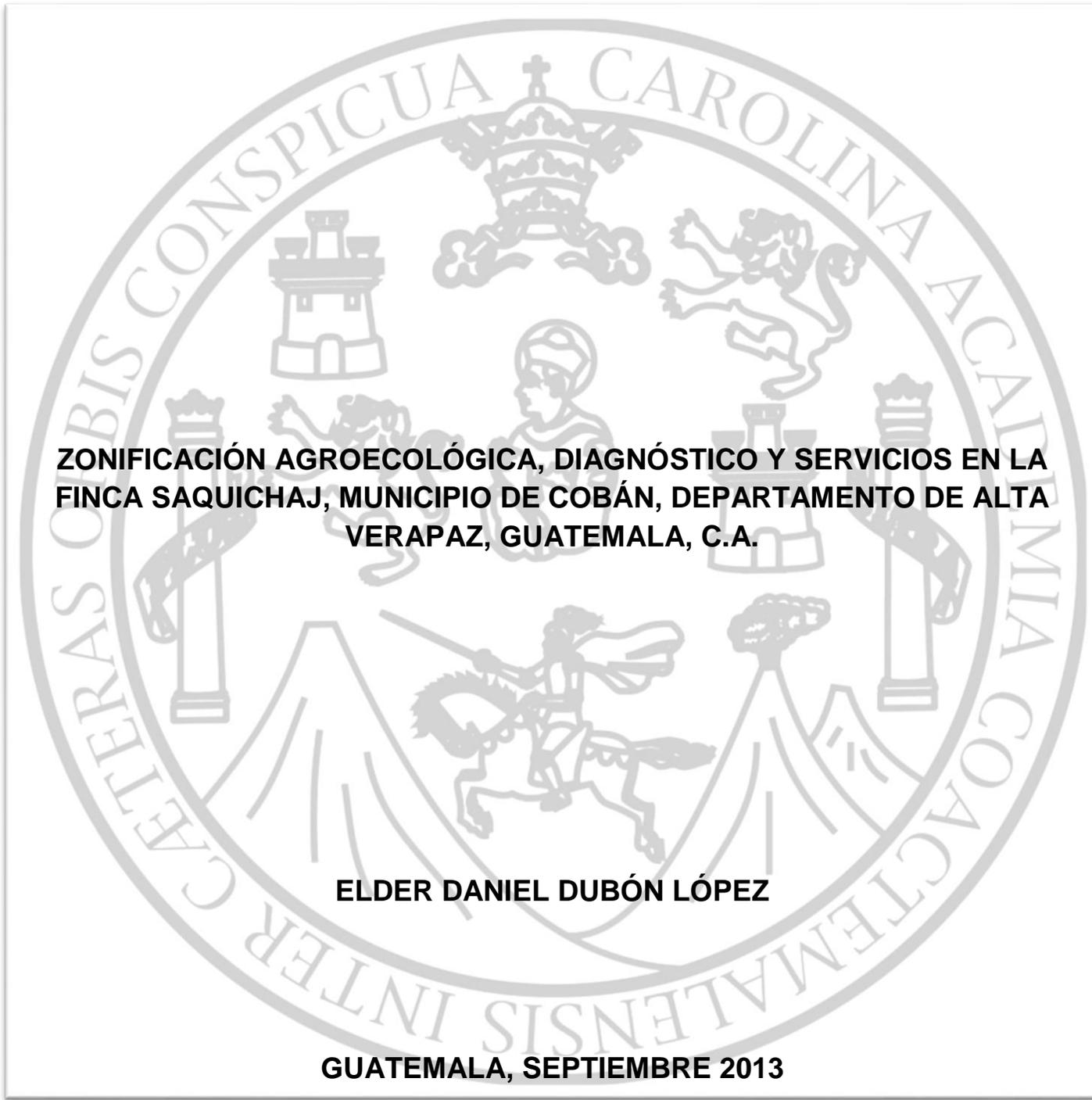


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA EPSA



**ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA
FINCA SAQUICHAJ, MUNICIPIO DE COBÁN, DEPARTAMENTO DE ALTA
VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

ELDER DANIEL DUBÓN LÓPEZ

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA EPSA

**ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA, DIAGNOSTICO Y SERVICIOS
REALIZADO EN LA FINCA SAQUICHAJ, DE LA EMPRESA REFINSA**

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

POR

ELDER DANIEL DUBÓN LÓPEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO
DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortíz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Msc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	P.F. Sindy Benita Simón Mendoza
VOCAL QUINTO	Br. Camilo José Wolford Ramírez
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, septiembre de 2013

Guatemala, septiembre de 2013

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

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, la zonificación agroecológica, diagnóstico y servicios en la **Finca forestal Saquichaj, de la empresa REFINSA**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Elder Daniel Dubón López

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Inmensa sabiduría y ejemplo para el hombre, Fuente de vida, amor e inteligencia.

MI MADRE: Irma Mirtala López Ruiz, ejemplo de fortaleza, amor y sabiduría, una mujer tan fuerte y valiosa para mí, gracias por tu apoyo, esfuerzos y sacrificios para darme siempre lo mejor. A Dios gracias por tenerte a mi lado.

MI PADRE: Amado Dubón Batres, quien me dio el ejemplo de ser respetado y reconocido por lo que uno es en realidad y que jamás debe desviarse del camino correcto.

MI HERMANO: Juan Fernando Dubón López, como un agradecimiento por tu amor y forma de ser, Gracias por escucharme

MI ABUELITA: Cristobalina Ruiz, gracias por su gran cariño, y por haber sido el pilar de unión para la familia. (QEPD)

MIS TIOS: Elvio López y Cesar López, que me han demostrado su amor y apoyo a través de permanecer siempre a mi lado en momentos difíciles y por sus sabios consejos. Infinitas gracias

MI FAMILIA: Aury López, Mayra López, David López, Desiré López, gracias por ser consuelo, sonrisas y buenos recuerdos en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR

Dr. Marvin Salguero Barahona

Por tomarse el tiempo que requirió la programación, evaluación y culminación de este documento, así también por ser mi amigo y un tutor para mí. Infinitas gracias por apoyarme, que Dios le bendiga a usted y su familia

A MI SUPERVISOR

Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola

Gracias por el apoyo incondicional mostrado en todo el proceso de formación, que requirió el Ejercicio Profesional Supervisado y por la paciencia y responsabilidad en la revisión del documento de graduación, gracias por enseñarme que cuando las cosas se realizan con responsabilidad y amor, finalizan con éxito, infinitas gracias.

A MIS MAESTROS

Ing. Guillermo Santos, Ing. Hugo Tobías e Inga. Mónica Aldana, que son parte importante de mi formación académica y mi saber. Gracias a ellos comprendo la siguiente frase: “en el estudio las raíces son amargas, pero sus frutos son dulces”.

A

Aquellas personas que por ser muchas no recuerdo sus nombres, pero que sé que estuvieron dándome su apoyo, que Dios derrame bendiciones sobre cada uno de ustedes.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
Resumen General.....	vii
1 Capítulo I	1
1.1 Presentación.....	2
1.2 Marco referencial	3
1.2.1 Antecedentes de la finca	3
1.2.2 Ubicación geográfica, vías de acceso e infraestructura	4
1.2.3 Colindancia.....	4
1.2.4 Régimen de propiedad	5
1.2.5 Zona de vida.....	5
1.2.6 Suelos	6
1.2.7 Geología.....	6
1.2.8 Topografía	7
1.2.9 Hidrografía.....	7
1.2.10 Fisiografía.....	7
1.3 Objetivos	10
1.3.1 General.....	10
1.3.2 Específicos	10
1.4 Metodología.....	11
1.4.1 Recabar información existente	11
1.4.2 Generar información	11
1.5 Resultados	12
1.5.1 Bosque natural	12
1.5.2 Bosque secundario (guamil)	13
1.5.3 Proyectos de reforestación maduros	13
1.5.4 Plantaciones forestales jóvenes (menores a 10 años).....	14
1.5.5 Condiciones de los proyectos	16
1.5.6 Priorización de servicios	20
1.5.7 Plan de investigación.....	20
1.6 Conclusiones	21
1.7 Recomendaciones	22

Contenido	Página
1.8 Bibliografía	23
2 Capítulo II	24
2.1 Presentación.....	25
2.2 Marco Teórico.....	26
2.2.1 Marco Conceptual	26
2.2.2 Marco Referencial	47
2.3 Objetivos	59
2.3.1 General.....	59
2.3.2 Específicos.....	59
2.4 Metodología.....	60
2.4.1 Caracterizar los suelos y las tierras de la finca	60
2.4.2 Describir las características hidroclimáticas de la finca.....	67
2.4.3 Formular lineamientos de manejo de las diferentes áreas de la finca	70
2.5 Resultados	72
2.5.1 Unidades fisiográficas – geomorfológicas.....	72
2.5.2 Estudio de capacidad de uso de la tierra	75
2.5.3 Uso y Cobertura del suelo	88
2.5.4 Intensidad de uso de la tierra.....	89
2.5.5 Análisis de las muestras de suelo.....	89
2.5.6 Caracterización hidroclimáticas de la unidad de trabajo.	94
2.5.7 Lineamientos de Manejo.....	111
2.6 Conclusiones	118
2.7 Recomendaciones	119
2.8 Bibliografías.....	120
2.9 Anexos	122
a. Hoja de Campo para realizar muestreo	122
2.9.1 Datos climáticos de la Finca Saquichaj (Promedio mensual 2006 – 2010)	123
2.9.2 ETP calculada por el método de Hargreaves.....	127
2.9.3 Balance hídrico de suelos con datos mensuales	134

Contenido	Página
3 Capítulo III	152
3.1 Presentación.....	153
3.2 Estudio de capacidad de uso de la tierra de la finca Saquichaj.....	154
3.2.1 Objetivos	154
3.2.2 Metodología.....	154
3.2.3 Resultados	159
3.2.4 Evaluación.....	169
3.3 Actualizar las áreas de extracción de los proyectos Saquichaj fase y 131 ha.	170
3.3.1 Objetivos	170
3.3.2 Metodología.....	170
3.3.3 Resultados	171
3.3.4 Evaluación.....	172
3.4 Ingreso de proyecto Cobán 2011, a PINFOR.....	174
3.4.1 Objetivos	174
3.4.2 Metodología.....	174
3.4.3 Resultados y discusión	175
3.4.4 Evaluación.....	175
3.5 Bibliografías.....	176

Cuadro	Página
Cuadro 1.4. Colindancias de la finca Saquichaj	4
Cuadro 1.5. Comparación de uso del suelo en los años 2001 y 2011	12
Cuadro 1.6. Proyectos reforestación (maduros).....	14
Cuadro 1.7. Proyectos de reforestaciones jóvenes (menos de 10 años).....	14
Cuadro 2.1. Datos de Elevación sobre el nivel del mar de la unidad de trabajo.....	54
Cuadro 2.2. Rangos de pedregosidad.	63
Cuadro 2.3. Características de drenaje	63
Cuadro 2.4. Área útil donde se realizó la zonificación.....	72
Cuadro 2.5. Unidades Fisiográficas, Área, Porcentaje y Clave.	73
Cuadro 2.6. Categoría preliminares de pendientes, área y porcentajes	75
Cuadro 2.7. Categorías de pendientes para tierras calizas altas del norte	77
Cuadro 2.8. Categorías de pendientes y área que ocupa en la unidad de trabajo.....	77
Cuadro 2.9. Categorías de profundidades para tierras calizas altas del norte.....	78
Cuadro 2.10. Categorías de profundidad y áreas que ocupan en la unidad de trabajo.	78
Cuadro 2.11. Categorías de capacidad de uso para tierras calizas altas del norte.	81
Cuadro 2.12. Categorías de capacidad de uso preliminares.	81
Cuadro 2.13. Categorías de capacidad de uso con modificadores.	85
Cuadro 2.14. Capacidades de uso de la unidad de trabajo.....	86
Cuadro 2.15. Proyectos, edad y especie de <i>pinus</i> que están en la categoría de uso.	88
Cuadro 2.16. Intensidad de uso de la unidad de trabajo y el área que ocupa.	89
Cuadro 2.17. Análisis Químico de las muestras de suelo de las unidades fisiográficas.....	92
Cuadro 2.18. Análisis Físico de las muestras de suelo de las unidades fisiográficas.....	93
Cuadro 2.19. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.	94
Cuadro 2.20. Datos de Pp mensual en las estaciones meteorológicas.	96
Cuadro 2.21. Distribución de Pp mensuales en cada unidad fisiográfica.	97
Cuadro 2.22. Datos de T° mensual promedio de 5 años.....	97
Cuadro 2.23. Datos promedio de humedad relativa.	98
Cuadro 2.24. Evapotranspiración potencial mensual en mm por estaciones.....	102
Cuadro 2.25. ETP potencial media en mm, por unidad fisiográfica	102
Cuadro 2.26. Resumen de la carga potencial por unidad en la zona de trabajo.	104
Cuadro 2.27. Categorías de recarga potencial.....	105
Cuadro 2.28. Clasificación de recarga potencial por unidad fisiográfica.....	106
Cuadro 2.29. Principales áreas de recarga potencial de la unidad de trabajo.	106
Cuadro 2.30. Criterios de susceptibilidad de áreas a ser consideradas críticas.....	108
Cuadro 2.31. Clasificación de susceptibilidad en principales áreas de recarga potencial.	109
Cuadro 2.32. Área crítica de recarga potencial de la unidad de trabajo.....	109
Cuadro 2.33. Información biofísica contenida en la base de datos digital.	113
Cuadro 2.34. Información biofísica incluida en la base de datos digital.	114
Cuadro 2.35. Información hidroclimática incluida en la base de datos digital.	115
Cuadro 2.36. Información química incluida en la base de datos digital.....	116

Cuadro	Página
Cuadro 2.37. Información física incluida en la base de datos digital.	117
Cuadro 2.38A. Hoja de descripción de la zonificación agroecológica	122
Cuadro 2.39A. Precipitación mensual en mm, Enero 2006 – Diciembre 2010	123
Cuadro 2.40A. Humedad Relativa mensual en %, Enero 2006 – Diciembre 2010	124
Cuadro 2.41A. Temperatura máxima mensual en °C, Enero 2006 – Diciembre 2010.....	125
Cuadro 2.42A. Temperatura mínima mensual en °C, Enero 2006 – Diciembre 2010	126
Cuadro 2.43A. Datos de ETP mensual en Estación Saquichaj	127
Cuadro 2.44A. Datos de ETP mensual en Estación Sarrithá.....	128
Cuadro 2.45A. Datos de ETP mensual en Estación Chicocom.....	129
Cuadro 2.46A. Resultado del análisis de las muestras de suelo unidad 01 a 05	130
Cuadro 2.47A. Resultado del análisis de las muestras de suelo unidad 06 al 10	131
Cuadro 2.48A. Resultado del análisis de las muestras de suelo unidad 11 al 15	132
Cuadro 2.49A. Resultado del análisis de las muestras de suelo unidad 15 al 18	133
Cuadro 2.50A. Balance hídrico de suelos unidad 1	134
Cuadro 2.51A. Balance hídrico de suelos unidad 2	135
Cuadro 2.52A. Balance hídrico de suelos unidad 3	136
Cuadro 2.53A. Balance hídrico de suelos unidad 4	137
Cuadro 2.54A. Balance hídrico de suelos unidad 5	138
Cuadro 2.55A. Balance hídrico de suelos unidad 6	139
Cuadro 2.56A. Balance hídrico de suelos unidad 7	140
Cuadro 2.57A. Balance hídrico de suelos unidad 8	141
Cuadro 2.58A. Balance hídrico de suelos unidad 9	142
Cuadro 2.59A. Balance hídrico de suelos unidad 10.....	143
Cuadro 2.60A. Balance hídrico de suelos unidad 11.....	144
Cuadro 2.61A. Balance hídrico de suelos unidad 12.....	145
Cuadro 2.62A. Balance hídrico de suelos unidad 13.....	146
Cuadro 2.63A. Balance hídrico de suelos unidad 14.....	147
Cuadro 2.64A. Balance hídrico de suelos unidad 15.....	148
Cuadro 2.65A. Balance hídrico de suelos unidad 16.....	149
Cuadro 2.66A. Balance hídrico de suelos unidad 17.....	150
Cuadro 2.67A. Balance hídrico de suelos unidad 18.....	151
Cuadro 3.1. Rangos de pedregosidad.	156
Cuadro 3.2. Características de drenaje	157
Cuadro 3.3. Unidades fisiográficas de la finca Saquichaj, Cobán A.V.	160
Cuadro 3.4. Pendientes de la finca Saquichaj, Cobán A.V.	163
Cuadro 3.5. Profundidad efectiva de la finca Saquichaj, Cobán A.V.	163
Cuadro 3.6. Capacidad de uso de la tierra de la finca, Saquichaj, Cobán A.V.	166
Cuadro 3.7. Áreas de los proyectos actualizados.	171
Cuadro 3.8. Área de proyecto de Cobán 2011, Cobán A.V.	175

