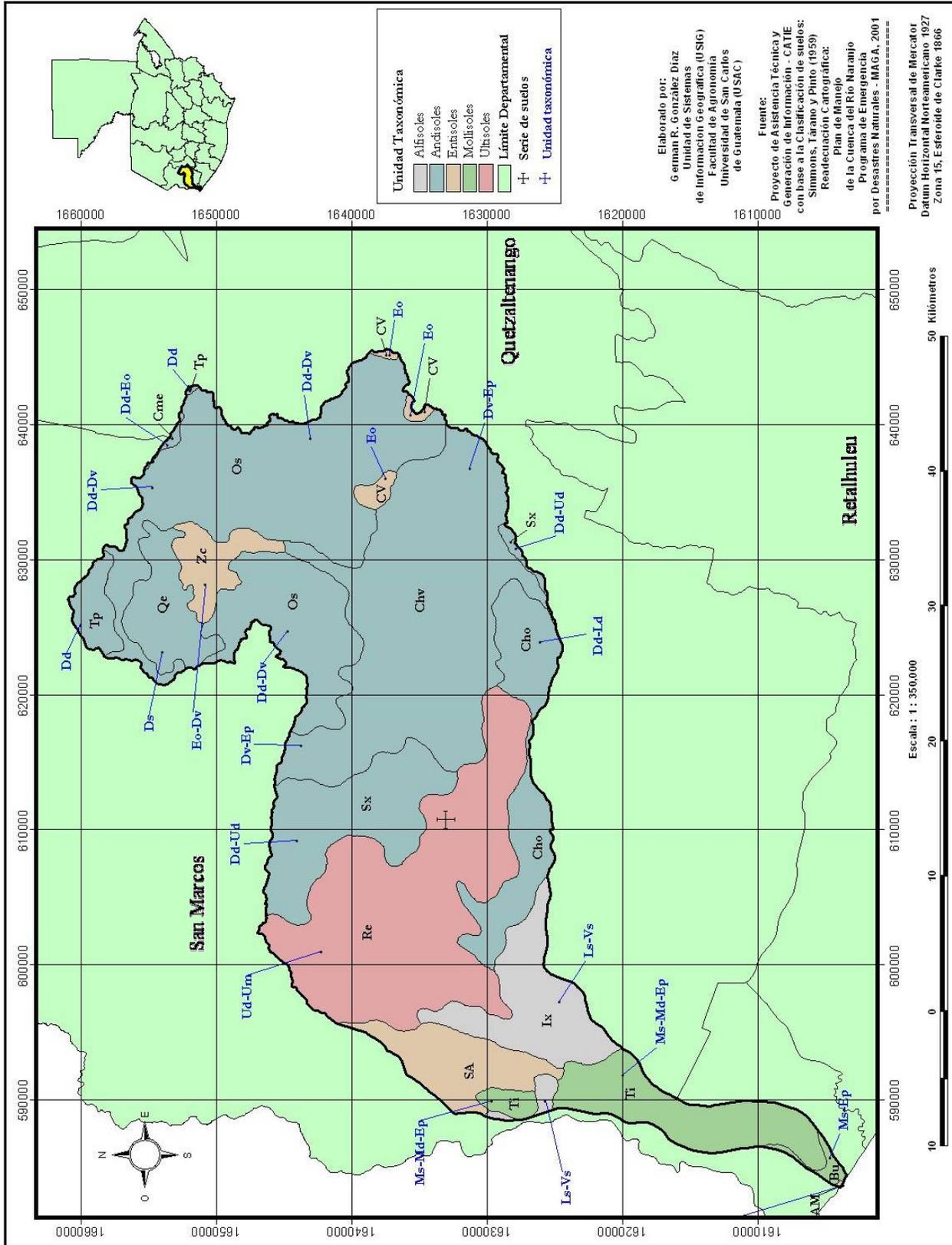


Figura 17. Mapa de readequación cartográfica de Taxonomía de Suelos en la Cuenca del Río Naranjo

2. Análisis de las Variables climáticas, topográficas y edáficas de las especies forestales.

Con el apoyo de la herramienta desarrollada, se vació la información a una base de datos que fue recolectada por medio de las fuentes revisadas (ver Cuadro 25 “A”). Esto permitió que varios puntos de vista de diferentes autores e instituciones se pudieran analizar de mejor manera. En términos generales los criterios de los rangos óptimos para encontrar las aptitud de las especies no vario mucho, pero si fue necesario poder encontrar la opinión de expertos, para poder validar la información, además se le dio un mayor peso a las investigaciones realizadas en Guatemala, las cuales se fueron validando con los demás estudios de otros países o de la región, se construyó un cuadro resumen que pudiese resumir la información de las variables climáticas, edáficas y de relieve que fueron utilizadas para identificar áreas aptas para el establecimiento de 4 especies forestales (ver Cuadros 18 y 19).

Cuadro 18. Variables “topo climáticas” identificadas para encontrar áreas potenciales para el establecimiento de las especies

No.	TIPO DE CULTIVO	Elevación del terreno (msnm)	Rangos Climáticos		Pendiente (%)
			Temperatura Media Anual (°C)	Precipitación pluvial media anual (mm)	
1	Teca (<i>Tectona grandis</i>)	0 - 1000	22 - 29	1000 - 4000	< de 32
2	Pino de ocote (<i>Pinus oocarpa</i>)	700 - 2500	14 - 25	700 - 2000	< de 32
3	Palo blanco (<i>Cybistax donnell-smithii</i>)	0 - 1000	22 - 29	1100 - 2500	< de 32
4	Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i>)	1350 - 3200	10 - 18	1000 - 3000	< de 32

En cuanto a las variables “topo climáticas” que se pueden observar en el cuadro 18, se observa que tanto las especies forestales latifoliadas como las especies forestales coníferas, presentan una amplitud muy similar en cuanto a los rangos de las variables.

Esto no es similar en cuanto a los valores absolutos, donde se pudo observar que las especies latifoliadas seleccionadas para este estudio, son principalmente ubicables en zonas con una elevación sobre el nivel del mar no mayor de 1,000 msnm y por la misma razón a que se pueden encontrar en zonas tropicales sus características climáticas en las cuales se adaptan son de condiciones de temperaturas altas que están por encima de los 22°C promedio anual hasta llegar a los 29°C de promedio anual y de precipitaciones que están sobre los 1,000 mm anuales promedio, siendo un caso especial el de la especie Palo blanco que se encontró muy restrictivo su aceptabilidad a las precipitaciones, el cual está entre los 1,000 mm hasta 2,500 mm anuales promedio.

Con las especies de coníferas seleccionadas para este estudio se pudo observar, que son principalmente ubicables en zonas con una elevación mayor a los 700 msnm llegando hasta más de 2,500 msnm, y en el caso de la especie de Ciprés hasta los 3,200 msnm. Por lo tanto, siendo especies adaptables a condiciones altitudinales altas, sus temperaturas promedio oscilan entre los rangos de 10°C hasta los 25°C, y en cuanto a sus precipitaciones sus rangos no sobrepasan los 3000 mm anuales promedio, teniendo la especie de pino de ocote mas de tolerancia a las precipitaciones bajas ya que se pude ubicar en zonas donde precipita 700 mm anuales promedio.

Cuadro 19. Variables edáficas identificadas para encontrar áreas potenciales para el establecimiento de las especies

No.	TIPO DE CULTIVO	Rangos Edáficas			
		Drenaje	Profundidad	Textura	pH
1	Teca (<i>Tectona grandis</i> L.)	Drenaje moderado - buen drenaje	Mediana a muy profunda	Modelo *	6.0 - 7.5
2	Pino de ocote (<i>Pinus oocarpa</i>)	Drenaje moderado - buen drenaje	Delgada a muy profunda	media - moderadamente gruesa	4.6 - 7.0
3	Palo blanco (<i>Cybistix donnell-smithii</i>)	Drenaje moderado - buen drenaje	Mediana a muy profunda	Modelo	5.0 - 7.5
4	Ciprés (<i>Cupressus lusitana</i>)	Drenaje moderado - buen drenaje	Mediana a muy profunda	media - moderadamente fina	4.6 - 7.5

* NOTA: Modelo de texturas de suelo generado con base a Simmons y otros (1959), que excluye las muy gruesas.

Para las variables edáficas, se encuentran las especies forestales tanto las latifoliadas como las coníferas seleccionadas tienen condiciones de establecimiento un tanto similares, todas requieren un buen drenaje para establecerse, sus profundidades requeridas van desde lo mediano hasta lo profundo, con la excepción del Pino de Ocote que presenta una mayor amplitud en su rango de profundidad que va desde delgado a muy profundo.

En cuanto a la variable textura, hay una clara diferencia entre los grupos asociados de latifoliadas y coníferas de las especies seleccionadas, las especies forestales latifoliadas presentan una preferencia hacia texturas que no incluyan a texturas gruesas, no así con las especies forestales coníferas que en el caso de la especie Pino de Ocote es adaptable a texturas moderadamente gruesas y la especie Ciprés es mas adaptable a texturas que sean moderadamente finas.