Figura	Página
Figura 1.1. Mapa de colindancias, finca Saquichaj, Cobán, A.V.	8
Figura 1.2. Mapa de zonas de vida, finca Saquichaj, Cobán, A.V.	9
Figura 1.3. Mapa de uso y cobertura 2011, finca Saquichaj, Cobán, A.V.	15
Figura 2.1. Ubicación Geográfica de las finca de Refinsa de la región de Cobán	48
Figura 2.2. Mapa de Área de Zonificación Agroecológica.	49
Figura 2.3. Vías de Acceso a la Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.	51
Figura 2.4. Mapa de Topográfico del área de zonificación Agroecológica.	52
Figura 2.5. Mapa Hidrográfico del área de Zonificación Agroecológica.	53
Figura 2.6. Mapa de curvas a nivel cada 500 metros de la unidad de trabajo.	55
Figura 2.7. Mapa de zonas de vida de la unidad de trabajo.	56
Figura 2.8. Mapa de análisis fisiográfico geomorfológico de la unidad de trabajo.	74
Figura 2.9. Mapa de pendientes preliminares de la unidad de trabajo.	76
Figura 2.10. Mapa de pendientes de la unidad de trabajo.	79
Figura 2.11. Mapa de profundidad efectiva de la unidad de trabajo.	80
Figura 2.12. Mapa preliminar de capacidad de uso de la unidad de trabajo	82
Figura 2.13. Mapa de factores modificadores (pedregosidad), de la unidad de trabajo.	84
Figura 2.14. Mapa de capacidad de uso de la tierra de la unidad de trabajo.	87
Figura 2.15. Mapa de uso y cobertura 2010.	90
Figura 2.16. Mapa de intensidad de uso de la tierra.	91
Figura 2.17. Mapa de distribución de la precipitación pluvial en la unidad de trabajo.	95
Figura 2.18. Mapa de isolíneas de la T° max, en la unidad de trabajo.	99
Figura 2.19. Mapa de isolíneas de la T° min, en la unidad de trabajo.	100
Figura 2.20. Mapa de isolíneas de la HR, en la unidad de trabajo.	101
Figura 2.21. Mapa de Isolíneas de la ETP, en la unidad de trabajo.	103
Figura 2.22. Mapa de las recarga potencial de la unidad de trabajo.	107
Figura 2.23. Mapa de áreas críticas de recarga potencial en la unidad de trabajo.	110
Figura 2.24. Mapa de las 18 unidades de la zonificación agroecológica.	112
Figura 3.1. Mapa de unidades fisiográficas de la finca Saquichaj, Cobán A.V.	161
Figura 3.2. Mapa de uso y cobertura 2011, finca Saquichaj, Cobán A.V.	162
Figura 3.3. Mapa de pendientes, finca Saquichaj, Cobán A.V.	164
Figura 3.4. Mapa de profundidad efectiva, finca Saquichaj, Cobán A.V.	165
Figura 3.5. Mapa de factor modificador Pedregosidad, en finca Saquichaj, Cobán A.V.	167
Figura 3.6. Mapa de CAUPSO, finca Saquichaj, Cobán A.V.	168
Figura 3.7. Mapa de actualización de áreas de extracción, F. Saquichaj Cobán A.V.	173

Zonificación agroecológica, diagnóstico y servicios

Resumen General

El documento presenta tres capítulos generales, el diagnóstico de la situación forestal actual de la finca Saquichaj, la investigación que es una zonificación agroecológica y el tercer capítulo donde se detallan los servicios realizados.

El diagnóstico se realizó en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Se enfocó en la situación forestal actual de la misma, esto debido a que la actividad principal de la finca es el establecimiento y aprovechamiento del recurso forestal, a través de plantaciones voluntarias y en la actualidad a través del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), del Instituto Nacional de Bosques (INAB). Por tales razones fue importante identificar cuantos proyectos existen en la actualidad y definir en cuáles hay extracción de madera en estos momentos y cuáles serán aprovechados a mediano y largo plazo, todo para ir buscando un ordenamiento del recurso bosque.

La investigación se concentró en la parte más alta de la finca (1000 a 1600 msnm), ocupando 1465 ha un total de 1895 ha. Utilizando como base la metodología de zonificación agroecológica propuesta por la FAO, se determinaron zonas homogéneas en relación al potencial de producción de la finca forestal Saquichaj. Se realizó para ello una caracterización edáfica, climática y de cobertura, en toda el área de estudio. El propósito de la investigación fue poder cuantificar los recursos naturales y tener una representación real de los mismos en la finca. A través de una plataforma SIG, se realizó una base de datos digital con la información de clima, suelo y cobertura, con lo que se elaboraron una serie de modelos y se marcaron los límites de las diferentes celdas que sean homogéneas en características de los tres factores. De esta manera el técnico forestal, en este caso, tuvo la posibilidad de revisar en un ambiente de SIG, la base de datos digital y los modelos creados, para poder determinar cuáles eran las especies forestales que mejor se adaptaban a la zona, para lograr con un respaldo científico, una mejor rentabilidad. Los resultados obtenidos de la investigación fueron 18 celdas, con niveles diferentes de capacidad de uso de la tierra, que van desde agroforestería con cultivos anuales, hasta tierras forestales de

protección. Con una precipitación de 8,383.4 mm/anuales, una evapotranspiración que va de 111.3 a 116.0 mm/mes anualmente con un volumen de recarga potencial en el área de 46, 327,674 m³/anuales y el 78.2 % del área total tiene una susceptibilidad alta, en relación a la recarga hídrica natural, mientras que el 21.8 % tiene una susceptibilidad moderada.

Los servicios se enfocaron en la finca Saquichaj, por la necesidad que tenían de proveerse de información derivada de campo, para luego analizarla en oficina. Para ello se realizó un estudio de capacidad de uso de la tierra, utilizando la metodología propuesta por INAB, para toda la finca e identificar al final la intensidad de uso de la tierra de la finca Saquichaj. Así también, se realizaron trabajos de campo para actualizar las áreas de extracción de madera, para cuantificar cuánta madera había y planificar cómo se haría la extracción de los proyectos que se aprovechaban en ese momento. Por último se ingresó el proyecto de reforestación Cobán 2011, ante el Instituto Nacional de Bosques (INAB), para ser tomado en cuenta en el Proyecto de Incentivos Forestales (PINFOR)

Capítulo I

**Diagnóstico de la situación forestal actual de la finca Saquichaj,
Municipio de Cobán, Departamento de Alta Verapaz, Guatemala C.A.**

1.1 Presentación

En la actualidad la frontera agrícola y el avance de la urbanización, han hecho que se vaya perdiendo extensiones inmensas de masas forestales, lo que ha hecho que en el presente, las extensiones forestales han quedado en empresas privadas, que han buscado mejorar la situación forestal del país, a través de un aprovechamiento sostenible del recurso. Otro poco, aún queda en manos de entidades del estado, que también buscan explotar de manera responsable el recurso forestal.

A principios del año 2000 la situación de la finca era diferente, ya que en ese entonces la mayoría era un aprovechamiento de las plantaciones voluntarias y con el Programa Incentivos Fiscales PIF. En la actualidad hay muchas partes de la finca donde existe regeneración a través de proyectos de plantaciones de las especies de *Pinus* que más se adapten a la latitud y el tipo de suelo que hay en la finca, tales como: *P. maximinoii*, *P. chiapensis*, *P. oocarpa*, *Pinus caribaea* y *C. lusitanica*. Se hace referencia que todo este nuevo ordenamiento de la finca en cuanto a las especies que ahora se establecen, son introducidas de manera empírica en la mayoría de los casos y usando como referencia patrones de adaptabilidad de estudios fuera de la finca. Pero la finca no tiene hasta el momento su propia base de información con las características del lugar y de las diferentes unidades de la finca.

El ordenamiento del bosque en la finca lleva cinco años en proceso y se ha incorporado en la actualidad al Programa de Incentivos Forestales PINFOR. Hasta el momento siguen ingresando proyectos en dicho programa. REFINSA logró enlazar con el aserradero MADECASA para asegurar la comercialización de la madera que devenga de sus bosques maduros y seguir con el proyecto de un ciclo de 20 años para volver a aprovechar un área. La finca como lo ha venido haciendo desde los años 90, incluye entre sus proyectos mejorar la calidad de vida de los habitantes de las aldeas cercanas a la finca ya que es fuente de empleo para los habitantes.

1.2 Marco referencial

1.2.1 Antecedentes de la finca

En el año de 1977 se dio inicio al proyecto de reforestación Saquichaj, en la finca denominada Saquichaj, la cual poseía una extensión de 1897 hectáreas, 8 áreas y 35.88 centiáreas, según el levantamiento topográfico elaborado por el Ing. Carlos Carrillo Durán en el año de 1979. Se reforestó un área de 1349.43 ha con especies de *Pinus spp.* y *Cupressus lusitanica*, con el objeto de aprovechar el Programa de Incentivos Fiscales –PIF-, establecidos en la ley forestal vigente de ese año. La duración del incentivo fiscal para el proyecto de reforestación era de 9 años, distribuidos en 1 año de establecimiento y 8 de mantenimiento.

Para ejecutar el proyecto se celebró un contrato entre REFINSA y un grupo de inversionistas, siendo estos últimos la parte que aportaba la inversión requerida (100%) para el establecimiento de las plantaciones y el tiempo que durara el PIF. Al finalizar la vigencia del programa, el 100% aportado era dividido en un 40% de REFINSA y 60% de los inversionistas, en relación al área arrendada con fines de reforestación. El contrato contemplaba que cuando el proyecto comenzara a generar ingresos, las partes recibirían éstos en proporción similar a lo invertido sin goce de incentivos fiscales. El área plantada se redujo en un 46.28% del área que inicialmente abarcó el proyecto, debido a la falta de un manejo silvícola adecuado.

Esta situación se debió principalmente a ciertas situaciones que desestimularon la inversión en el proyecto, por ejemplo, la falta de mercado para productos intermedios (diámetros menores), y los conflictos sociales que afectaban la región durante esa época.

De esa cuenta las plantaciones (que a la fecha tienen una edad comprendida entre los 19 - 23 años), no han llenado las expectativas con las cuales fueron establecidas; porque si hubieran sido manejadas adecuadamente, actualmente los volúmenes de madera a producir serían mucho más altos. A partir de la década de los noventa, se realizaron varios estudios a cargo de estudiantes de E.P.S. de la facultad de Agronomía, así como practicantes de la Escuela Nacional Central de Agricultura, con el fin de establecer líneas de acción para el mejoramiento de la plantación, mediante un proceso de inventario forestal de la plantación a largo plazo.

En el año de 1996, la empresa se acogió al nuevo programa de incentivos forestales –PINFOR-; estableciendo 4 proyectos de coníferas (*Pinus maximinoi* y *Pinus oocarpa*), los cuales hasta la fecha están bajo manejo.

1.2.2 Ubicación geográfica, vías de acceso e infraestructura

La principal vía de acceso hacia la fincas es la carretera CA -14 que parte de la ruta al Atlántico (CA-9) en El Rancho, El progreso; se extiende al norte, pasando por los municipios de Purulhá (Baja Verapaz), Tactíc, Santa Cruz Verapaz y Cobán (Alta Verapaz). Luego se toma la carretera asfaltada rumbo a Chisec y al llegar al Km 238.5, en la aldea Cerro Lindo se cruza hacia la izquierda tomando una carretera de terracería donde se recorren 9 km para llegar al casco patronal de la finca

Se localiza en la jurisdicción del municipio de Cobán, Departamento de Alta Verapaz. Se puede ubicar en la Hoja Cartográfica Rubeltem, Referencia 2162 IV y las coordenadas del casco de la finca son: Latitud 15°34'04" Norte y longitud. 90°25'18" Oeste

1.2.3 Colindancia

La finca Saquichaj, tiene como límites las siguientes fincas y aldeas. (Ver figura 1).

Cuadro 1.1. Colindancias de la finca Saquichaj

Orientación	colindancia
Norte	Finca Inopal
Sur	Finca Raxmox
Este	Aldea Pocol
	Aldea Camcal
	Aldea Icmaja-Seabas
	Aldea Chionc
	Aldea Chitutz
	Finca Choval
Oeste	Finca Seacté
	Finca Xalcatá
	Aldea Sahuacún
	Aldea Satzac

1.2.4 Régimen de propiedad

La finca Chirrihá y conocida como Saquichaj, es propiedad de la empresa Reforestadora Industrial Anónima (REFINSA), y se encuentra inscrita en el registro de la propiedad inmueble, con el número 2, folio 4 del libro 12 de la primera serie de Alta Verapaz (Suarez, 2001).

1.2.5 Zona de vida

De acuerdo con el mapa de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento (Cruz, 1982), con base a las técnicas establecidas en el mapeo de formaciones vegetales del mundo de Holdridge, la finca Saquichaj está dentro de 3 zonas de vida, las cuales se especifican a continuación. (Ver figura 2)

- **Bosque muy húmedo Subtropical (frío) – bmh-S(f):** Esta zona de vida ocupa 1464.94 ha, se caracteriza por poseer un relieve ondulado y en algunos casos accidentados, la vegetación natural que se considera como indicadora está representada por varias especies, tales como: liquidámbar, omax, aguacatillo, fruto de paloma. (Cruz, 1982).
- **Bosque pluvial Subtropical (cálido)- bp-S:** Esta zona de vida ocupa 455.31 ha de la finca y Según De la Cruz (1982), el relieve del lugar es accidentado, posee un patrón de precipitación entre 4410 mm y 6577mm, la vegetación natural indicadora de esta zona es la *Alfora spp*, *Talauma spp*, *magnolia guatemalensis* y algunas otras.
- **Bosque muy húmedo Subtropical (cálido) – bmh-S(c):** Esta zona de vida ocupa un espacio de 50.36 ha en la finca. Según De La Cruz (1982), se distribuye en un relieve plano a accidentado, con variabilidad climática por influencia de los vientos, tiene una gran composición florística, las especies naturales son; *Orbignya cohune*, *Terminalia amazonia*, *Brosimum alicastrum*, entre otras.

Sin embargo, debido principalmente a la topografía del área, esta clasificación de zonas de vida no puede generalizarse para la finca, pues estas especies no están representadas. Por el contrario, la vegetación natural que se considera como indicadora en esta área está constituida por las siguientes especies, Ramchap o San Juan ***Vochysia guatemalensis***, Mario o Santa María ***Calophyllum brasiliense***, Canxan ***Terminalia amazonia***, Guarumo ***Cecropia peltata***, Coj o Anonilla ***Talahuma mexicana***, y Encino ***Quercus spp*** (Refinsa, 2000).

1.2.6 Suelos

Según Simmons (1959), en el mapa de series de suelos a nivel de reconocimiento, en la finca Saquichaj, existe una sola serie de suelo, que se describe a continuación

- **Cobán (Cb):** Proviene de materia de caliza, se encuentran distribuidos en el país en una elevación de 900 a 1800 msnm, en lugares con relieve inclinado a ondulado, posee buen drenaje, debido al relieve de la superficie, posee una textura superficial Franco-Limosa y una textura subsuperficial Franco-Arcillosa, son suelos bastante profundos, alcanzando hasta los 300 cm, suelos ácidos, con un pH pondera de 6.2.

1.2.7 Geología

Según el mapa de geología a nivel de reconocimiento (escala 1:250,000) de la República de Guatemala (MAGA, 2006), la finca Saquichaj, pertenece a una unidad geológica, la cual es describe a continuación.

- **Cretácico (Ksd):** Formado por rocas sedimentarias del cretácico y rocas de caliza. La característica dominante de este periodo son los carbonatos neocomiano – camapanianos.

1.2.8 Topografía

El área donde se ubica la finca Saquichaj, posee una topografía ondulada a quebrada a fuertemente quebrada. Las pendientes van de 10% a 70 % y de 60 % a 100 %. La elevaciones varían de los 560 a 1500 metros sobre el nivel del mar (MAGA, 2006)

1.2.9 Hidrografía

Según Suarez (2001), el sistema hidrográfico de la finca está constituido principalmente por una serie de corrientes efímeras que desembocan en sumideros o “siguanes” y en el río Sachichá. Según el mapa de cuencas de la República de Guatemala, la finca se ubica dentro de la micro cuenca del río Sachichá, este río tributa el río Negro o Chixoy, el cual drena a la cuenca del río Usumacinta dentro de la vertiente del Golfo de México. (MAGA, 2006).

1.2.10 Fisiografía

Según el mapa de regiones fisiográficas de Guatemala, MAGA (2006), la finca se encuentra comprendida dentro de las Tierras Altas Sedimentarias, donde se presenta una gran variedad de formas, desde colinas paralelas, topografía kárstica anticlinales y sinclinales sumergidos (siguanes), así como cavernas de roca caliza.

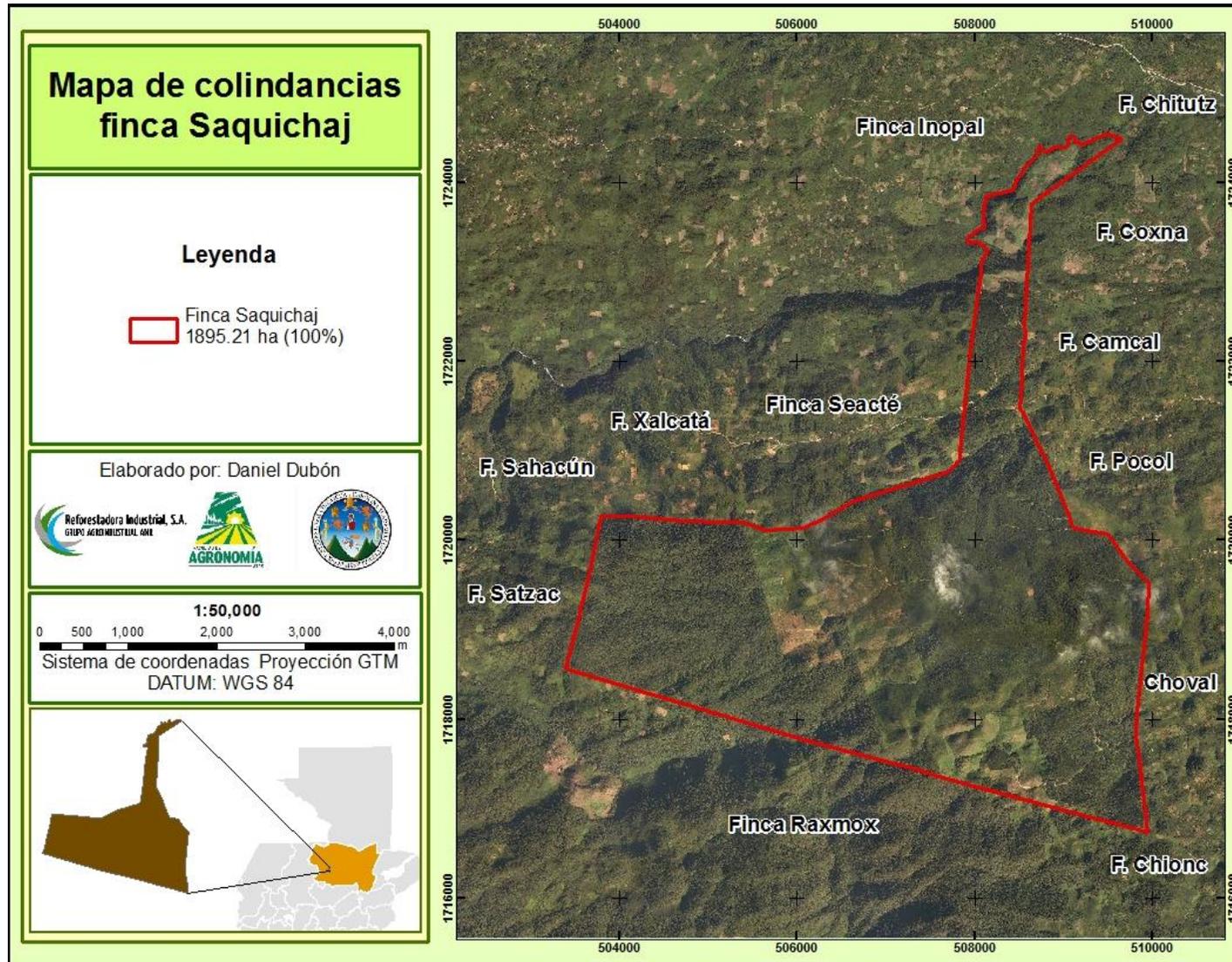


Figura 1.1. Mapa de colindancias, finca Saquichaj, Cobán, A.V.

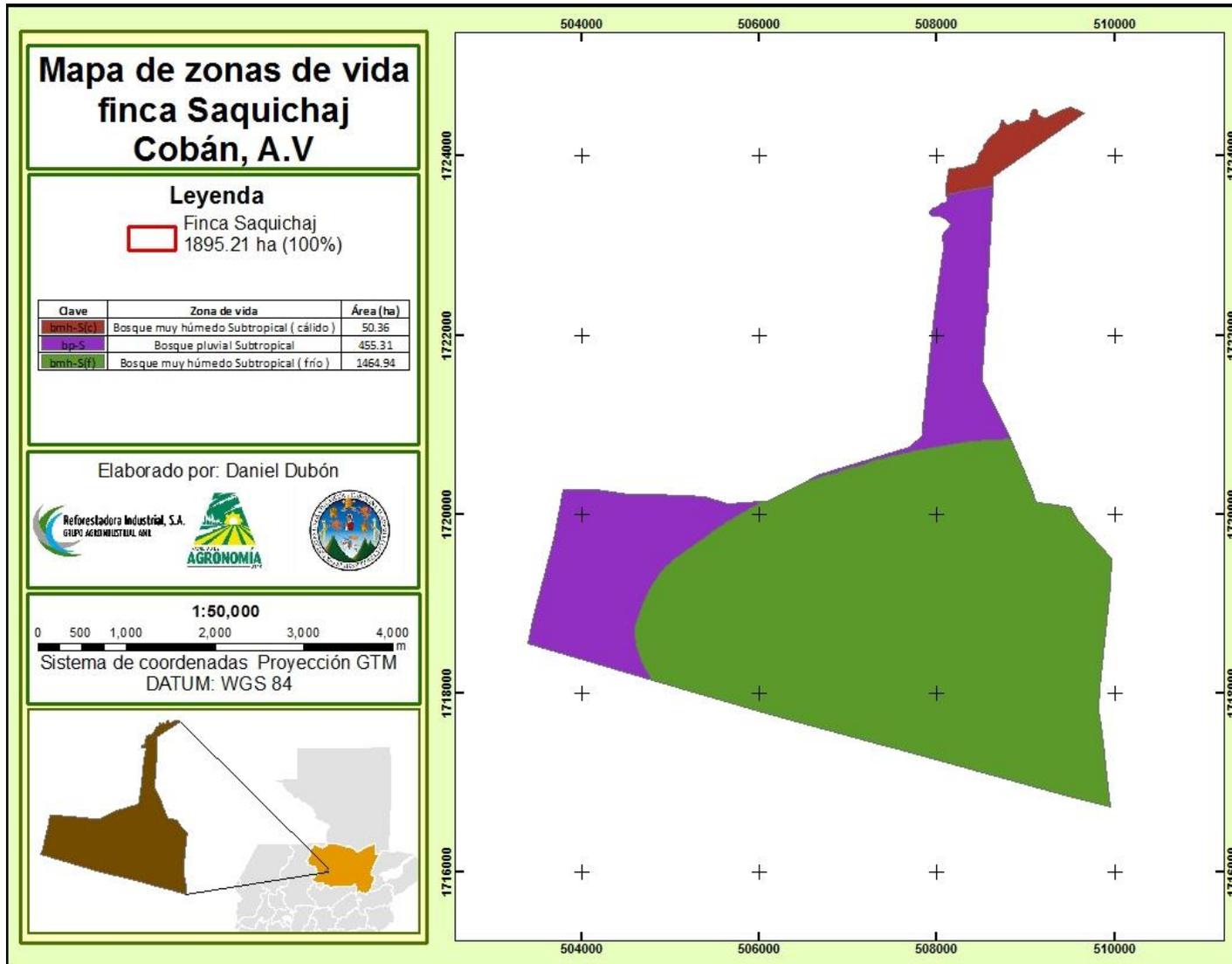


Figura 1.2. Mapa de zonas de vida, finca Saquichaj, Cobán, A.V.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

1. Realizar una actualización de la situación forestal de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, para visualizar las condiciones en las que se encuentra el área en la actualidad.

1.3.2 Específicos

1. Conocer a través de información primaria y secundaria la situación forestal de la finca, e identificar las principales necesidades técnicas forestales.
2. Determinar una priorización de los servicios para realizar en la finca para satisfacer las necesidades técnico-forestales.

1.4 Metodología

1.4.1 Recabar información existente

Se obtuvo información que existía a través de dos técnicas:

- **Entrevistas:**

Se entrevistaron a las siguientes personas

Das. Luis Barrios	Jefe de Producción
P. For. Juan José Morales	Jefe de Sección
P. For. Róbinso Ortega	Supervisor Forestal
Sr. Jorge Chen	Caporal finca Saquichaj
Sr. Victor Maas	Caporal finca Saquichaj

- **Consulta de documentos**

Para conocer el historial de las plantaciones se consultaron los siguientes documentos:

REFINSA. 2009. Plan de manejo forestal, región de Cobán, Alta Verapaz.

Suarez Urrutia J. 2001. Diagnostico situación forestal actual de la finca Saquichaj, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Suarez Urrutia J. 2001. Informe final de servicios, Reforestadora Industrial Sociedad Anónima REFINSA, Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

Tzirin Batzín J. 1995. Diagnóstico: uso actual de la tierra de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.4.2 Generar información

- **Recorridos de campo**

Se realizaron caminamientos en las zonas identificadas al momento de revisar los documentos generados por REFINSA. Dichos caminamientos se hicieron en las zonas

con diferentes usos, los cuales eran 3 grandes grupos: Bosque natural, proyectos de reforestación maduros y las plantaciones jóvenes (menor a 10 años)

En el último gran uso se identificaron ocho áreas con proyectos de diferentes edades, según el ordenamiento que pretende la finca, los cuales se recorrieron, para poder diagnosticar cuales eran las especies ahí presentes, el estado fitosanitario y en general el desarrollo que tenían las plantaciones, todo eso a partir de la medición de las parcelas permanentes de medición (PPM)

Así mismo se hicieron los recorridos por los siete proyectos maduros para poder observar y diagnosticar la condición en la que estaban. También a partir de la cuantificación de variables en las parcelas permanentes de medición (PPM)

1.5 Resultados

Como se contaba con diagnósticos previos, se realizó una comparación del cambio de uso con el diagnóstico elaborado por Suarez en el 2001. Los resultados se observan en el cuadro siguiente.

Cuadro 1.2. Comparación de uso del suelo en los años 2001 y 2011

Tipo de uso	2001		2011	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Bosque natural	577.34	27	443.7	23
Proyectos de reforestación maduros	772.81	36	642.359	36
Plantaciones forestales jóvenes (< 10 años)	771.31	36	809.1	41

1.5.1 Bosque natural

Las 443.7 hectáreas de bosque natural que se indican en el cuadro No.5 están ubicadas al suroeste de la finca, como se puede ver en la figura 3. No incluyen las partes de las colinas donde existen proyectos de reforestación. Estas zonas quedan con cobertura de bosque natural, por razones de conservación de suelo.

Entonces las 443.7 ha de bosque natural representan un 23% de la cobertura de la finca Saquichaj. Al comparar con la cobertura del año 2001, observamos claramente que hubo un decremento del 4 % y esto es debido al establecimiento de nuevos proyectos de reforestación dentro de la finca, los cuales han ido avanzando año tras año con el límite del bosque natural.

De seguir la presión de la demanda sobre la finca Saquichaj, de parte del aserradero MADECASA, este límite de bosque natural irá disminuyendo. Por el momento la línea de trabajo que tiene la empresa es de suplir la demanda.

1.5.2 Bosque secundario (guamil)

A pesar de no incluirse esta cobertura en ninguno de los dos años de análisis, es evidente encontrarse con cobertura de este tipo, pero no se cuantificó en la cobertura del 2011, porque el guamil se encuentra distribuido en el proyecto de reforestación del 2011, El cual se está estableciendo en este tiempo.

1.5.3 Proyectos de reforestación maduros

Estos proyectos de reforestación presentan un decremento, debido a que se han empezado a aprovechar todas aquellas plantaciones que tienen más de 10 años de su establecimiento y en su lugar están surgiendo los proyectos de reforestación más jóvenes (menos de 10 años de edad).

El decremento registrado en comparación con el uso del 2001, es de 130.46 ha, pero hay que considerar que el área de la finca disminuyó, eso debido a que se utilizó la información del levantamiento topográfico de años pasados, porque según expresaban los empleados, que dicho levantamiento era el más acertado.

Según el documento por Suarez, (2001) el área registrada incluía las plantaciones jóvenes de 10 a 11 años (*Pinus maximinoi*), cascos (Saquichaj y Sarrithá), el área del cítricos y el vivero. Mientras que en la cobertura del 2011, no se incluyen plantaciones

menores de los 10 años, si no plantaciones que van desde los 10 hasta los 31 años. Como es el caso de Saquichaj fase.

Cuadro 1.3. Proyectos reforestación (maduros)

Nombre del proyecto	Año de establecimiento	Área (ha)	%
Saquichaj fase	1980	125.112	6.35
131 ha	1995	117.201	5.95
Sajquiche	1996	101.845	5.17
Sehí	1997	110.847	5.62
Sechoq	1998	95.763	4.86
Sepeq	1999	108.885	5.53
Sejelo I	2000	51.706	2.62

1.5.4 Plantaciones forestales jóvenes (menores a 10 años)

A partir del año de 1995, REFINSA ha realizado actividades de establecimiento de plantaciones forestales, con el fin de obtener un bosque ordenado que sea rentable, de rendimiento sostenible y persistente. Algunas de las plantaciones han sido establecidas como reforestaciones voluntarias, tal es el caso de las 131 y algunas que ahora son parte de Saquichaj fase (estas dos ahora son plantaciones adultas). Las plantaciones que fueron tomadas como jóvenes para este diagnóstico, empiezan a partir del 2001 como año de establecimiento.

En el siguiente cuadro se muestra las áreas cubiertas en la actualidad con proyectos que son considerados como plantaciones jóvenes (menores a 10 años).