Las especies forestales latifoliadas y coníferas seleccionadas para el estudio, presentan un nivel de tolerancia a los suelos moderadamente ácidos, siendo la especie Teca la que menor aptitud tiene por suelos ácidos prefiriendo suelos mas neutros y las dos especies forestales de coníferas seleccionadas las que más adaptables son a condiciones más ácidas de suelo.

3. Flujograma del modelo para la Identificación de áreas aptas para el establecimiento de las cuatro especies forestales

Para cada especie forestal investigada se presenta un flujograma que explica el procedimiento esquematizado del análisis, con los rangos de las variables seleccionadas finales y una cuantificación de superficies parciales, que ubican los requerimientos para la identificación de las áreas potenciales para su establecimiento dentro de la cuenca del Río Naranjo.

4. Mapas y Cuantificación de áreas potenciales para el establecimiento de cuatro especies forestales

El producto algebraico de los mapas en la secuencia de los flujogramas presentados anteriormente, donde se tomaron en cuenta las condiciones climáticas, topográficas y edáficas de los cultivos, generaron el mapa de áreas aptas, y que representa todas las zonas para el establecimientos de plantaciones de de las 4 especies forestales: Teca (*Tectona Grandis* L.), Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert), Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) y Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl). Estas áreas ocupan en total, sumando la cuantificación de las 4 especies, 28,400.95 hectáreas, representando 22.63 % de la superficie total de la cuenca. Cabe indicar, como también se señala en el flujograma, estas áreas ya se les ha excluido la cobertura forestal presente y áreas protegidas con una categoría de manejo de zona de veda definitiva, esto con el fin de ubicar áreas potenciales donde se podría realizar una plantación intensiva de las especies investigadas (Cuadro 20).

Cuadro 20 Áreas aptas dentro de la cuenca del Río Naranjo de las 4 especies forestales

No.	TIPO DE CULTIVO	Áreas aptas (ha)	Porcentaje de la superficie de la cuenca (%)
1	Teca (<i>Tectona grandis</i> L.)	14,131.04	11.26
2	Pino de Ocote (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schldl)	2,322.49	1.85
3	Palo blanco (<i>Cydistax donnell-smithii</i> (Rose) Seibert)	8,135.01	6.48
4	Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i> Mill)	3,812.42	3.04
TOTAL		28,400.95	22.63
superficie total de la cuenca		125,495.21	100.00

Según se observa en el cuadro anterior, que de las especies investigadas, las latifoliadas son las que más superficie apta tienen dentro de la cuenca. Esto se explica por la ubicación de estas áreas potenciales, en la parte baja de la cuenca, donde no existe o casi nada de cobertura forestal.

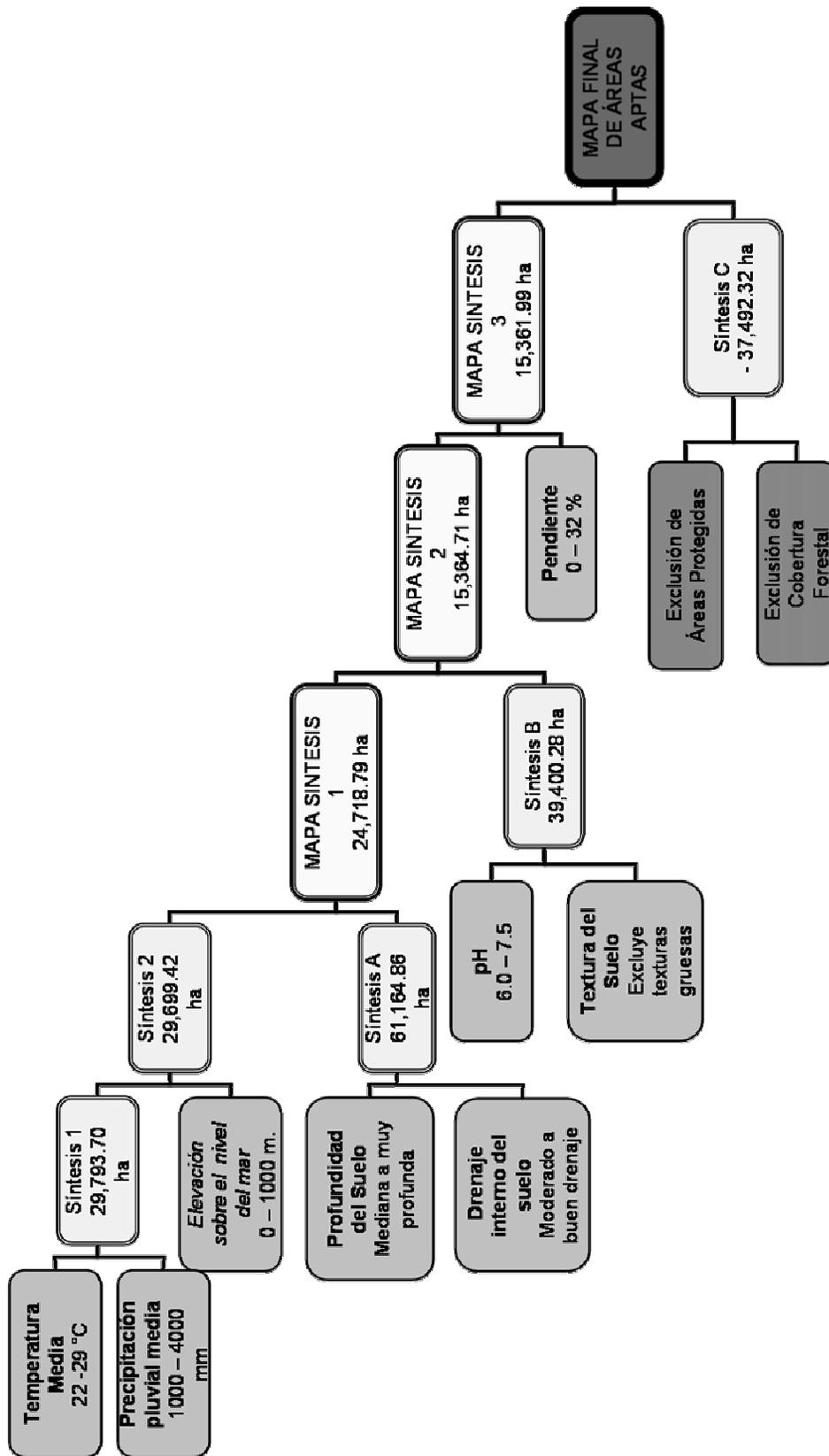


Figura 18. Flujograma final y cuantificación de superficies parciales desarrolladas en la identificación de áreas óptimas para el establecimiento de Teca (*Tectona grandis* L.)