Cuadro 1.4. Proyectos de reforestaciones jóvenes (menos de 10 años)

Nombre del proyecto	Año de establecimiento	Área (ha)	%
Sejelo	2001	48.295	2.45
Pecguilich	2004	92.976	4.72
Cobán 2007	2007	69.277	3.52
Cobán 2008	2008	94.846	4.81
Cobán 2009	2009	143.026	7.26
Cobán 2010	2010	158.781	8.06
Cobán 2010	2010	107.434	5.45
Cobán 2011	2011	100.898	5.12

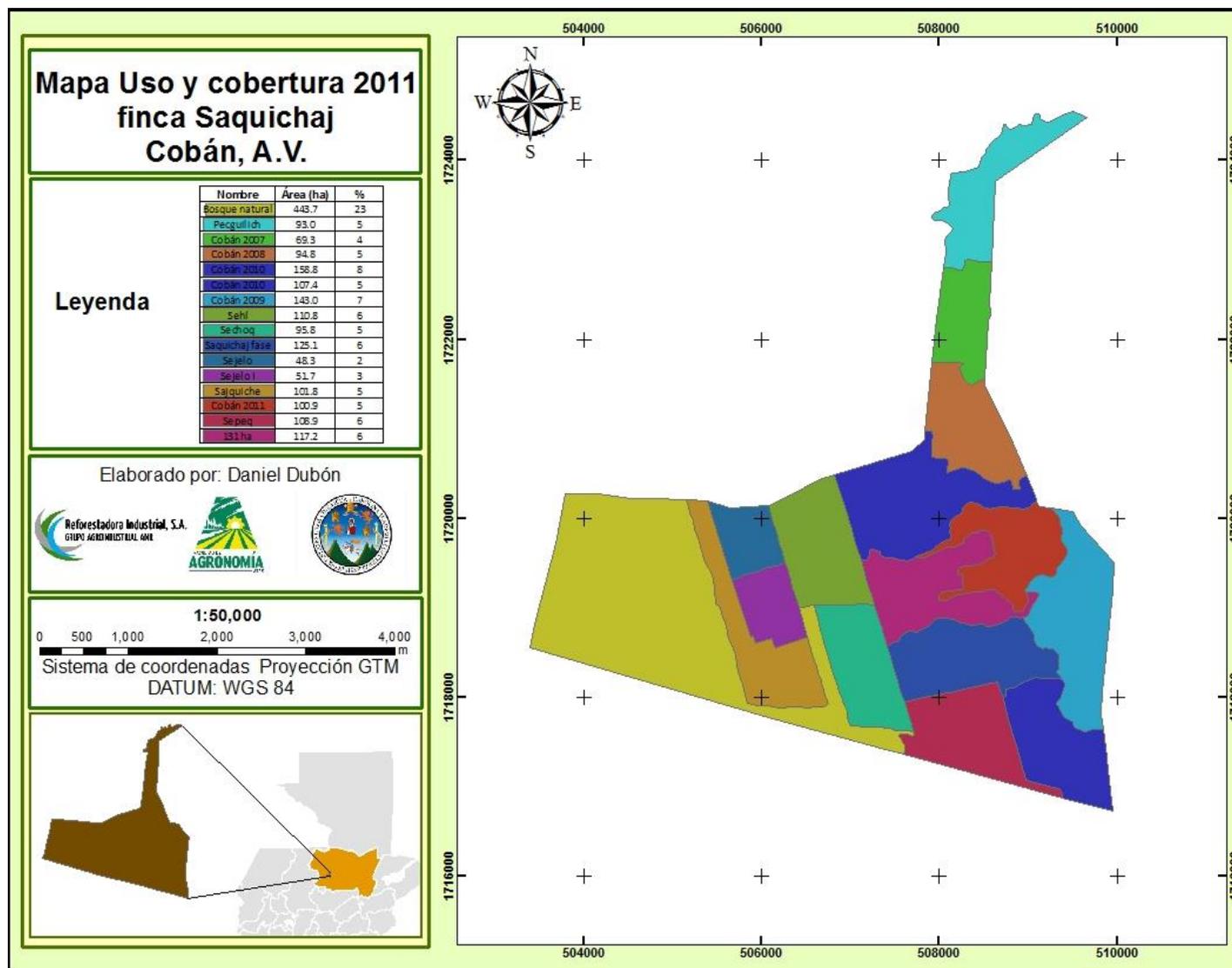


Figura 1.3. Mapa de uso y cobertura 2011, finca Saquichaj, Cobán, A.V.

1.5.5 Condiciones de los proyectos

A. Proyecto Saquichaj fase

Es el proyecto más maduro de todos los que están en la finca (Ver cuadro 6) tiene aproximadamente 31 años (los arboles más viejos), pero debido a su extensión, y los diferentes problemas que se tuvieron en la finca, este proyecto ha sido bastante desordenado, debido principalmente a la falta de prácticas silviculturales durante los primeros años de la plantación, esto se puede evidenciar por la presencia de guamil que hay en algunas zonas del proyecto.

En los últimos 5 años se ha llevado a cabo prácticas silviculturales, tales como raleos, con el fin de mejorar la calidad de la plantación, de los raleos se han extraído individuos para comercializar en trocillo, para tarimas.

En la actualidad existen en el proyecto 11 PPM (parcelas permanentes de muestreo), las cuales se miden año, con año. Para obtener así información de la dinámica de la población y poder planificar las actividades silviculturales. De las 125 ha, que quedan hasta el momento del proyecto, se están extrayendo aún especies como: *P. maximinoii*, *P. chiapensis*, *P. oocarpa*, *C. lusitanica*. Este proyecto es el que en la actualidad proporciona la mayor cantidad de madera que se comercializa.

B. Proyecto 131 hectáreas

Esta plantación de 14 años de edad, está compuesta principalmente por *P. maximinoii*, En la actualidad se están realizando extracciones grandes de este proyecto. Y la etapa de raleos y podas terminaron. Por lo que están en la etapa de cosecha de dicho proyecto.

Cuenta con 11 PPM, para monitorear su dinámica poblacional y la salud de los árboles. Y estos se hace año con año.

C. Proyecto Sajquiche

Es otro de los proyectos maduros de la finca, el cual también está en su etapa de cosecha, aportando árboles con diámetros comerciales en las podas y en los raleos, así como diámetros mayores. A pesar de ser un proyecto de mediano tamaño, está siendo aprovechado porque cuenta con 14 años de edad y la principal especie que posee en toda su extensión es *P. maximinoii*. Cuenta con 4 PPM

D. Proyecto de reforestación Sehí

Es el primer proyecto de reforestación acogido bajo el PINFOR, en la actualidad es un proyecto de 12 años de edad, el cual está intervenido a través de los raleos, esperando el momento necesario para su aprovechamiento total. Este proyecto cuenta con especies de *P. maximinoii*, y *P. oocarpa*. El proyecto tiene 9 PPM.

Este proyecto ha sido intervenido en aprovechamiento, debido a que al momento de su establecimiento, se incluyó dentro de él un área con bosque maduro, casi de la edad del proyecto Saquichaj adulto.

E. Proyecto de reforestación Sechoq

Un proyecto de aproximadamente 90 ha, el cual tiene en la actualidad 11 años. Proyecto en el cual se concentran actividades de control de guamil y raleos, y control de ataque de plagas, como el del gorgojo de pino. Este proyecto tiene 10 PPM, para monitorear el incremento del diámetro y altura.

F. Proyecto de reforestación Sepeq

Proyecto establecido en el año de 1999, tiene 10 años de edad, tiene un área aproximada de 101 ha. En el proyecto se practican prácticas silviculturales de chapeo, raleos y podas, para evitar así cualquier problema de maleza y de plagas.

En el proyecto están establecidas 3 especies que son: *P. maximinoii*, *P. tecunumani*, y *P. oocarpa*. Hasta el momento existen 10 PPM, dentro del proyecto.

G. Proyecto de reforestación Sejelo I

Esta plantación se encuentra entre los 10 y 9 años, las cuales están sometidas a podas, raleos y control de guamil. Las especies dentro del proyecto son: *P. maximinoii* y *P. oocarpa*. Cuenta con 5 PPM, esto debido a su área de tan sólo 51 ha.

H. Proyecto de reforestación Sejeló

Es un proyecto joven que cubre un área de 48 ha, tiene una edad de 8 años, y sus especies son principalmente *P. maximinoii* y *P. oocarpa*.

Por ser un proyecto joven está en constante control y bajo actividades culturales como: chapeo, podas y raleos, para evitar así que el guamil ocupe el área, y el control de árboles infectados de gorgojo de pino. Tiene para su control de la población 4 PPM

I. Proyecto de reforestación Peguilich

El proyecto tiene 5 años, y cubre un área aproximada de 93 ha, está bajo constante control de plagas y guamil, arboles suprimidos y otros problemas, a través de los raleos, monitoreo y podas. Cuenta con 5 PPM, para monitorear la dinámica de su población. Las especies que se encuentran el proyecto son: *P. maximinoii*, *P. caribea*, *P. tecunumanii* y *P. donnell smithii*.

J. Proyecto de reforestación Cobán 2007

A partir de este año, con el fin del ordenamiento y el control de las plantaciones, se colocaron nombres a los proyectos en relación a su fecha de establecimiento. De esta manera era más fácil llevar el control.

Este proyecto tiene en la actualidad 4 años, el cual está bajo actividades de podas y chapeos para prevenir la competencia con el guamil. Las especies presentes en el proyecto son: *P. maximinoii*, *P. chiapensis* y *P. tecunumanii*. A demás cuenta con 24 PPM.

K. Proyecto de reforestación Cobán 2008

Proyecto que tiene 3 años de edad, por lo tanto está bajo actividades culturales, tales como raleo, chapeo, para evitar dominio de la maleza o guamil y monitoreo de plagas. Las especies establecidas en el proyecto son *P. maximinoii* y *P. tecunumanii*. Aún no tiene establecidas sus PPM.

L. Proyecto de reforestación Cobán 2009

El proyecto se encuentra en su 2do año de haberse establecido, está compuesto por individuos de *P. maximinoii* y *P. tecunumanii*. Las actividades culturales principales son el chapeo, la resiembra y el control de plagas y enfermedades.

M. Proyecto de reforestación Cobán 2010

Proyecto con un año de edad, el cual está distribuido en dos polígonos dentro de la finca el primero con 107 ha, está en la parte sur de la finca, (Sarrithá) y el segundo con 158 ha, está en la parte central de la finca (cerca del casco). Ambos polígonos tienen individuos de *P. maximinoii* y *P. tecunumanii*. Las actividades culturales que se realizan son el chapeo, la resiembra y el control de plagas y enfermedades.

N. Proyecto de reforestación Cobán 2011

Es el proyecto más joven de la finca, se encuentra en su fase de establecimiento (siembra) y los individuos son de *P. maximinoii* y *P. tecunumanii*.

Ñ. Bosque natural

Existe interés en darle manejo al bosque natural latifoliado presente en la finca Saquichaj. Por tal razón desde el año 2000 se ha pensado incorporar un proyecto de enriquecimiento del bosque, con el fin de preservar el bosque y a la vez aprovechar sus recursos de una manera sostenible, mediante el manejo de las principales especies con valor económico presentes en el área de bosque natural. Ejemplo: *Vochysia guatemalensis*, *Cedrela odorata*, *Roseodendron donnelismithii*, *Calophyllum brasiliense*.

1.5.6 Priorización de servicios

Con base en el diagnóstico que se realizó se identificaron las necesidades que tienen en la finca, notando principalmente los siguientes:

- Se realizó un estudio de capacidad de uso de la tierra (ECUT) en toda la finca
- Actualización de área de extracción de madera
- Elaboración e ingreso de documentos para el programa de incentivos forestales PINFOR

1.5.7 Plan de investigación

La necesidad vital que presentó la finca, fue la cuantificación de los recursos naturales (suelo, agua y cobertura) y a partir de ello se realizó una base de datos que donde esté cuantificado todo lo descrito. Para ello se usó la metodología propuesta por la FAO, con la que se realizó una zonificación agroecológica en la finca Saquichaj.

1.6 Conclusiones

1. Según la información revisada, en las áreas de producción del bosque, se pretende establecer proyectos ordenados de acuerdo a controles de malezas y patógenos, así como en dar las mejores condiciones a los proyectos establecidos a través de raleos, podas y chapeo. Buscando además las especies que mejor se adapten a las diferentes zonas que tiene la finca, porque la misma es muy heterogénea en relación a relieve, pendiente, fisiografía. Por tal razón no se puede establecer la misma especie en toda la extensión de la finca. Faltando para esto último una caracterización sustentada en fundamentos científicos de los diferentes recursos que tenga la finca. Y a través de los recorridos de campo se identificaron los proyectos que existen en la finca, siendo estos divididos en 3 grandes grupos: Bosque natural, plantación adulta y plantación joven (menor de 10 años), Notando en este caso, que el manejo a los proyectos está bastante bien, debido a la existencia de personal capacitado para la supervisión, así como bastante mano de obra para las actividades culturales. Hace falta un monitoreo más controlado de las plagas forestales, tanto en los proyectos, así como en las bacadillas en toda la finca.
2. De acuerdo a las necesidades encontradas en los incisos anteriores, se concluye con una priorización de los servicios que demanda la empresa REFINSA, para fortalecer algunas de las deficiencias. Dichas actividades serían: Realizar un ECUT, en toda la finca, Ingresar áreas para PINFOR, en el INAB, Actualizar sus áreas de extracción de madera, realizar una propuesta para el monitoreo de plagas en pino, realizar una capacitación en una plataforma SIG, para los técnicos y encargados de Fincas.

1.7 Recomendaciones

1. Realizar un estudio de capacidad de uso de la tierra en toda la finca, para poder determinar la capacidad de uso que tiene la finca, según la metodología propuesta por el INAB, y cuantificar no solo su capacidad de uso, sino la intensidad de uso que tiene la finca.
2. Realizar una caracterización hidroclimática de la finca, para poder determinar zonas de recarga hídrica, zonas potenciales y zonas críticas de recarga hídrica.
3. Realizar una caracterización de cobertura de las diferentes unidades de la finca Saquichaj, para considerar el establecimiento de especies en relación a las especies establecidas de manera natural en la finca.
4. Crear una base de datos en formato digital, y despegable en una plataforma SIG, donde se tenga información climática, edáfica y de cobertura de la finca Saquichaj o al menos de las zonas que están próximas a terminar su aprovechamiento, y por lo tanto su pronto establecimiento de nuevos proyectos de reforestación.
5. Tener un mayor control de las plagas forestales, tanto en el proyecto, a la hora del aprovechamiento y cuando son trasladadas a la bacadilla.
6. Actualizar al personal técnico y encargados de finca en el uso de paquetes (software), para poder ser más eficientes en el trabajo que realizan. Recomendando en este caso, actualización en el manejo de una plataforma de sistema de información geográfica.

1.8 Bibliografía

1. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.
2. FAO, IT. 1996. Adaptación de la metodología de zonificación agroecológica de la FAO para aplicaciones a diferentes niveles de zonificación en países de América Latina y el Caribe. Roma, Italia. 46 p.
3. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000a. Clasificación de tierras por capacidad de uso – manual técnico (en línea). Guatemala. Consultado 20 abr 2006. Disponible en: <http://www.inab.gob.gt/inab.htm>
4. _____. 2000b. Programa de incentivos forestales, ficha informativa. Guatemala. 11 p.
5. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2006. Cartografía digital de la república de Guatemala. Escala 1: 250,000. 1 CD.
6. REFINSA (Reforestadora Industria SA, GT). 2000. Proyecto de reforestación Saj'quiché, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: solicitud de ingreso a los beneficios del programa de incentivos forestales – PINFOR-. Guatemala. 39 p.
7. _____. 2008. Plan de manejo forestal, región de Cobán, Alta Verapaz. Guatemala. 58 p.
8. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
9. Suarez Urrutia, J. 2001. Situación actual de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 32 p.
10. Tzirin Batzin, J. 1998. Índices de sitio preliminares para *Cupressus lucitánica* Miller, *Pinus caribae* Morelet var. hondurensis Barret y Golfari, *Pinus maximinoii* H.E. Moore y *Pinus strobus* L. var. chiapensis Martínez, establecidas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 67 p.