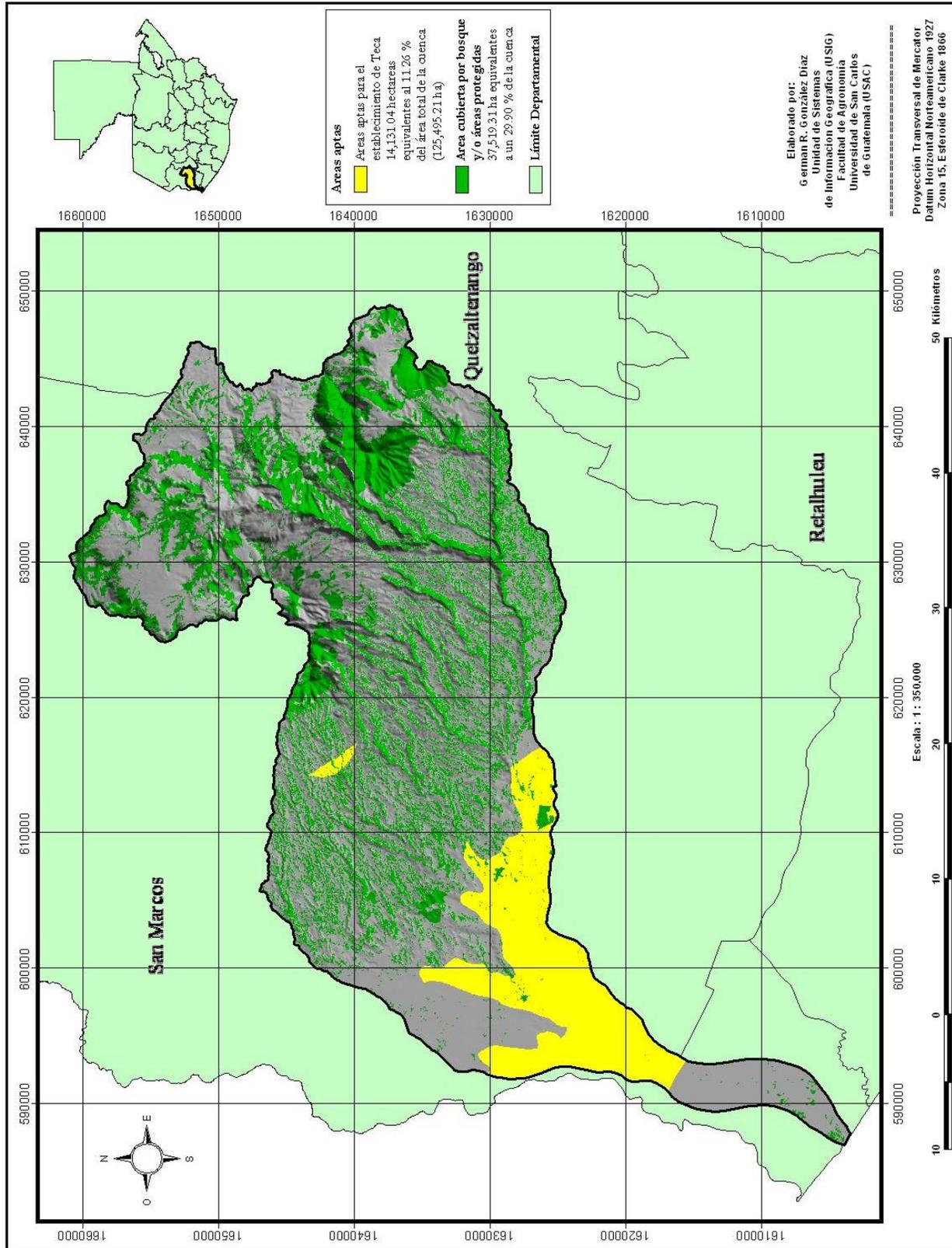


Figura 19. Mapa de áreas aptas para el establecimiento de Teca (*Tectona Grandis* L.)

De las 14,131.04 hectáreas identificadas aptas para el establecimiento de Teca (*Tectona grandis* L.), que son un poco más de 11% de la superficie total de la cuenca, se deduce que el restante 89% no tiene aptitud para el establecimiento para esta especie, pudiéndolo tener para otras especies que puedan establecerse en dichas áreas.

Las superficies aptas para el establecimiento de Teca, se distribuyen en 8 municipios de los Departamentos de Quetzaltenango y San Marcos, teniendo un mayor porcentaje en los municipios de Tecún Umán y Pajapita, los dos del Departamento de San Marcos. (Cuadro 21)

Cuadro 21. Municipios con áreas aptas para el establecimiento de Teca (*Tectona grandis* L.) en la Cuenca del Río Naranjo

Departamento	Municipio	Superficie del municipio (km ²)	Superficie de áreas potenciales (km ²)	% de superficie potencial dentro del municipio
Quetzaltenango	Coatepeque	418.65	28.7555	6.87%
	Colomba	205.68	0.0036	0.00%
San Marcos	Tecún Umán	118.66	36.1513	30.47%
	Catarina	81.41	0.1259	0.15%
	El Tumbador	165.7	1.7412	1.05%
	Nuevo Progreso	140.41	9.3624	6.67%
	Ocós	151.77	0.1276	0.08%
	Pajapita	131.12	65.0431	49.61%
Total			141.3106	

Para las superficies identificadas aptas para el establecimiento de esta especie, pueden optar al plan de incentivos forestales para repoblar esas áreas que además de ser aptas, no tienen cobertura forestal actual, lo cual puede ser una opción de diversificación de los cultivos que la ocupan. El cultivo de café en esas zonas es una opción para este cambio, debido a que las zonas identificadas se encuentran en elevaciones sobre el nivel del mar, menores a 850 mts., debido a que los cafés ubicados en esas zonas no tienen opción de venderse en mercados que sean bien pagados.

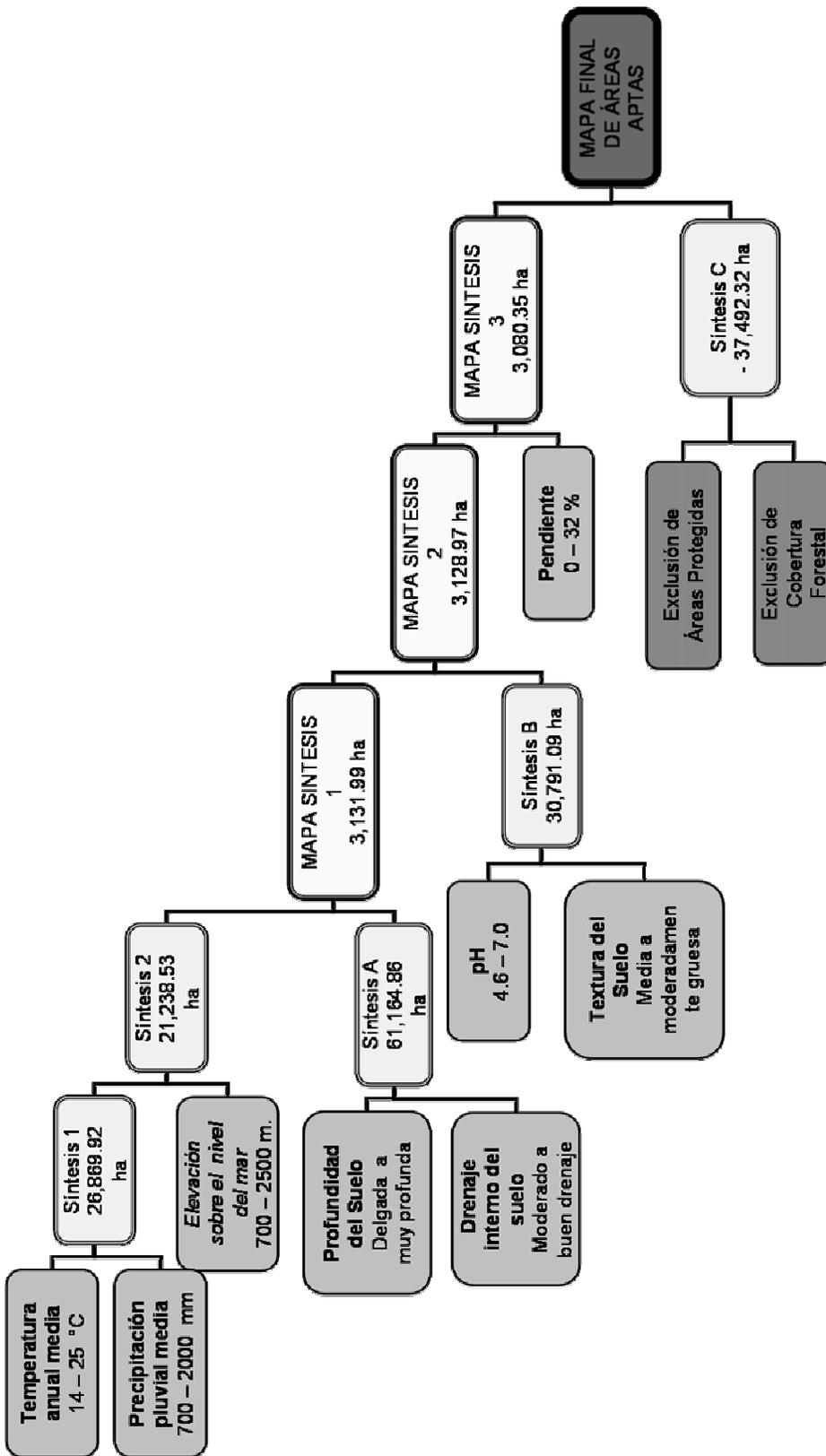


Figura 20. Flujoograma final y cuantificación de superficies parciales desarrolladas en la identificación de áreas óptimas para el establecimiento de Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl)