Capitulo II

Zonificación agroecológica de la finca Saquichaj, Municipio de Cobán, Departamento de Alta Verapaz, Guatemala, C.A.

Agroecological zoning on the finca Saquichaj, municipality of Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, C.A.

2.1 Presentación

En la actualidad el mal uso de las tierras de vocación forestal repercute en irregularidades en el ciclo hidrológico, pérdida de manantiales, reducción o pérdida de caudales, así como la degradación de los suelos; empobreciéndolos, haciendo perder su capacidad productiva, elevando costos para realizar enmiendas en unidades de suelo con el fin de hacer rentable una producción, agrícola o forestal.

Por lo anterior, en el siguiente estudio se adecuó la metodología de zonificación agroecológica de la FAO (2006), en el proceso de caracterizar los recursos naturales de una fracción de la finca forestal Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. (1,465.15 ha, que representa el 77.3%). Donde se obtuvo una base de datos, que se manejó con la plataforma SIG que contiene información de la caracterización biofísica, edáfica e hidroclimática necesaria para obtener mapas de capacidad de uso, intensidad de uso, uso actual, distribución en las diferentes unidades de la precipitación pluvial, temperatura media, evapotranspiración, zonas de recarga hídrica, zonas susceptibles y áreas críticas de recarga potencial.

Dentro de los resultados se obtuvieron 18 unidades fisiográficas geomorfologías, que comprendían 5 categorías de capacidad de uso: Aa (71.4 ha), Ss (25.9 ha), Ap (38.0 ha), F (681 ha), y Fp (648.1 ha); el volumen de precipitación es de 8383.4 mm/anuales, con una evapotranspiración que va de 111.3 a 116.0 mm/mes; además en la unidades se obtuvo un volumen de recarga potencial de 46,327,674 m³/anuales y el 78.2% (1145.8 ha) de las unidades tienen una susceptibilidad alta y el 21.8% (319.4 ha), tienen una susceptibilidad moderada.

Está investigación es parte del ejercicio profesional supervisado realizado en el período de agosto del 2010 a mayo del 2011, como parte del programa EPS – FAUSAC – USAC.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Marco Conceptual

A. Zonificación agroecológica

El propósito de zonificar la planificación del uso de recursos naturales, es separar áreas con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo. Los programas específicos pueden, entonces, formularse para proporcionar el apoyo más efectivo para cada zona (FAO, 1997).

Según la FAO (1996), La zonificación agro-ecológica (ZAE), de acuerdo con sus criterios, define zonas en base a combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas. Los parámetros particulares usados en la definición se centran en los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos y en los sistemas de manejo bajo los que éstos se desarrollan. Cada zona tiene una combinación similar de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras, y sirve como punto de referencia de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente de uso de tierras, ya sea incrementando la producción o limitando la degradación de los recursos.

Antes de aplicar los procedimientos ZAE, el usuario debería tener claros los conceptos básicos, así como entender las posibilidades y limitaciones de la metodología. Los elementos esenciales de las aplicaciones básicas ZAE comprenden:

- Inventario de recursos de tierras
- Inventario de tipos de utilización de tierras y requerimientos de los cultivos.
- Evaluación de la aptitud de tierras, incluyendo:
 - Calculo de la cosecha máxima posible
 - Comparación entre limitaciones y requerimientos (FAO, 1996).

La metodología y las variables de entrada ZAE son independientes de la escala. Sin embargo, el nivel de detalle con que estén definidos factores como los suelos, el clima y los tipos de uso de tierras varía de acuerdo con la escala de los mapas y los objetivos del estudio (FAO, 1996).

B. Agroecología

Según la FAO (1997), por agroecología se entiende que es la aplicación de conceptos y principios ecológicos para la designación y manejo de sistemas agrícolas o forestales sostenibles

Según De La Rosa (1995), la agroecología se perfila como una disciplina única que delinea los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas desde un punto de vista integral, incorporando dimensiones culturales, socioeconómicas, biofísicas y técnicas.

C. Zonificación agro-ecológica, zona y celda

Zonificación agro-ecológica (ZAE) Se refiere a la división de la superficie de tierra en unidades más pequeñas, que tienen características similares relacionadas con la aptitud de tierras, la producción potencial y el impacto ambiental (FAO, 1996).

Una zona **agro-ecológica** es una unidad cartográfica de recursos de tierras, definida en términos de clima, fisiografía y suelos, y/o cubierta de tierra, y que tiene un rango específico de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras (FAO, 1996).

Una **celda agro-ecológica (AEC)** se define como una combinación única de fisiografía, suelo y características climáticas. La AEC es la unidad básica de referencia para el análisis físico en estudios de ZAE (FAO, 1996).

D. Régimen térmico

De acuerdo a la FAO (1997), El régimen térmico es el otro parámetro básico que se utiliza para definir las zonas agroecológicas. El régimen térmico se refiere a la cantidad de calor disponible para el crecimiento y desarrollo de la planta durante el período de crecimiento.

Normalmente se define por medio de la temperatura diaria durante el periodo de crecimiento. En evaluaciones regionales y nacionales de ZAE, las zonas térmicas se pueden definir en base a intervalos de temperatura de 5°C ó 2.5°C. En áreas templadas o subtropicales, se requiere con frecuencia un tratamiento más detallado de los regímenes térmicos (FAO, 1996).

E. Unidad cartográfica de suelos

Según la FAO (1996), la unidad cartográfica de suelos es la unidad básica de un mapa de suelos. En mapas de pequeña escala, las unidades cartográficas de suelos raramente comprenden suelos individuales, puesto que normalmente consisten en una combinación de un suelo dominante con suelos asociados. Cuando varios suelos de una unidad cartográfica se presentan en proporciones definidas en un determinado modelo geográfico, constituyen una asociación de suelos. Si tal modelo no existe, forman un suelo complejo.

La presencia de cada tipo de suelo en cada unidad cartográfica se establece en términos de sus características y cualidades, que hacen referencia a los requisitos edáficos de las plantas o de los usos de tierras para su manejo y conservación (FAO, 1997).

F. Tierra y suelo

Según la FAO (1997), el uso de los términos unidad de suelo y unidad de tierra no siempre queda claro en las publicaciones de FAO donde se describen la evaluación de

tierras y la ZAE. Tierra, de acuerdo a la definición de FAO, incluye el clima, mientras que suelo incluye propiedades de la superficie de la tierra excluyendo los datos de clima. Una unidad cartográfica de suelo o tierra es una entidad espacial, que no es necesariamente uniforme en términos de características de tierra. Dado que una unidad de suelo se puede fácilmente confundir con una unidad cartográfica, se sugiere el término tipo de suelo para referirse a una unidad con un conjunto específico de características de suelo.

Según la FAO (1996), suelo es lo que cubre la superficie de la tierra en una manera más o menos continua, que se forma por procesos que actúan sobre y cerca de la superficie de la tierra, entre ellos el desgaste por la acción atmosférica y la reorganización física, química y biológica del material mineral y orgánico. El suelo muestra una influencia, e incluso puede formarse como, el resultado de la actividad humana. Es la capa de materiales orgánicos y minerales que cubre la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman los alimentos que les son necesarios para su nutrición.

G. Inventario de recursos de tierras

Según la FAO (2006), el inventario de recursos de tierras es esencialmente una superposición de información de suelo y clima. Las unidades resultantes son las zonas agro-ecológicas, que tienen una combinación única, o un rango específico, de unidades cartográficas, regímenes de períodos de crecimiento, y regímenes térmicos; mientras que las celdas agro-ecológicas representan una combinación única de períodos de crecimiento, regímenes térmicos y tipos de suelo. Las características de tierra relevantes de cada AEC se relacionan con sus limitaciones climáticas y de suelo.

La información sobre administración, posesión y uso actual de tierras, relacionada con su disponibilidad potencial, se puede incorporar también en el inventario de tierras. Las técnicas de superposición múltiple son particularmente aplicables cuando se usan SIG (FAO, 1997).

H. Erosión

De acuerdo a la FAO (1997), la erosión de suelos es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El criterio más amplio de la erosión de suelos consiste en compararlo con otros procesos de desgaste del paisaje, porque la erosión del suelo deberá reconocerse como el problema dominante solamente cuando y donde sea el proceso más rápido.

Según la FAO (1996), la erosión edáfica es un aspecto normal del desarrollo del paisaje, pero solamente en algunas partes del mundo domina otros procesos de denudamiento. Los otros procesos principales de remoción de sedimentos son el movimiento de masas y la solución, y cada uno de ellos es también dominante en ambientes adecuados. La erosión del suelo-agua depende de varios factores naturales y actividades humanas, y de su inherente característica que es su gran complejidad.

I. Factores que influyen sobre la productividad y el manejo

Según la FAO (1996), cuando se evalúan la aptitud forestal de una cierta área y la necesidad de introducir prácticas específicas de manejo y conservación de suelos, se deben observar una serie de características importantes del suelo o tierra. Además de las características climáticas tales como la lluvia, otros aspectos relacionados con las condiciones de la tierra como la topografía y las condiciones reales del suelo, se debe examinar la presencia de factores limitantes a fin de poder considerar las implicaciones que puede acarrear la adopción de ciertas prácticas forestales .

a. Ciclo Hidrológico

Según Aparicio (2001), es un ciclo que al describirlo se puede partir del punto en que el agua se evapora de los océanos (en mayor proporción) y de la superficie terrestre por efecto de la radiación solar y viento. Este vapor se transporta y eleva por la atmósfera en forma de nubes hasta condensarse y precipitarse nuevamente a la tierra.

Al momento de efectuarse el proceso de la precipitación, la mayor parte (del agua evaporada), se deposita sobre la superficie de la tierra. Pero en el trayecto el agua puede ser retenida por las plantas o construcciones, para luego infiltrarse en el suelo hasta saturar el mismo y posteriormente escurrir por la superficie hasta las corrientes (Aparicio, 2001).

Del agua que se infiltra en el suelo, una parte regresa a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas, otra parte corre como flujo subsuperficial que se descarga en las corrientes y el resto, pasa a recargar el reservorio de agua subterránea (acuífero), que después emerge en manantiales, ríos o el mar, de donde también puede evaporarse para continuar con el ciclo hidrológico (Aparicio, 2001).

b. Recarga

• Recarga hídrica

Lerner (1990), la define como el proceso donde el flujo de agua desciende en el suelo, hasta alcanzar el nivel freático, incrementando el agua almacenada.

La recarga puede ser natural cuando se produce por infiltración de la precipitación pluvial o de un curso de agua (ríos y lagos), o inducida debido a las actividades del hombre, como riego y urbanización (Lerner, 1990).

También se divide según el tipo de estimación en: recarga actual que es el volumen de agua que alcanza el nivel freático; y recarga potencial que hace referencia al volumen de agua, que puede tomar diferentes destinos como, evapotranspiración, cambio de humedad en la zona insaturada del suelo, descarga a cursos de agua y alcanzar reservorios de agua subterránea (Lerner, 1990).

El área de estudio dentro de la finca Saquichaj, Cobán A.V. debido a la dominancia del fenómeno Karst, las corrientes de drenaje superficial son escasas. Por lo que se

considera mínimo al abastecimiento de estas recargas, entonces no son consideradas en este estudio. Pero el área de estudio se encuentra en una zona permeable (tierras sedimentarias) y este tipo de recarga si se considera para la investigación.

- **Zonas de recarga natural**

De acuerdo a Lesser (2001), son las áreas ubicadas en topografías elevadas y en suelos permeables, que facilitan la infiltración y descenso del agua hacia los reservorios de agua subterránea (acuíferos). Y ésta infiltración puede producirse no sólo por las aguas de lluvia, sino también por las aguas que circulan a través de los arroyos o corrientes (corrientes influentes).

- **Acuíferos**

Según Custodio y Llamas (2001), es la capa o formación geológica donde el agua circula y se almacena, y que puede ser utilizada por el hombre en cantidades económicamente significativas. Lesser (2001), agrega que esta agua en la mayoría de casos sólo puede ser aprovechada a través de pozos.

- **Descarga Natural**

Según custodio y Llamas (2001), es el volumen de agua que en un determinado tiempo sale de la zona de almacenamiento a través de los manantiales cuando la zona saturada queda cerca de la superficie terrestre.

Lesser (2001), indica que la descarga natural de los acuíferos, además de realizarse por los manantiales, se efectúa por las corrientes del río (corriente efluente).

c. Proceso de la recarga hídrica

De acuerdo a Muñoz (1998), el agua proveniente de las precipitaciones después de saturar los espacios vacíos (poros y/o fisuras) del suelo y las pequeñas depresiones superficiales, da inicio a los siguientes tipos de movimientos: superficial, que sigue las líneas de máximo gradiente de energía e infiltración, a través de los espacios vacíos del suelo y subsuelo según el gradiente piezométrico y la permeabilidad del medio.

Según Linsley (1998), el agua que se infiltra a través de la superficie del suelo y no es retenida como humedad del suelo, se mueve hacia los cauces como corrientes subsuperficiales o penetra a la capa freática y alcanza eventualmente el cauce, como agua subterránea.

d. Factores que intervienen en la recarga hídrica

- **Clima**

Según INAB (2003), los factores del clima que influyen en la recarga hídrica son precipitación y evapotranspiración.

- **Precipitación**

Herrera (1998), indica que son todas las formas de humedad que caen a la tierra, entiéndase llovizna, lluvia, escarcha, granizo y nieve.

También menciona varios tipos de precipitación, la precipitación orográfica que resulta del ascenso del aire cuando en su camino se interpone barreras debido a la forma de la tierra (montañas), esta influencia orográfica es tan marcada en terrenos quebrados que los patrones de las tormentas tienden a parecerse a aquellos de la precipitación media anual (Herrera, 1998).

Según Custodio y Llamas (2001), es necesario conocer la precipitación media sobre una finca ya que la cantidad de lluvia recibida en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores y para ello se puede utilizar los siguientes métodos:

- Promedio Aritmético, toma la media aritmética de las medidas obtenidas en los pluviómetros y puede ser útil en trabajos donde no se requiere mucha precisión, siempre que la zona tenga características de homogeneidad climática y física.
- Curvas isoyetas, consiste en interpolar líneas de igual precipitación y es la que proporciona los resultados más precisos en zonas montañosas, cuando el investigador posee un buen conocimiento de las características climáticas y físicas de la zona.

Nittler y Barahona (1993), manifiestan que en Guatemala, hay pocos datos existentes sobre la precipitación que sean de mucha utilidad en el manejo de una finca. Existen datos confiables de cantidades totales en ciertas estaciones climáticas (usualmente en las partes bajas de las cuencas o fincas).

En el caso de la finca Saquichaj cuenta con 3 estaciones climáticas donde hay un registro para tener datos más confiables, ya que la zona en la que se ubica existen grandes variaciones topográficas (zona montañosa).

▪ **Precipitación efectiva**

INAB (2003), manifiesta que desde el punto de vista de recarga a los acuíferos, precipitación efectiva se considera como la porción de la precipitación pluvial que logra infiltrarse en el suelo y que se encuentra disponible para ser utilizada por las raíces de las plantas y/o para recarga al acuífero.

Existen varios factores que intervienen en la determinación de la precipitación efectiva, entre ellos se mencionan los siguientes: Intensidad de la precipitación, velocidad de infiltración en el suelo, la cobertura vegetal y la topografía (Herrera, 1995; INAB, 2003).

A partir de estos factores, existen varios métodos que han sido desarrollados por diversos autores, especialmente para ser utilizados en distritos de riego. Entre ellos, se pueden mencionar los métodos: de la FAO, de Blaney y Criddle, Colegio de Postgraduados, Palacio Vélez y Schosinsky y Losilla (Herrera, 1995; INAB, 2003).