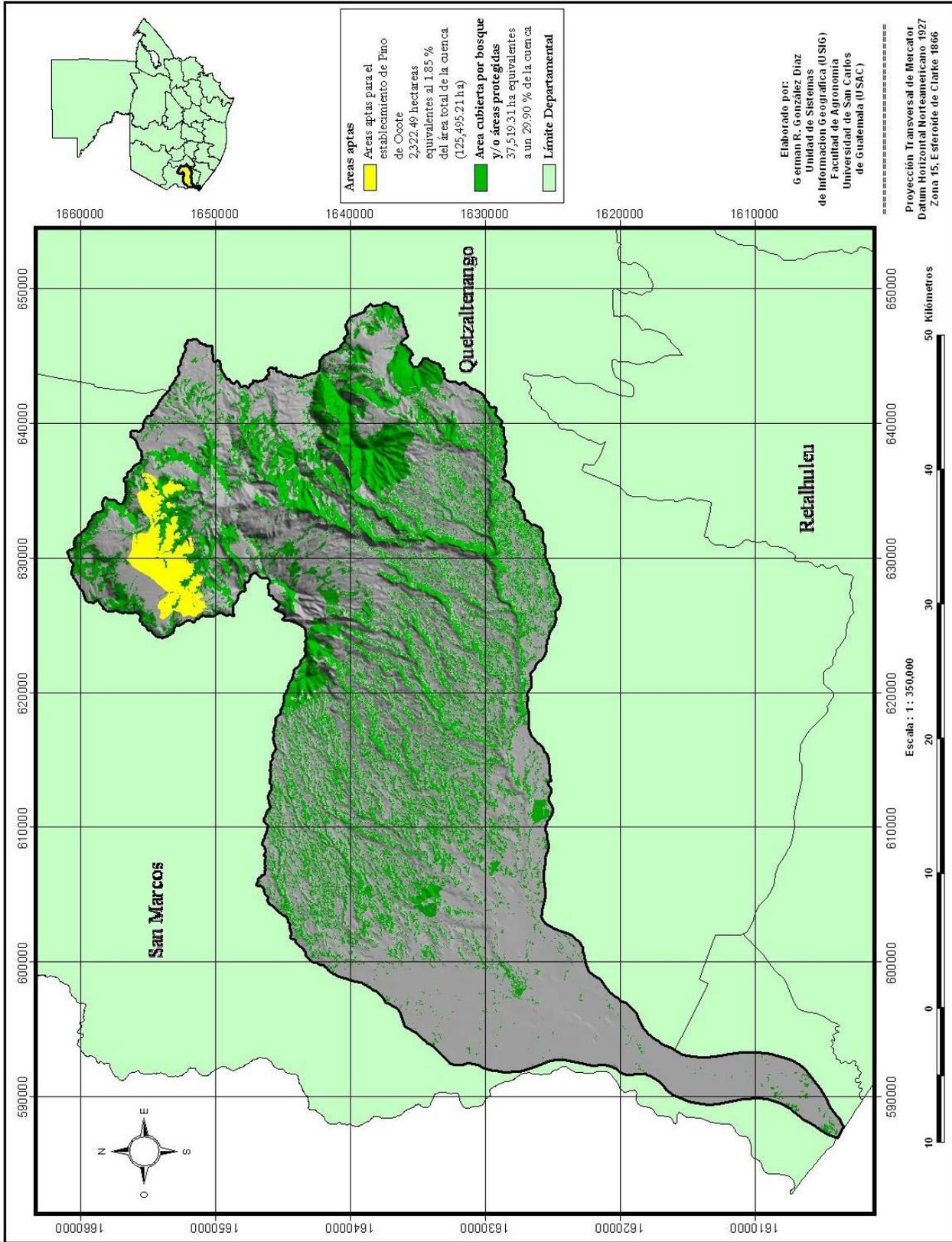


Figura 21. Mapa de áreas aptas para el establecimiento de Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl)

De las 2,232.49 hectáreas identificadas aptas para el establecimiento de Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl.), que son de 1.5 % de la superficie total de la cuenca, se deduce que el restante 98.5% no tiene aptitud para el establecimiento para esta especie, pudiéndolo tener para otras especies que puedan establecerse en dichas áreas.

Las superficies aptas para el establecimiento de Pino de ocote, se distribuyen en 3 municipios del Departamento de San Marcos, teniendo un mayor porcentaje en municipio de San Pedro Sacatepéquez con un 11.61% de la superficie total del municipio. (Cuadro 22)

Cuadro 22. Municipios con áreas aptas para el establecimiento de Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl) en la Cuenca del Río Naranjo

Departamento	Municipio	Superficie del municipio (km ²)	Superficie de áreas potenciales (km ²)	% de superficie potencial dentro del municipio
San Marcos	San Antonio Sacatepéquez	47.31	1.7467	3.69%
	San Marcos	120.54	8.3412	6.92%
	San Pedro Sacatepéquez	77.37	8.9826	11.61%
Total			19.0705	

Como se puede observar en el Cuadro 22, el municipio de San Pedro Sacatepéquez tiene el mayor porcentaje de superficies potenciales, pero debido a una densidad poblacional de de 750 hab. /km², tiene un alto impacto de presión de esta población sobre el territorio que ocupa el municipio, donde para hacer una reforestación de las áreas y tomando en cuenta que se puede ubicar Pino de Ocote, tendrán que realizarse políticas y programas de reforestación para repoblar áreas de captación de agua, captura de carbono, reducción de deslizamientos, entre otros.

Para las superficies identificadas aptas para el establecimiento de esta especie, pueden optar al plan de incentivos forestales para repoblar esas áreas que además de ser aptas, no tienen cobertura forestal actual, lo cual puede ser una opción de diversificación de los cultivos que la ocupan.

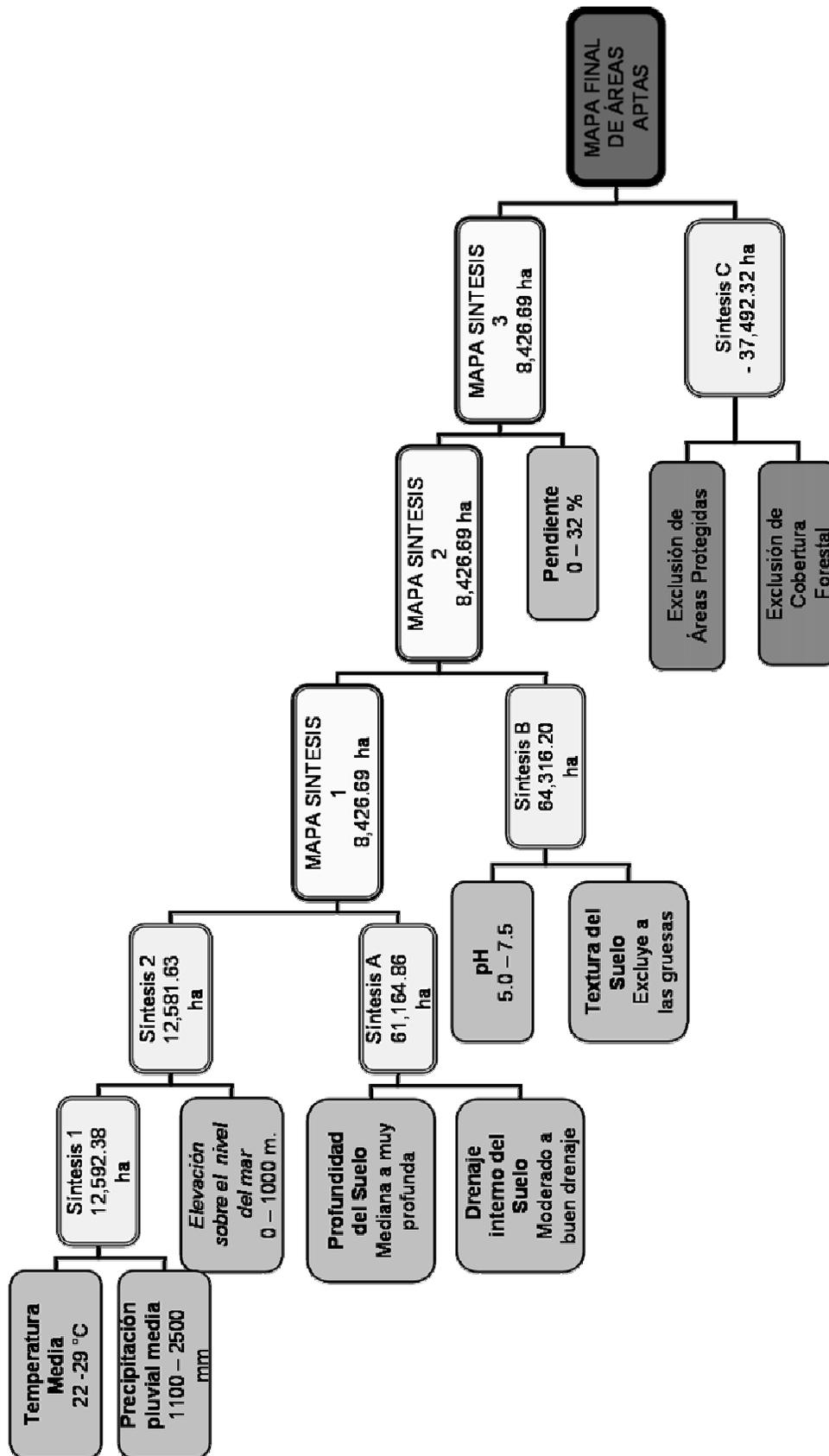


Figura 22. Flujograma final y cuantificación de superficies parciales desarrolladas en la identificación de áreas óptimas para el establecimiento de Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert)

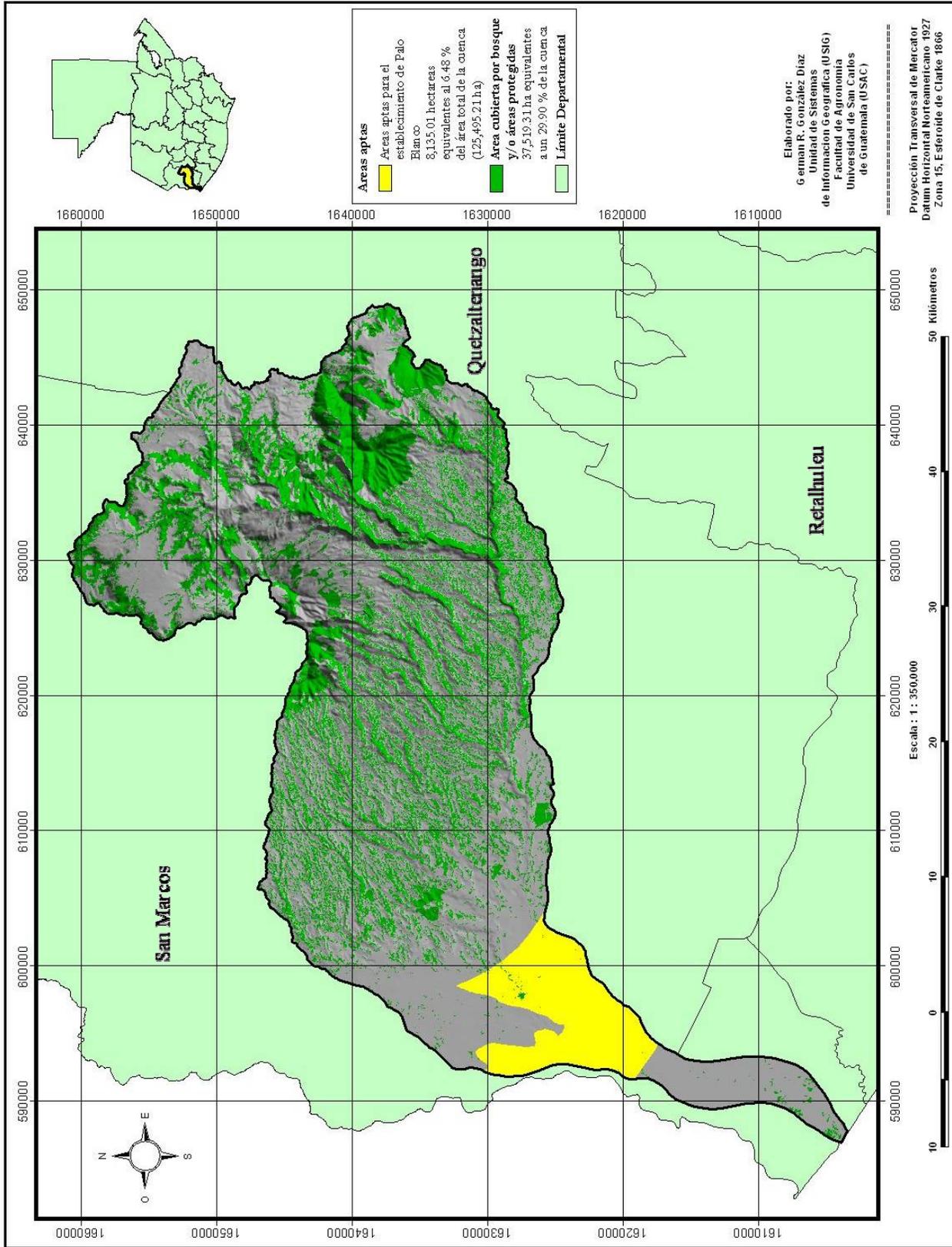


Figura 23. Mapa de áreas aptas para el establecimiento de Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert)

De las 8,135.01 hectáreas identificadas aptas para el establecimiento de Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert), que son un poco más de 6% de la superficie total de la cuenca, se deduce que el restante 94% no tiene aptitud para el establecimiento para esta especie, pudiéndolo tener para otras especies que puedan establecerse en dichas áreas.

Las superficies aptas para el establecimiento de Palo Blanco, se distribuyen en 3 municipios de los Departamentos de Quetzaltenango y San Marcos, teniendo un mayor porcentaje en los municipios de Tecún Umán y Pajapita, los dos del Departamento de San Marcos. (Cuadro 23)

Cuadro 23. Municipios con áreas aptas para el establecimiento de Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert) en la Cuenca del Río Naranjo

Departamento	Municipio	Superficie del municipio (km ²)	Superficie de áreas potenciales (km ²)	% de superficie potencial dentro del municipio
Quetzaltenango	Coatepeque	418.65	10.0992	2.41%
San Marcos	Tecún Umán	118.66	29.3282	24.72%
	Pajapita	131.12	41.923	31.97%
Total			81.3504	

También se puede observar que de los municipios que tienen mayor porcentaje de áreas aptas, el que menor presión de población tiene es el municipio de Pajapita, San Marcos, con una densidad poblacional de 127 hab. /km².

Para las superficies identificadas aptas para el establecimiento de esta especie, pueden optar al plan de incentivos forestales para repoblar esas áreas que además de ser aptas, no tienen cobertura forestal actual, lo cual puede ser una opción de diversificación de los cultivos que la ocupan. Debido a que las superficies aptas para el establecimiento de esta especie, en esta cuenca están ubicadas debajo de 70 msnm, pueden buscarse áreas que estén ocupadas por cultivos tradicionales.

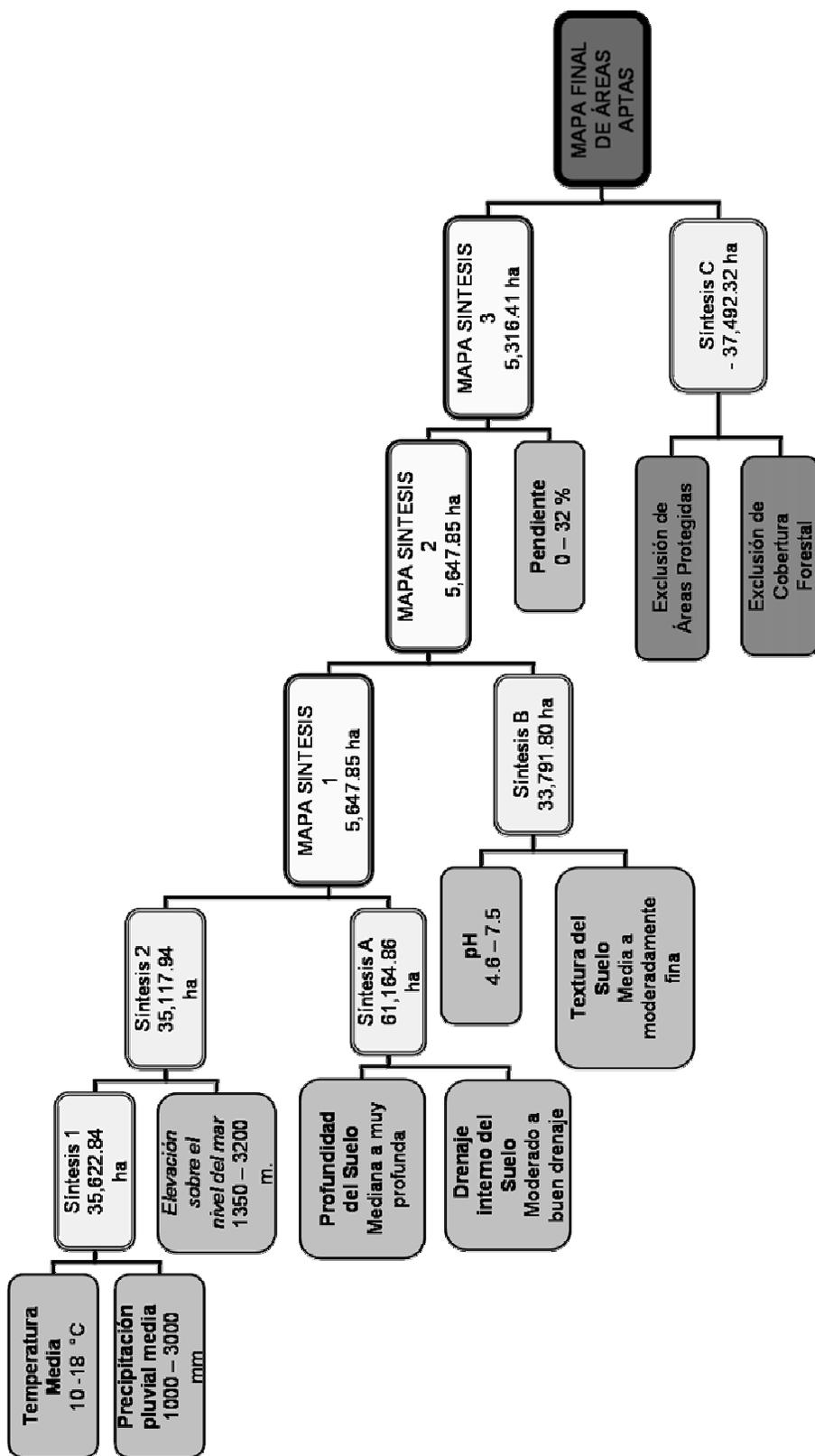


Figura 24. Flujoograma final y cuantificación de superficies parciales desarrolladas en la identificación de áreas óptimas para el establecimiento de Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill)