- **Método Schosinsky y Losilla**

Este método según Schosinsky y Losilla (2000), fue desarrollado en Costa Rica en el 2000 y se basa en una ecuación que es el resultado de correlación estadística al analizar diversas bandas de fluviógrafo, Considera la velocidad de infiltración del suelo como el factor principal que condiciona la cantidad de precipitación pluvial que puede infiltrarse. Ésta depende básicamente de las características físicas del suelo como: textura, estructura, compactación y contenido de humedad, que son independientes de la localidad en que se encuentra determinado suelo.

El método considera tres aspectos: Relación entre infiltración de agua en el suelo y la intensidad de lluvia (fracción que infiltra por efecto de la textura del suelo), factor de pendiente del terreno (fracción que infiltra por efecto de pendiente) y factor de cobertura vegetal (fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal). La suma de estos aspectos es el valor de coeficiente de infiltración del suelo (Schosinsky y Losilla, 2000).

- **Evapotranspiración**

Según Linsley (1998), al estudiar el balance hídrico de un área de drenaje, el interés principal radica en la determinación de las pérdidas de agua total o evapotranspiración.

Nittler y Barahona (1993), indican que esta consta de dos procesos, evaporación y transpiración, que por la dificultad de separar la medición en el campo y debido a que tienen el mismo impacto neto en el rendimiento de agua en una cuenta, usualmente son definidos y medidos en conjunto.

La evaporación es el proceso de cambio de agua del estado líquido a gaseoso, donde el suelo juega un papel de reservorio en la cuenca. Esta toma lugar en la superficie, debido al movimiento del agua dentro del suelo hacia la misma e influye mucho en los niveles de evaporación (Custodio y Llamas, 2001).

La transpiración es básicamente un producto del proceso de respiración por parte de las plantas. Las plantas absorben agua del suelo y a través sus procesos internos, trasladan el agua hacia la superficie de las hojas y corteza, donde el agua se evapora.

Thornthwaite, citado por Custodio y Llamas (2001), en 1948, introduce para propósitos prácticos las siguientes divisiones:

- Evapotranspiración Potencial: Es la pérdida de agua cuando se supone que el desarrollo de las plantas es óptimo y el suelo permanece a capacidad de campo.
- Evapotranspiración real: Es el agua perdida en determinada área, al satisfacer total o parcialmente la demanda de la cobertura vegetal en función del desarrollo y condiciones de humedad del suelo.

Según Cabrera (1997), los valores típicos de evapotranspiración potencial varían entre 1 a 3 mm/d para los climas templados, de 5 a 8 mm/d en los trópicos húmedos y de 10 a 12 mm/d en regiones áridas.

▪ **Estimación de la evapotranspiración potencial**

Según Herrera (1995), los métodos modernos se basan en el cálculo de la evapotranspiración potencial, que puede ser determinada por métodos directos e indirectos.

Entre los métodos directos se encuentran, lisímetros y parcelas de campo, que son métodos que implican un gran costo y bastante tiempo; y en los métodos indirectos se pueden mencionar algunos como: Blaney y Criddle, Thornthwaite, Penman y Hargreaves (Herrera, 1995).

Donde los primero por ser desarrollados en latitudes diferentes a Guatemala, proporcionan resultados inferiores a los verdaderos, en el caso del método de Penman proporciona los mejores resultados pero en Guatemala y especialmente en la finca Saquichaj de Cobán A.V. por carecer de una estación meteorológica tipo A no se puede emplear.

1. Método de Hargreaves

Herrera (2002), menciona que es un método práctico y confiable, porque es una ecuación diseñada para la región centroamericana, por el investigador Hargreaves. Esta ecuación permite estimar la evapotranspiración potencial en función de las variables: temperatura media, radiación solar extraterrestre, brillo y la humedad relativa.

J. Suelo

a. Textura y estructura

Según Sandoval (1989), la textura y estructura intervienen básicamente en la infiltración del agua, el movimiento del agua dentro del suelo y la cantidad de agua disponible para las plantas.

Nittler y Barahona (1993), indican que la textura del suelo influye mucho en la infiltración, por ello los suelos arenosos son mucho más permeables que los suelos arcillosos. En los suelos arenosos los poros son más grandes e interconectados por lo que facilitan la infiltración. Y las diferentes estructuras de los suelos influyen en la configuración de los poros y espacios dentro del suelo, por lo que incrementan o afectan la infiltración.

b. Densidad aparente

Según Sandoval (1989), indica que la densidad aparente depende de la textura del suelo y que está relacionada con el volumen del espacio poroso, por ello se modifica cuando los suelos se compactan. La densidad aparente de los suelos no cultivados oscila entre 1.0 y 1.6 gr/cc y su importancia radica en que permite calcular la lámina de agua para las diferentes unidades de suelos, al conocer las constantes de humedad y la profundidad radicular.

c. Contenido de humedad

INAB (2003), indica que el contenido de humedad de los suelos es una característica muy importante en el balance hídrico, porque según su comportamiento interviene en la infiltración, en la cantidad de agua que toman las plantas y en la recarga de agua a estratos profundos, Por ello, se determinan contenidos de humedad como capacidad de campo, punto de marchitez permanente y humedad aprovechable.

- **Capacidad de campo**

Según Custodio y Llamas (2001), es el contenido de humedad del suelo cuando ha perdido el agua gravitacional. Es importante porque es el agua que podrá ser aprovechada por las plantas para su desarrollo.

- **Punto de marchitez permanente**

Sandoval (1989), define este contenido de humedad como, el agua retenida por el suelo que no puede ser aprovechada por las plantas, por ellos se reducen los valores de evapotranspiración real.

- **Humedad aprovechable**

Según Sandoval (1989), es la diferencia entre el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo, como límite superior aprovechable y el punto de marchitez permanente como límite inferior aprovechable y representa la lámina de agua disponible para las plantas.

- d. Infiltración**

De acuerdo a Custodio y Llamas (2001), es el porcentaje de agua de la precipitación pluvial que penetra por la superficie del suelo en un determinado tiempo.

Nittler y Barahona (1993), dividen a la infiltración en inicial y básica. La inicial es la cantidad de agua infiltrada durante las primeras dos horas de lluvia cuando los suelos no están saturados. En esta etapa la infiltración es más rápida, dado que los poros están vacíos y que existe una atracción entre las partículas del suelo y el agua. Y la infiltración básica, es cuando los suelos superficiales ya están saturados y los valores de infiltración se vuelven más o menos constantes.

- **Estimación de la infiltración básica**

Según INAB (2003), existen diferentes métodos para definir la infiltración básica de un suelo, entre ellos, los siguientes: Porchet o agujero cilindro invertido y doble cilindro.

- **Método de Porchet o cilindro invertido**

Según INAB (2003), este método se considera preciso y fácil de aplicar en el campo especialmente en las unidades de muestreo a nivel de microcuencia.

Custodio y Llamas (2001), indica que consiste en excavar en el suelo un agujero de radio (R), al cual se agrega agua hasta saturarlo completamente y luego se llena de agua

hasta una altura conocida (h), se mide un cambio pequeño de tiempo (dt), suponiendo que la infiltración (f) en ese intervalo es constante.

K. Topografía

Nittler y Barahona (1993), manifiestan que la topografía es sumamente impactante en la infiltración. En lugares de pendientes fuertes, el agua tiene poca oportunidad de infiltrarse antes de formar la escorrentía superficial. Con condiciones ásperas, usualmente la infiltración es mayor, dado que el agua se mantiene sobre la superficie más tiempo, dando más oportunidad de entrar al suelo.

Según INAB (2003), la topografía influye debido al tiempo de contacto del agua con la superficie, en condiciones planas el agua cae a la superficie y su movimiento será más lento lo que dará un mayor tiempo para que se infiltre, caso contrario sucede en la topografía quebrada, el agua cae y debido a la inclinación del terreno, se desplaza a mayor velocidad pasando a formar parte del agua de escorrentía.

L. Estratigrafía geológica

De acuerdo con Herrera (2002), la estratigrafía o secuencia de rocas que han sufrido deformaciones por la acción de fuerzas de compresión y tensión, presentan diferentes grados de fracturamiento, que modifican sus condiciones originales de porosidad y permeabilidad. Es por ello que muchas rocas que originalmente presentaban condiciones poco favorables para la transmisión y almacenamiento del agua subterránea, se convierte en las zonas de mayor permeabilidad y llegan a constituir buenos acuíferos.

INAB (2003), reporta que es de gran importancia realizar un estudio de la estratigrafía de la zona, para conocer la disposición de los diferentes materiales geológicos, ya que estos pueden afectar la cantidad de recarga hídrica, porque si existe una capa impermeable, no permitirá el paso del agua a mayor profundidad y se generará un flujo subsuperficial que alimentará un cauce cercano o bien emergente en manantiales.

M. Cobertura vegetal

a. Profundidad radicular

Sandoval (1989), indica que la profundidad radicular determina la lámina de agua que es utilizada por las plantas para su desarrollo y depende del tipo de planta, condiciones del suelo y clima. La profundidad radicular de las plantas puede oscilar hasta 2.50 m.

b. Intercepción

Según Nittler y Barahona (1993), es el proceso de retención de la precipitación en los estratos de vegetación y broza, limitando la cantidad de agua que llega al suelo. La intercepción puede captar y guardar hasta 30% de la precipitación en bosques húmedos tropicales. En áreas áridas con menos vegetación, la intercepción disminuye, sin embargo áreas de pastos y arbustos oscilan entre 10% y 20%.

N. Métodos para estimar recarga hídrica

De acuerdo a Lerner (1990), los requisitos de un buen método para estimar recarga son:

- El balance del agua, se refiere a que todo método debe cuantificar el agua que no se recarga para reducir la posibilidad de sobreestimar o subestimar la recarga al acuífero.
- Los procesos de recarga, hacen mención a que todos los métodos dependen del conocimiento de los procesos y mecanismos de flujo del agua para convertirse en recarga.
- La estimación de error, indica que un buen método dará errores mínimos respecto a los parámetros que son difíciles de estimar exactamente.

- La facilidad de uso, se refiere a que los métodos deben requerir datos puntuales, baratos y no especializados (hidrológicos), para que se puedan emplear en los proyectos de investigación.
- Y la extrapolación, establece que necesitando el estudio de recarga un periodo largo, los métodos que pueden emplear datos disponibles por monitoreo para extrapolar estimaciones, son más útiles en comparación a los que requieren observaciones especializadas.

Lerner (1990), reporta que los métodos para cuantificar recarga han sido agrupados en: medida directa, métodos de balance de agua, método Darciano y técnicas de trazadores.

O. Métodos de balance de agua

Según Lerner (1990), este método se basa en que los procesos como precipitación, evapotranspiración y escorrentía superficial pueden ser estimados más fácilmente que la recarga, por tanto esta última es un elemento desconocido que se establece mediante ecuaciones de balance.

Se distingue en este grupo el balance hídrico de suelos en el cual la precipitación y la evapotranspiración potencial constituyen entradas de información para valorar la humedad del suelo y obtener los valores de evapotranspiración real y recarga hídrica (Lerner, 1990).

La ventaja de estos métodos, es que utilizan datos disponibles, rápidos de aplicar y cuantifican toda el agua que entra al sistema. Además, se pueden utilizar para estimar todas las fuentes de recarga y con frecuencia son los únicos métodos viables (Lerner, 1990).

La mayor desventaja es que los errores pueden ser altos debido a que la recarga es el elemento encontrado por balances de otros componentes. Esto, porque es difícil estimar de forma precisa los componentes como evapotranspiración y humedad del suelo que son elementos básicos en el método de balance hídrico de suelos (Lerner, 1990).

a. Balance hídrico de suelo

Según De Ridder (1995), el balance hídrico sirve para cuantificar la situación hídrica de cualquier tamaño de áreas en un periodo de tiempo determinado, para ello se auxilia de la ecuación de hidrología general, que es una representación de la ley de conservación de la masa, la cual es aplicada al ciclo hidrológico.

Esta ecuación se lee, así:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \pm \text{Cambio en el almacenamiento.}$$

De acuerdo a De Ridder (1995), el método de balance hídrico tiene las siguientes cuatro características:

- Puede ser estimado para cualquier subsistema del ciclo hidrológico, así como para diferente tamaño de área e intervalo de tiempo.
- Sirve para controlar, si todo el flujo y los componentes involucrados, han sido considerados cuantitativamente.
- Permite calcular los elementos desconocidos de una ecuación de balance, previendo que los otros componentes son conocidos.
- También puede ser considerado como un modelo del proceso hidrológico completo bajo estudio, esto indica que se puede usar para predecir cómo afecta los cambios imperantes en ciertos componentes que podrían estar sobre otros componentes del sistema o subsistema.

INAB (2003), establece que la recarga hídrica natural se puede estimar y comprobar en base al balance hídrico de suelos, ya que integra todos valores en los cuales se divide la precipitación que cae sobre una determinada zona.

Y según Herrera (2002), los componentes básicos para la estimación de la recarga, a través del balance hídrico, considerando que no existe aporte lateral, son: precipitación pluvial, evapotranspiración, infiltración y escorrentía superficial.

El balance hídrico de suelos para estimar recarga hídrica potencial, se define de la siguiente manera:

$$\text{Rec} = \text{P} - (\text{ETR} + \text{Es} + \text{Ret})$$

Dónde:

Rec = Recarga hídrica natural mm o m³/año

P = Precipitación

ETR = Evapotranspiración real

Es = Escorrentía superficial

Ret = Retención (vegetal y techos)

P. Áreas principales de recarga hídrica natural

De acuerdo al ministerio de agricultura, ganadería y alimentación -MAGA- (1991), basados en un estudio a escala original, establece que para evaluar cuantitativamente la recarga potencial de los Depósitos Fluviales Cuaternarios, en zonas que no tienen datos validados, se pueden adoptar un valor de recarga del 10% de la precipitación media anual, considerando estudios de balance hídrico realizados en la zona de la Costa del Pacífico, donde se ha calculado una recarga del 14% de las precipitaciones medias anuales.

Para la unidad Depósitos Piroclásticos del Cuaternario, se puede adoptar un 15% considerando válido lo que se ha determinado en estudios hidrogeológicos del Valle de Guatemala, donde sobre la base de balance hídricos detallados, ha sido calculada una recarga media variable de entre el 8% (en la subcuenca norte) y el 22% (en la subcuenca Sur), de las precipitaciones anuales medias (MAGA, 1991).

Lerner (1990), reporta que para regiones donde predominan rocas acidas cristalinas se pueden encontrar recargas altas, arriba del 15% de la precipitación promedio anual, cuando influye la composición química y fractura de las rocas.

Q. Áreas críticas de recarga hídrica natural

INAB (2003), expresa que se les denomina a aquellas áreas que se consideran susceptibles a disminuir su recarga potencial al ser sometidas a un manejo inadecuado, y se determinan a partir de las áreas principales de recarga hídrica natural, por tanto deben ser objeto de un manejo especial que permita mantener y/o manejar sus características.

Las áreas críticas se reconocen considerando básicamente los siguientes aspectos: geología, infiltración básica, recarga anual (lámina) y pendiente (INAB, 2003).

R. Sistemas de información geográfica

Según la FAO (1996), un sistema de información geográfica (SIG), es un conjunto de elementos físicos y lógicos, de personas y metodologías, que interactúan de manera organizada, para adquirir, almacenar y procesar datos georeferenciados, para luego producir información útil en la toma de decisiones.