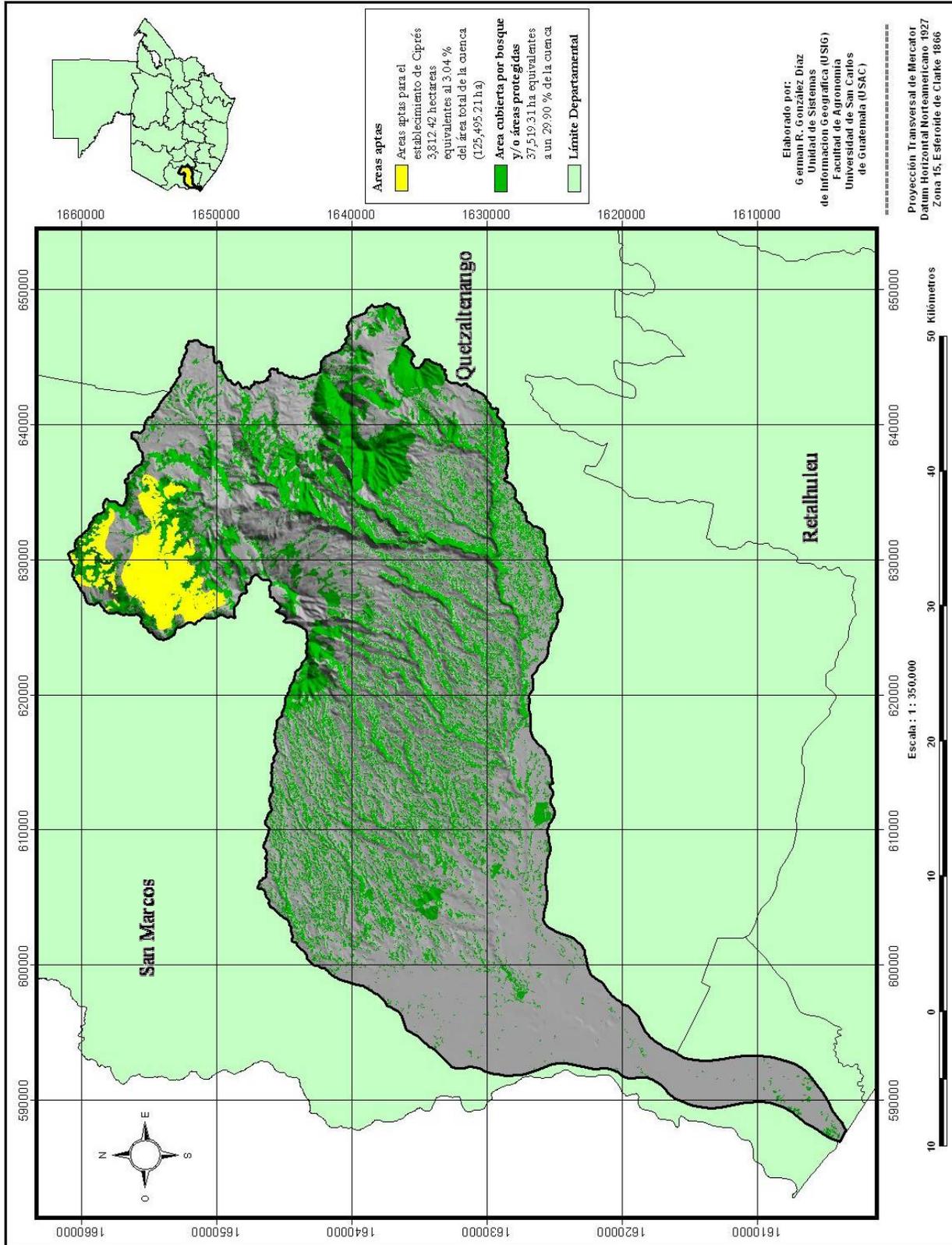


Figura 25. Mapa de áreas aptas para el establecimiento de Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill)

De las 2,232.49 hectáreas identificadas aptas para el establecimiento de Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.), que son un poco más de 3 % de la superficie total de la cuenca, se deduce que el restante 97% no tiene aptitud para el establecimiento para esta especie, pudiéndolo tener para otras especies que puedan establecerse en dichas áreas.

Las superficies aptas para el establecimiento de Ciprés, se distribuyen en 5 municipios del Departamento de San Marcos, teniendo un mayor porcentaje en municipio de San Pedro Sacatepéquez con un 19.68% de la superficie total del municipio. (Cuadro 24)

Cuadro 24. Municipios con áreas aptas para el establecimiento de Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) en la Cuenca del Río Naranjo

Departamento	Municipio	Superficie del municipio (km ²)	Superficie de áreas potenciales (km ²)	% de superficie potencial dentro del municipio
San Marcos	Esquipulas Palo Gordo	50.52	6.848	13.56%
	San Antonio Sacatepéquez	47.31	1.8183	3.84%
	San Lorenzo	44.83	0.0596	0.13%
	San Marcos	120.54	14.1714	11.76%
	San Pedro Sacatepéquez	77.37	15.2275	19.68%
Total			38.1248	

Como se puede observar en el cuadro 24, El municipio que más porcentaje de áreas aptas tiene para la especie de Ciprés es San Pedro Sacatepéquez, el cual tiene una densidad poblacional de de 750 hab. /km², lo cual tiene un alto impacto de presión de esta población sobre el territorio que ocupa el municipio, donde para hacer una reforestación de las áreas y tomando en cuenta que se puede ubicar Ciprés, tendrán que realizarse políticas y programas de reforestación para repoblar áreas de captación de agua, captura de carbono, reducción de deslizamientos, entre otros.

Para las superficies identificadas aptas para el establecimiento de esta especie, pueden optar al plan de incentivos forestales para repoblar esas áreas que además de ser aptas, no tienen cobertura forestal actual, lo cual puede ser una opción de diversificación de los cultivos que la ocupan.

5. Análisis de opciones de diversificación en el mediano plazo

A partir de las áreas potenciales identificadas para las especies investigadas, se hace posible hacer una planificación y priorización de zonas en las cuales se podrían ubicar plantaciones de estas. Debido a la caída de los precios del grano de café en los tipos “suaves y extremadamente suaves”, los cuales se ubican debajo de 850 metros sobre el nivel del mar, y dado a que en la cuenca existen plantaciones de café en estas condiciones, se ve la oportunidad de poder seleccionar dichas áreas para realizar plantaciones forestales con las especies identificadas para reconvertir dichas áreas en zonas actualmente abandonadas o sin cuidados en zonas forestales productivas.

Al mismo tiempo, poder aprovechar el Programa de Incentivos forestales –PINFOR–, que presenta una opción subsidiada de reforestar y hacer productivas áreas que tienen cultivos sin manejo, y que según lo reportado en el INAB, solo existe un propietario dentro de esta parte de la cuenca (parte baja), que está actualmente aprovechando este incentivo, lamentablemente las plantaciones están en tierras con bajas pendientes, lo cual implica un “subuso” de la tierra.

Dentro de este escenario se podrían incluir las áreas aptas de las especies de Palo Blanco y Teca, debido a que dentro de la cuenca se ubicaron sus áreas óptimas dentro de el rango de elevación de 0 – 850 msnm, lo cual nos da una superficie 22,000 ha., para realizar una reconversión de las superficies que están actualmente plantadas con cultivo de café que se encuentren sin producción y sin practicas de manejo.

8. CONCLUSIONES

1. Se localizaron los espacios geográficos de la Cuenca del Río Naranjo donde existen áreas aptas para el establecimiento de las cuatro especies forestales investigadas.
2. De las bases de datos generadas, con algunas limitantes de detalle, tanto en las bases geográficas como las bases alfanuméricas, permitieron conocer la información climática, topográfica y edáfica, relativa a las condiciones necesarias para el establecimiento de las cuatro especies forestales investigadas.
3. Se identificaron dentro de la cuenca áreas que son potenciales para las cuatro especies forestales estudiadas, distribuidos en 13 municipios de los Departamentos de Quetzaltenango y San Marcos, encontrándose que las especies de latifoliadas las que tuvieron una mayor superficie potencial para el establecimiento en comparación con las especies de coníferas investigadas.
4. Se determinaron las superficies potenciales identificadas para cada especie, las cuales fueron: Para la especie de Teca (*Tectona grandis* L.) se identificó una superficie de 14,131.04 ha., correspondientes a un 11.26% de la superficie total de la cuenca; para la especie de Pino de Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl) se identificó una superficie de 2,322.49 ha., correspondientes a un 1.85% de la superficie total de la cuenca; para la especie de Palo blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert) se identificó una superficie de 8,135.01 ha., correspondientes a un 6.48% de la superficie total de la cuenca; para la especie de Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) se identificó una superficie de 3,812.42 ha., correspondientes a un 3.04% de la superficie total de la cuenca.
5. La metodología aplicada en el presente trabajo de investigación salvo algunas limitaciones, permitió la toma de decisiones sobre la factibilidad de expandir la superficie de las áreas potenciales, o en su caso, la reubicación o cambio de éstas en áreas donde las especies no satisfacen sus requerimientos ambientales óptimos para expresar el máximo potencial de establecimiento.
6. El elemento mas importante del proceso metodológico, fue la reducción en el tiempo para el manejo de la base de datos y poder determinar las superficies para cada especie investigada.

9. RECOMENDACIONES

1. Es posible aplicar los procesos empleados en este estudio para otras áreas del país, sean estas limitadas por espacios de división político-administrativos o espacios naturales (cuencas o ecosistemas), utilizando herramientas tales como los Sistemas de información geográfica se proporcionará facilidad para la toma de decisiones, debido a las ventajas que estos instrumentos prestan al análisis espacial y al manejo de datos alfanuméricos integrados con lo geográfico.
2. Es imprescindible actualizar periódicamente las bases de datos generadas, para que la información obtenida pueda ser real en cualquier tiempo y minimizar así los márgenes de error en aplicaciones tales como ordenamiento territorial.
3. Se considera necesario realizar estudios de validación de características tanto climáticas como edáficas para el establecimiento las especies, debido a que, si bien existe información, ésta es de carácter regional y nacional, por lo cual no refleja las condiciones para una cuenca o micro región. Además de incorporar a los análisis por especie, variables como requerimientos térmicos por etapa fenológica, unidades de suelo que restrinjan o aumenten las áreas con potencial.
4. La información generada en los análisis por especie plasma las áreas potenciales y este debe validarse en campo a través de la georeferenciación de sitios, de tal forma que permita cotejarla con el historial de producción de las plantaciones.
5. A partir de la información que se derivará del Catastro Nacional, especialmente lo relativo a la tenencia de la tierra, podrá coadyuvar a una mejor aplicación del presente estudio y por ende a la planificación forestal.
6. Las superficies geográficas identificadas para cada especie pueden utilizarse para poder ingresar al Programa de Incentivos Forestales – PINFOR, donde se pueden identificar áreas que actualmente estén cultivadas con el cultivo de Café en zonas donde su producción no es rentable

10. BIBLIOGRAFIA

1. Andrade, A; Amaya, M. 1994. Ordenamiento territorial: una aproximación metodológica y conceptual. Codazzi, Bogotá, Colombia, Instituto Geográfico Agustín. 25 p.
2. Briscoe, Ch. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Turrialba, CR, CATIE. 45 p. (Informe Técnico no. 270).
3. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1991. Teca: (*Tectona grandis*); especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR. 3 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 179).
4. _____. 1991. Palo blanco: (*Cybistax donnell smithii* (Rose) Seibert). Chaves, E; Fonseca, W; especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR. 3 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 141).
5. _____. 1994. Ciprés: (*Cupressus lusitanica*). Chaves, E; Fonseca, W; especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR. 3 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 168).
6. _____. DIGEBOS (Dirección General de Bosques y Vida Silvestre, GT). 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del Proyecto Madeleña en Guatemala. Ed. L Ugalde. Guatemala. 100 p.
7. Chand, S; Mohanan, C; Sankar, S. 1997. Teak. *In* International Teak Symposium (1997, Thiruvananthapuram, Kerala, India). Proceedings. India, Kerala Forest Department / Kerala Forest Research Institute. p. 7-15.
8. Dollfus, O. 1975. El espacio geográfico. Barcelona, España, Oikos-Tau. 150 p.
9. _____. 1978. El análisis geográfico. Barcelona, España, Oikos-Tau. 75 p.
10. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 1996. Base de datos Ecocrop1: crop environmental requirements. Roma, Italia. 950 p.
11. Ford, R; Eastman, R; Toledano, J; Gibson, A. 1990. An introduction to geographic information systems for resource management. Worcester, Massachusetts, US, SARSA / Clark University / Institute for Development Anthropology / Virginia Polytechnic Institute. 190 p.
12. Geilfus, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Turrialba, CR, ENDA-CARIBE / CATIE. 149 p.
13. Gottmann, J. 1973. The significance of territory. Virginia, US, The University Press of Virginia. 165 p.

14. ICRAF (International Centre for Research in Agroforestry, NA). 2004. Agroforestry Database (en línea). Nairobi. Consultado 1 abr. 2004. Disponible en <http://www.worldagroforestry.org/Sites/TreeDBS/AFT/AFT.htm>.
15. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1999. Ciprés común: ficha técnica de especies. Guatemala. 1 p. (Serie Técnica 3).
16. _____. 1999. Palo blanco: ficha técnica de especies. Guatemala. 1 p. (Serie Técnica 8).
17. _____. 1999. Pino de ocote: ficha técnica de especies. Guatemala. 1 p. (Serie Técnica 1).
18. _____. 1999. Teca: ficha técnica de especies. Guatemala. 1 p. (Serie Técnica 4).
19. Laurie, V. 1939 Citado por Chand, B; Mohanan, C; Sankar, S. 1997. *In* International Teak Symposium (1997, Thiruvananthapuram, Kerala, India). Proceedings. India, Kerala Forest Department / Kerala Forest Research Institute. p. 8.
20. Lücke, O. 1986. Consideraciones básicas sobre la aplicación de metodologías de análisis en la planificación del uso de la tierra y la toma de decisiones. Turrialba, Costa Rica, CATIE - Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. 11 p.
21. _____. 1998. Base conceptual y metodología para los escenarios de ordenamiento territorial: informe final de consultoría segunda contratación proyecto de apoyo al SINADES ATN/SF/4717-CR. San José, Costa Rica, BID. 16 p.
22. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT) / UPIE (Unidad de Políticas e Información Estratégica, GT) / PAFG (Programa de Acción Forestal para Guatemala, GT). 1999. Readequación cartográfica del mapa de series de suelos de la república de Guatemala: Memoria técnica. Guatemala. 50 p.
23. _____. 2001. Plan de manejo de la cuenca del río Naranjo: programa de emergencia por desastres naturales. Guatemala, Proyecto de Cuencas Estratégicas. 319 p.
24. Maxted, N; Van Slageren, MW; Rihan, JR. 1982. Ecogeographic surveys and biological sciences. Birmingham, Edgbston. 33 p.
25. Morales, R; Siekavizza, C; Pérez, A. 1991. Un análisis de recursos naturales para su integración: base de datos: ubicación de especies por requerimientos de clima y suelo. Guatemala, SEGEPLAN. 900 p.
26. Orlich, D. 1998. Sistemas de información geográfica para la toma de decisiones: informe final de consultoría segunda contratación proyecto de apoyo al SINADES ATN/SF/4717-CR. San José, Costa Rica, BID. 11 p.
27. Salazar, R. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales en América Latina. Turrialba, CR, CATIE. 204 p.

28. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
29. Tobías, H; Lira, E. 1999. Memoria técnica: primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Políticas e Información Estratégica. 75 p.
30. Troup, W.. 1921 Citado por Chand, B; Mohanan, C; Sankar, S. 1997 *In* International Teak Symposium (1997, Thiruvananthapuram, Kerala, India). Proceedings. India, Kerala Forest Department / Kerala Forest Research Institute. p. 8.
31. Velásquez, MS. 1994. Sistemas de información geográfica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 164 p.