De una manera más específica podemos decir que un sistema de información geográfica se define como el conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

Los sistemas de información geográfica (SIG) han surgido como poderosas herramientas para la manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos, estadísticos, espaciales y temporales, que son necesarios para generar, de una forma flexible, versátil e integrada productos de información, ya sean mapas o informes, para la toma de decisiones

sobre el uso de tierras. En los últimos años, FAO ha desarrollado sistemas SIG relacionados con la metodología ZAE y otros modelos similares, a fin de acercarse a la problemática 'tierras – alimentos - personas' a nivel global, nacional y sub-nacional. Hasta ahora las aplicaciones se han dirigido fundamentalmente a relacionar productos del uso de tierras con otros objetivos de desarrollo tales como producción de alimentos, auto-abastecimiento de productos, necesidades de capital o capacidad de soportar población; tomando en consideración limitaciones de fertilidad, salinidad y erosión de suelos y riesgos de degradación de tierras. Muy buenos resultados se han conseguido en el desarrollo de herramientas SIG para la planificación de los recursos naturales, su gestión y control a diferentes escalas (FAO, 1997).

En un SIG, los componentes de un dato geográfico son:

- Espacial: Geometría: Posición absoluta de cada objeto respecto a unos ejes de coordenadas (X/Y).
- Topología: Relaciones entre los objetos (polígono A es vecino de B, la línea E corta el polígono C, el punto D esta fuera del polígono A, etc.).
- Temático: Variables ligadas a cada objeto (valores de la población en cada municipio)

En general, en un dato geográfico se pueden diferenciar dos aspectos conceptuales: el espacial (geometría más topología) y el temático. Un SIG debe ser capaz de representar digitalmente ambos. Según la FAO (1996), Existen varias posibilidades para organizar esta doble base de datos (espacial y temática)

- **En primer lugar**, el modelo de SIG denominado híbrido, que utiliza dos bases de datos diferentes, una para cada uno de los elementos fundamentales, y por lo tanto está constituido por la base de datos espacial y la base de datos temática.
- **En segundo lugar**, la otra posibilidad de organización es incluir ambos tipos de datos en una única base de datos mixta, que reúna tanto las características espaciales como las temáticas. En la actualidad, el modelo híbrido tiene más éxito y difusión entre los programas SIG comerciales. El modelo integrado es más lento en su funcionamiento o requiere ordenadores más potentes.

2.2.2 Marco Referencial

A. Aspectos generales del área de estudio

a. Ubicación geográfica

El área donde se llevó a cabo la zonificación agroecológica, está dentro de la finca Saquichaj, Cobán Alta Verapaz. Ésta se encuentra ubicada entre las aldea de Camcal, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, jurisdicción de la región forestal II y sub-región II-3 de INAB. En la figura 1, se observa que la finca, geográficamente está comprendida entre las coordenadas $15^{\circ} 37' 12''$ y $15^{\circ} 30' 00''$ de latitud norte y entre los paralelos $90^{\circ} 29' 24''$ y $90^{\circ} 22' 00''$ de longitud oeste. Está comprendida en la hoja cartográfica Rubelten No. 2162-III editada por el IGN, en el año de 1974 a escala 1:50,000.

En la figura 2, está la ubicación del área donde se llevó a cabo la zonificación agroecológica. Ésta dentro de la finca Saquichaj. La finca tiene una extensión de 1895.21 hectáreas.

El área de trabajo tiene una extensión de 1,645.15 hectáreas (77.3%), esta área que fue zonificada en la actualidad tiene una cobertura de bosque natural y plantaciones forestales. Las plantaciones forestales están próximas a ser aprovechada. En los siguientes 5 años. Razón por la cual se optó por esta área, así los resultados de esta investigación serán comprobados al momento de poblar nuevamente las áreas, luego del aprovechamiento.

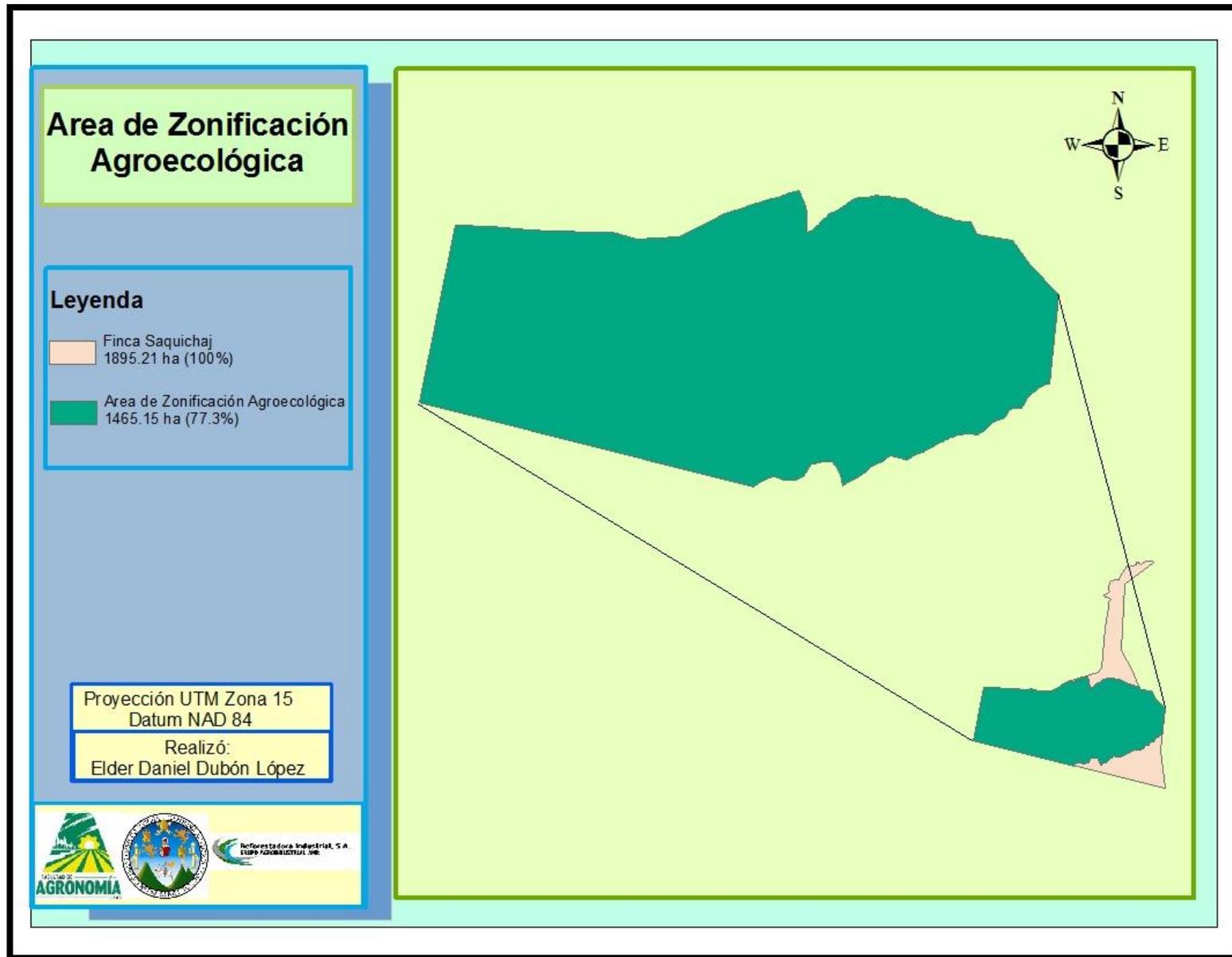


Figura 2.2. Mapa de Área de Zonificación Agroecológica.

b. Vías de acceso

La principal vía de acceso hacia la finca es la Carretera CA-14 que parte de la ruta al Atlántico (CA-9) en el Rancho, El Progreso; se extiende al norte, pasando por los municipios de Purulhá (Baja Verapaz), Tactic, Santa Cruz Verapaz y Cobán (Alta Verapaz) luego se toma la carretera asfaltada rumbo a Chisec, para llegar a la finca Saquichaj se desvían en el Km. 238.5 en la aldea Cerro Lindo hacia la izquierda tomando una carretera de terracería donde se recorren 9 Km. para llegar al casco patronal de finca Saquichaj (ver figura 3).

c. Topografía

El área de zonificación agroecológica está comprendida en la hoja cartográfica Rubelten No. 2162-III editada por el IGN, en el año de 1974 a escala 1:50,000. El área total de 1465.15 ha. Que representa el 100% de la superficie donde se realizó la investigación (ver figura 4).

d. Hidrografía

Los reconocimientos de campo y el mapa de cuencas de la república de Guatemala indican: la finca cuentan con corrientes efímeras que desembocan en sumideros o siguanes, ubicándose la finca Saquichaj dentro de la micro cuenca Sachichá, tributario de la cuenca del río Usumacinta dentro de la vertiente del Golfo de México (ver figura 5).

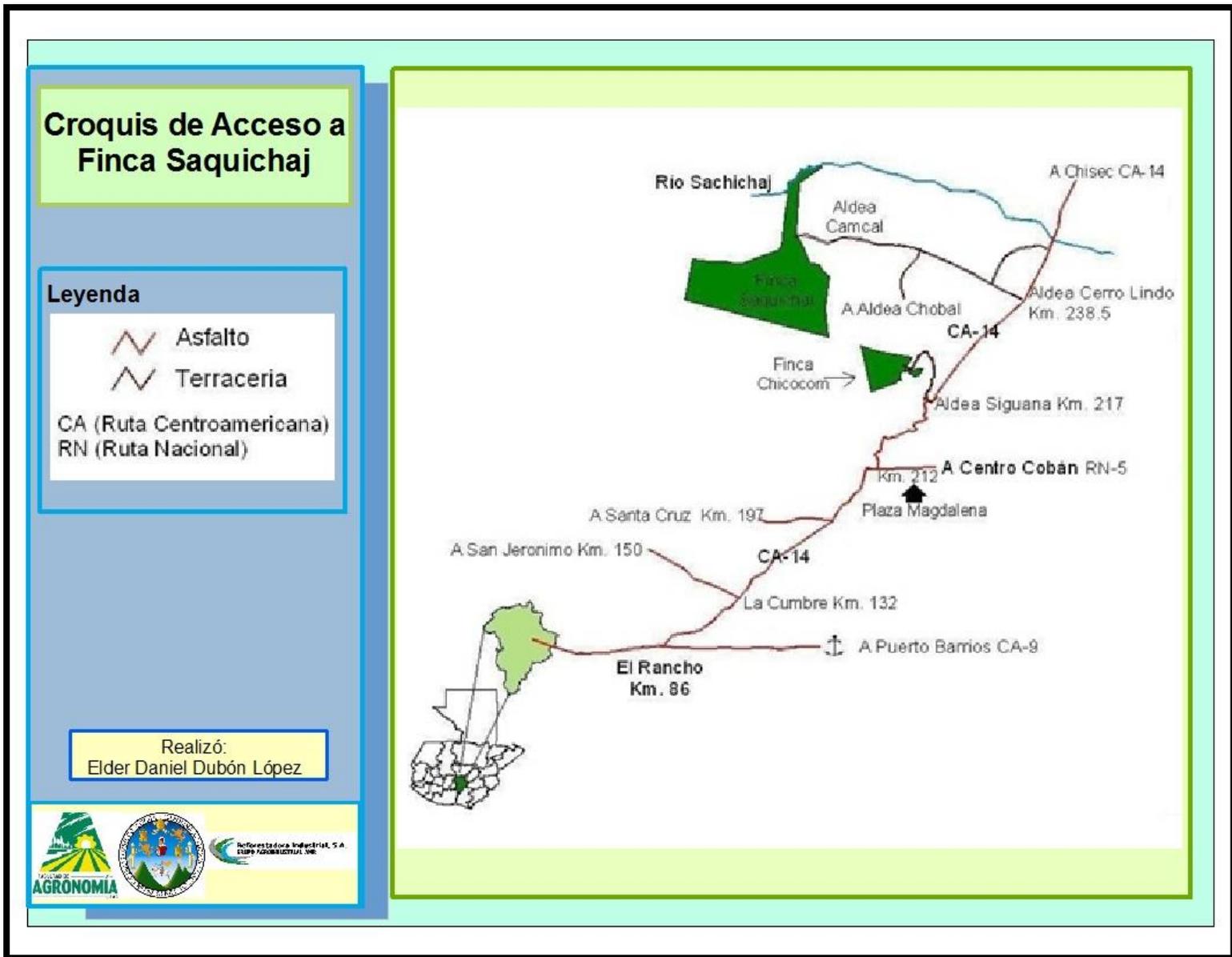


Figura 2.3. Vías de Acceso a la Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