11. APENDICE

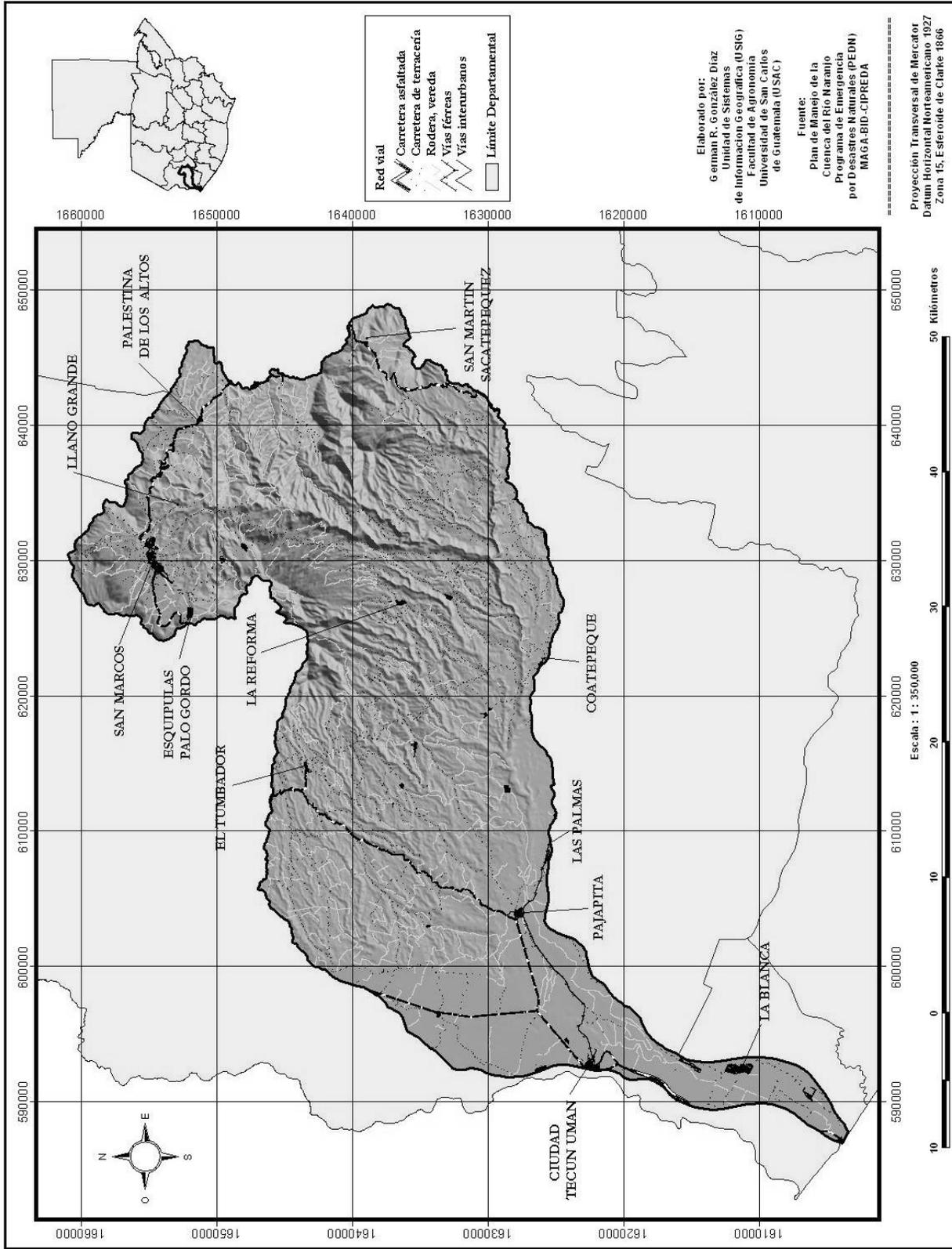


Figura 26 “A”. Mapa de Ubicación de la Cuenca del Río Naranjo

Cuadro 25 "A". Base de datos con información acerca de la aptitud de las especies

No.	GENERAL		ELEVACION						TEMPERATURA					
	Nombre común	Nombre científico	Desfavorable Mínima	Margín al Mínima	Mínima favorable	amplitud de rango	Máxima favorable	Margín al Máxima	Desfavorable Máxima	Marginal mínima	Mínima favorable	amplitud de rango	Máxima favorable	Margín al Máxima
				0			1000		8	17		33	38	
				0			1000							
				0			1000		24				32	
				0			1200		14				38	
				0			1000							
				0			1000		13	25		28	35	
				0			1000							
				0			1200		5	15.5		37.7	48	
1	Teca	<i>Tectona grandis</i>		0	0	500	1000	> 1000	< 22	22	5	29	29	> 29
				600			2500							
				700			2500							
				1500			2400		12				24	
				600			1200			13		23		
				700			2500		10	16		30	34	
2	Pino de Ocoté	<i>Pinus oocarpa</i>	< 400	700	800	400	1200	> 2500	< 14	14	3	23	25	> 25
				0			600		22				35	
				0			1000		39				28	
									17	22		28	34	
				350			1000							
				0			500		18				32	
3	Palo Blanco	<i>Cylindropuntia acanthodes</i>		0	0	300	1000	> 1000	< 22	22	5	29	29	> 29
				900	1400		3000							
				1000			4000		12				30	
					2200		3300			12				
					2200		3300		meses anuales mayor 12					
				1500			3000							
				2000			2800		12				24	
					1500		2500		superior a 12					
4	Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	< 2000	1350	2200	800	3200	> 3200	< 10	10	4	16	18	> 18

No.	GENERAL		PRECIPITACION						TEXTURA				PROFUNDIDAD		
	Nombre común	Nombre científico	Desfavorable Mínima	Marginal Mínima	Mínima Favorable	amplitud de rango	Máxima Favorable	Marginal Máxima	Desfavorable Máxima	Favorable	Marginal	Desfavorable	Favorable	Marginal	Desfavorable
				150	300		600	800		WF		M		S	
				750	1300		3800	5000							
				1000				2000		LM				Prof.	
				600	1200		3500	4000				pastorola			
					1250		2500					pastorola			
				850	1250		2500	3650				franco arenoso, fco arcilloso			
					1250		2500					90			
1	Teca	Tectona grandis	<1000	1000	1500	1000	2500	4000	>4000	Mediana	Muy fina	Profundo	Profundo	Mediano	Delgado
				1000			2000	2000							
				750				1500		LMP				15	Supraf.
				1000											
				650											
				700	1000		1700	3000		LM					
2	Pino de Ocotle	Pinus oocarpa	<700	700	1200	600	1800	2000	>2000	Mediana	Muy fina	Delgado	Delgado	Muy delgado	
				1200				3000				profundos			
				9000				3000				profundos			
				9000	1600		2400	3000		LM		D		M	
				1250				2500				125			
				1000				2000		LM				Prof.	
3	Palo Blanco	Cyathostemma aureum	<1000	1100	1500	1000	2500	2500	>3000	Mediana	Muy fina	Profundo	Profundo	Mediano	Delgado
				1300				2300				Muy prof.		Lugares	
				800				1500				profundos			
				3000				4000				profundos			
												fco arenoso, fco arcilloso			
				1000				1700							
				2000				2500		MP				Prof.	
				3000				3000							
				5000	1500		2000	2500		M		D		M	
4	Ciprés	Cupressus lusitánica	<1000	1000	1200	1300	2500	3000	>3000	Moderadamente Fina	Muy fina	Profundo	Profundo	Mediano	Delgado

No.	GENERAL			DRENAJE					pH				FUENTES CONSULTADAS
	Nombre especie	Nombre científico	Favorable	Marginal	Desfavorable	Mínima Desfavorable	Mínima marginal	Mínima favorable	amplitud rango	Máxima favorable	Máxima Marginal	Máxima Desfavorable	
			W	W/E			5.0	5.5		6.5	7.0		Base de Datos Escoropl. 1999.
			Buen drenaje	B			6.5				7.0		Bilcoza, Ch. 1995.
			bien drenado				6.5						Base de Datos Siegelman. 1991.
			bien drenado				6.5						Agüerocheche Delabara (en línea, 2000)
			bien drenado				resabido o acido						Gelinas, F. 1994.
			bien drenado					6.5		7.5			CATIE. 1989. Informe Técnico No. 139
			bien drenado					6.5		7.5			INAB. 1999. Ficha Técnica de Especies 4
1	Teca	<i>Tectona grandis</i>	Buen drenaje	Drenaje moderado	Drenaje imperfecto	<4.6	6.0	5.5	1.5	7.0	7.5	>7.5	Trop. 1921; Lunde, 1939
													Gelinas, F. 1994.
							5						INAB. 1999. Ficha técnica de especies 1.
				B			4.5				6.5		Base de Datos Siegelman. 1991.
							4.5				6.8		Solazar, R. 2000.
			W	W			4.5	5.5		6.5	7.5		Base de Datos Escoropl. 1999.
2	Pino de Ocote	<i>Pinus oocarpa</i>	Buen drenaje	Drenaje moderado	Drenaje imperfecto	<4.6	4.6	5.5	1.0	6.5	7.0	>7.0	Resultado
			bien drenado				6.0						Nota Técnica no. 141, CATIE.
			bien drenado	drenaje moderado			5.5				7.5		Base de Datos Escoropl. 1999.
			W	W			5.0	5.5		6.5	7.5		Nota Técnica no. 141, CATIE.
			bien drenado										Base de Datos Escoropl. 1999.
													Gelinas, F. 1994.
								6.5		7.2			INAB. 1999. Ficha Técnica de Especies 8.
				MES			5.5				7.0		Base de Datos Siegelman. 1991.
3	Palo Blanco	<i>Cyathax donnell-smithii</i>	Buen drenaje	Drenaje moderado	Drenaje imperfecto	<5.0	5.0	5.5	1.0	6.5	7.5	>7.5	Resultado
			Muy bueno	Buena									Gelinas, F. 1994.
			bien drenado										Agüerocheche Delabara (en línea, 2000)
			bien drenado										CATIE. 1989. Result. de 10 años de Invest.
													Solazar, R. 2000.
								6.5		7.5			INAB. 1999. Ficha Técnica de Especies 3
				B			4.5				6.5		Base de Datos Siegelman. 1991.
			buen drenaje				suaves resultados						CATIE. 1994. Informe Técnico no. 168
			W	W			5.0	5.5		6.5	7.5		Base de Datos Escoropl. 1999.
4	Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	Buen drenaje	Drenaje moderado	Drenaje imperfecto	<4.6	4.6	5.0	1.5	6.5	7.5	>7.5	Resultado