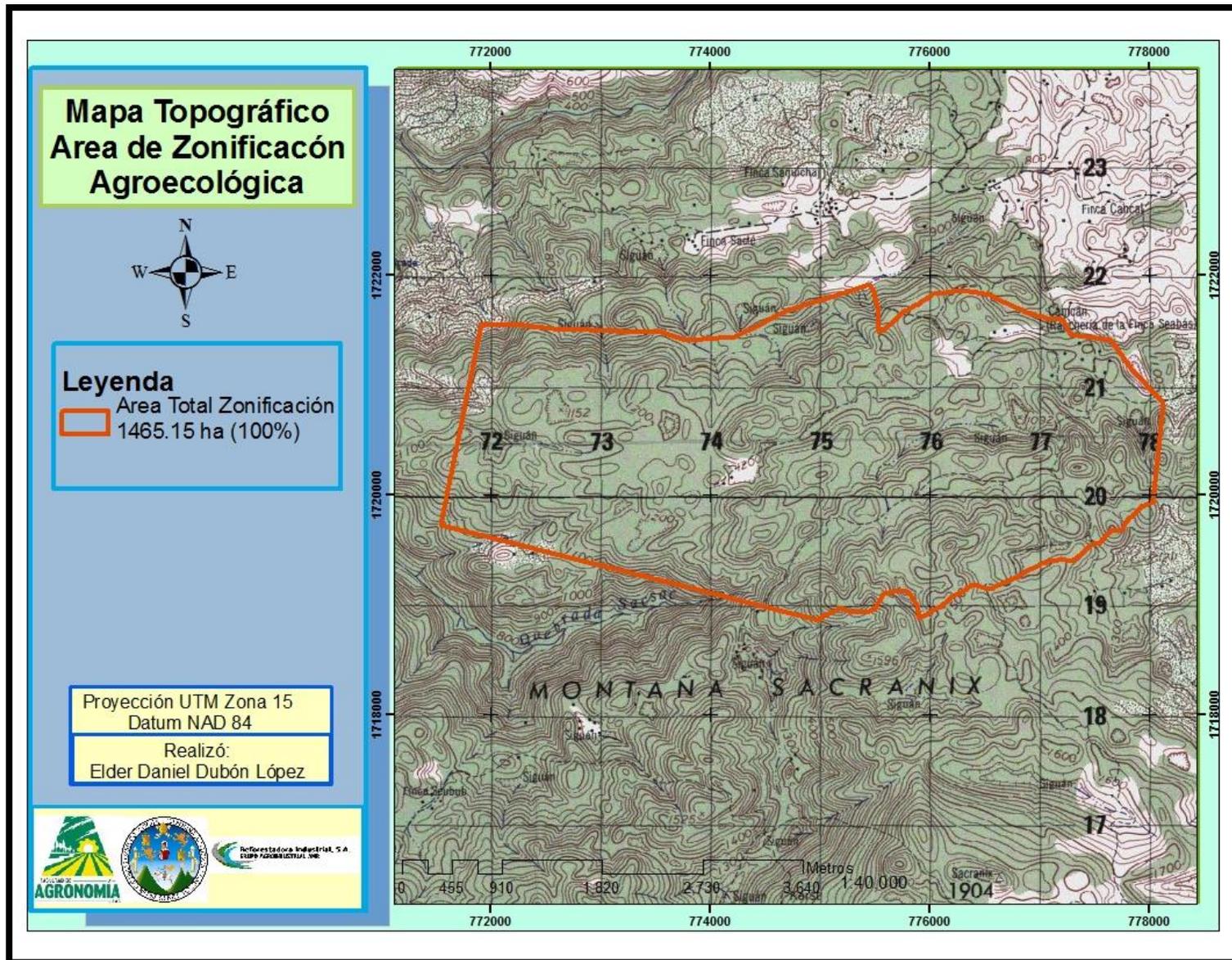


Figura 2.4. Mapa de Topográfico del área de zonificación Agroecológica

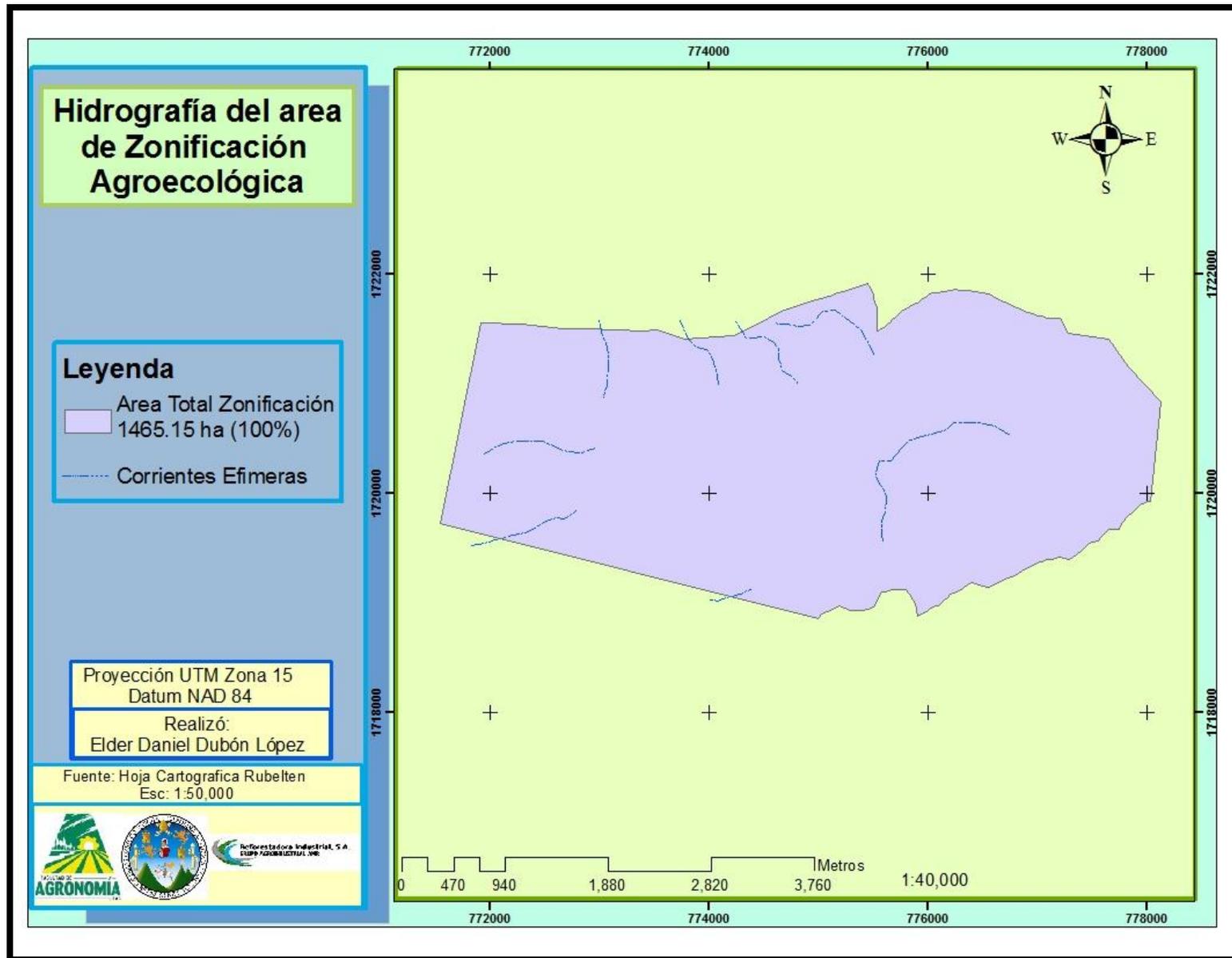


Figura 2.5. Mapa Hidrográfico del área de Zonificación Agroecológica.

e. Elevación sobre el nivel del mar

Según el mapa de curvas a nivel a cada 500 metros, elaborado por el MAGA (2002), la unidad de trabajo para la zonificación agroecológica se encuentra en una elevación que va desde los 900 msnm la parte más baja, hasta los 1,500msnm (ver figura 6).

Cuadro 2.1. Datos de Elevación sobre el nivel del mar de la unidad de trabajo

Lugar	Elevación Máxima msnm	Elevación Media msnm	Elevación mínima msnm
Unidad De trabajo para la zonificación Agroecológica	1500	1200	900

Fuente: Base de Datos del MAGA

f. Zona de vida (según Dr. Holdridge)

De acuerdo a De la Cruz (1982), basado en el sistema de Holdridge, la unidad de trabajo se encuentran las siguientes zonas de vida (ver figura 7).

- Bosque muy húmedo Subtropical (frio) (bmh-s(f)), que abarca dentro de la unidad de trabajo 1181.84 ha (80.66%). Se caracteriza por una precipitación que varía de 2,045 a 2,514 mm anuales con un promedio de 2280 mm anuales; una temperatura media anual que oscila entre los 15 a 23 °C. Presenta condiciones de relieve desde zonas onduladas y algunas zonas accidentadas, oscilando da una elevación de 1100 a los 1800msnm, con vegetación natural de *Pinus pseudostrobus*.
- Bosque Pluvial Subtropical (bp-S), Esta zona de vida comprende 283.29 ha (19.34%). Presenta un patrón de precipitación entre los 4410 a los 6577 mm anuales, temperaturas que varían entre los 16 a los 24°C. El relieve es accidentado, con elevaciones desde los 460 hasta los 1400msnm, con vegetación natural de *Alfaroa spp.*

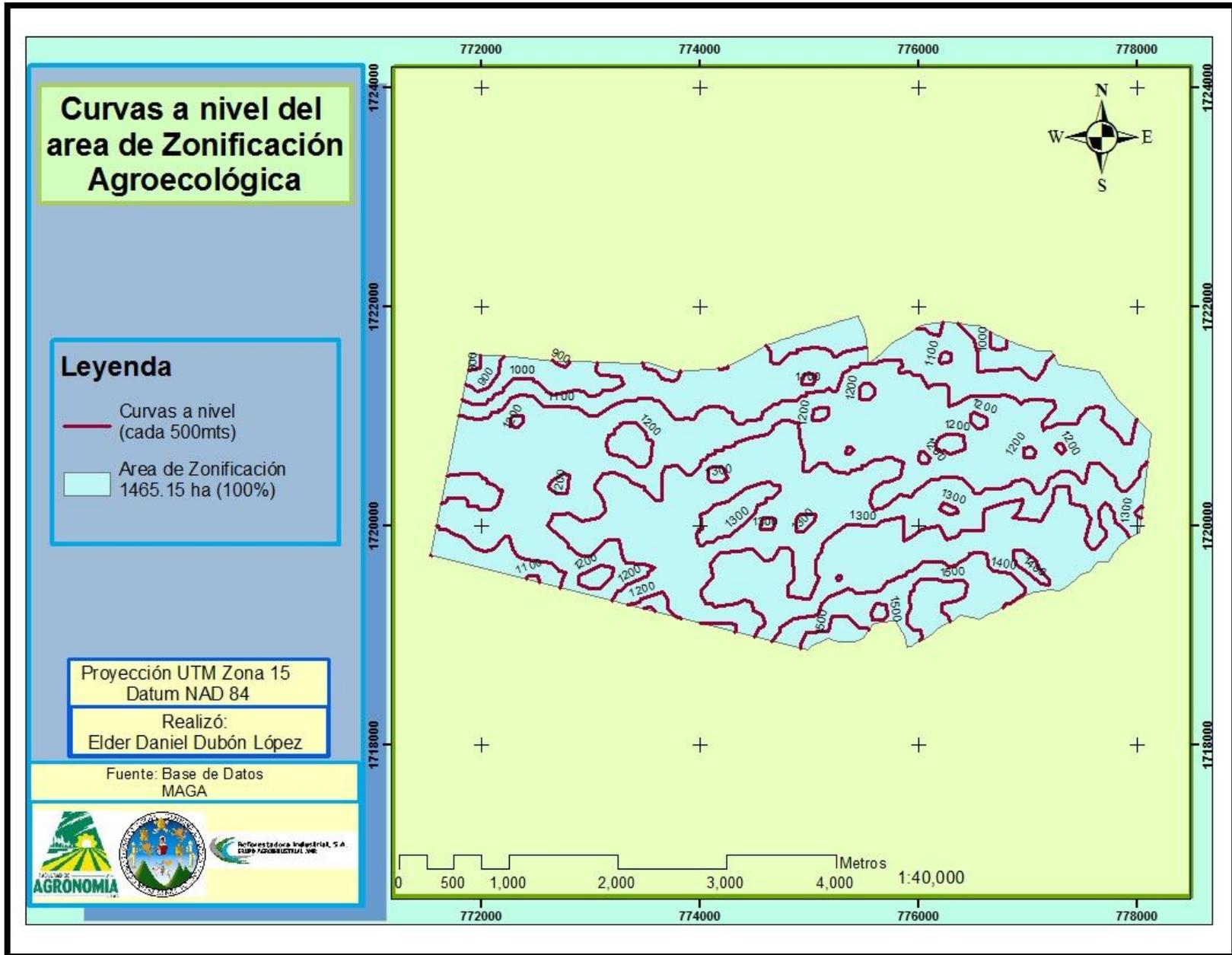


Figura 2.6. Mapa de curvas a nivel cada 500 metros de la unidad de trabajo.

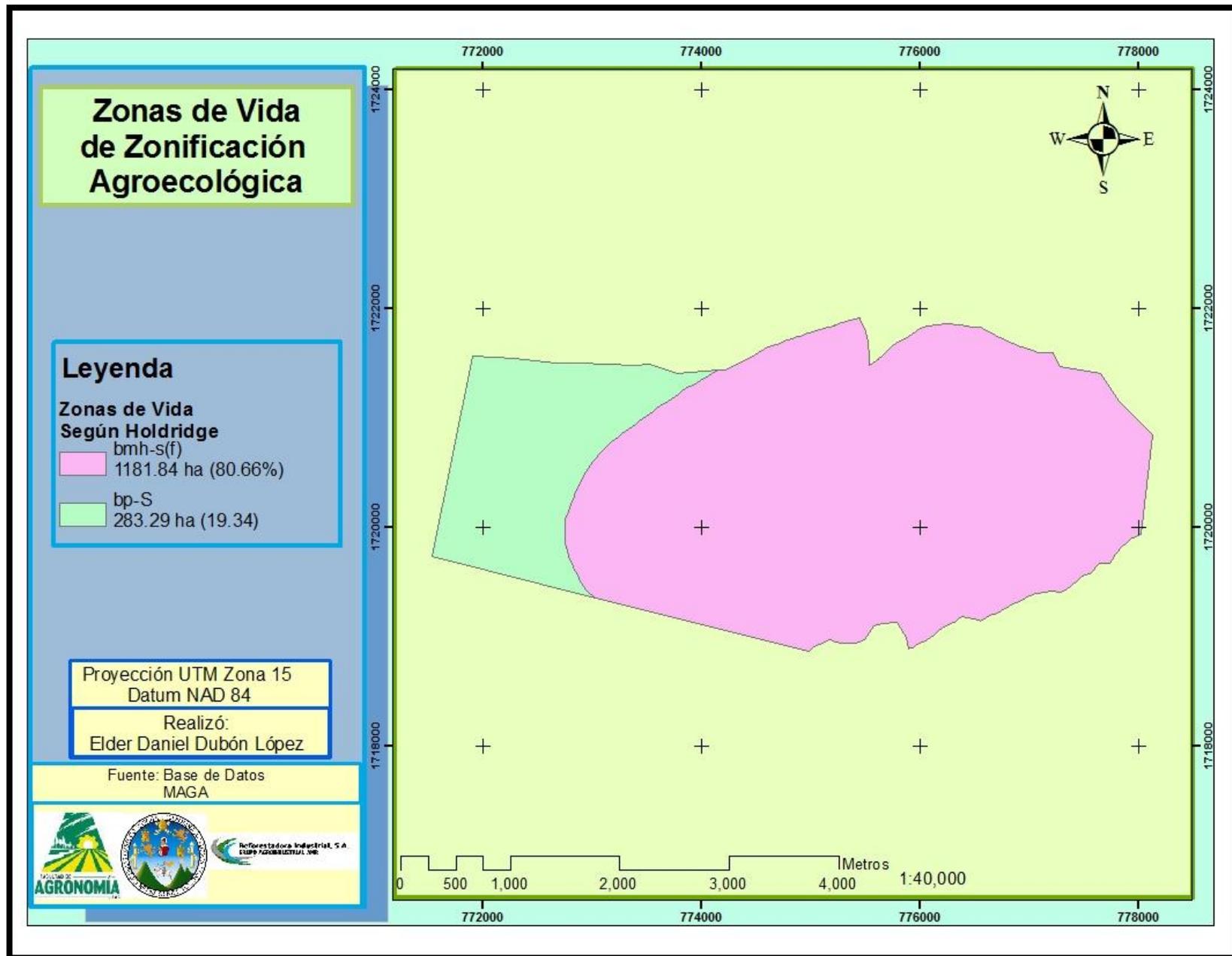


Figura 2.7. Mapa de zonas de vida de la unidad de trabajo.

g. Fisiografía

Según el MAGA (2002), la unidad de trabajo para la zonificación agroecológica, se encuentra dentro del gran paisaje de Sierra Plegada de Chamá, que pertenece a la región fisiográfica Tierras Altas Sedimentarias; debido a la dominancia del fenómeno karst, las corrientes de drenaje superficial son muy escasas. Es de la edad terciaria, por lo que esta unidad estuvo relacionada algún tiempo a un ambiente marino poco profundo. Hay presencia de carbonatos, como: calizas, dolomías y evaporitas.

h. Geología

Según el MAGA (2002), la unidad de trabajo para la zonificación agroecológica se encuentra dentro de la unidad geológica rocas sedimentarias del periodo cretácico, esta unidad ocupa el 100% de la superficie; 14564.15 ha. Y se detalla a continuación.

- Rocas Sedimentarias del periodo cretácico (Ksd): El tipo de rocas de esta unidad son rocas sedimentarias, de la edad cretácico superior, terciario y cuaternario, con características de carbonatos neocomianos – camapanianos.

i. Suelos

Según Simmons et al. (1959), en la unidad de trabajo de la zonificación agroecológica de la finca Saquichaj existe una sola serie de suelos, ocupando el 100% de la superficie; 1465.15 ha. Y es la serie Cobán (Cb).

- La serie de suelos Cobán (Cb), el perfil del suelo se caracteriza por tener una profundidad de 0 – 0.4 m. color café muy oscuro, textura franco – limosa; el subsuelo es franco – arcillo – limosa a arcilla, a una profundidad de 1.5 m; con buen drenaje interno y un pH de 6.2.

j. Taxonomía de suelos

Según el MAGA (2002), la unidad de trabajo de la zonificación agroecológica el 100% de la superficie; 1465.15 ha, pertenece al orden de los ultisoles (Ult), que se describe a continuación:

- **Ultisoles (Ult):** Es tos son suelos que normalmente presentan una elevada alteración de sus materiales minerales, presentan un horizonte interior con alto contenido de arcilla (argílico) el cual tiene baja saturación de bases (menor del 35%). La mayoría de los ultisoles son suelos pobres debido al lavado que han sufrido. Tienen niveles de productividad muy bajos y deben ser manejados en forma extensiva, pero no con cultivos o actividades productivas exigentes de nutrientes

k. Uso de la tierra

Según el MAGA (2002), en la unidad de trabajo se ubicó una sola categoría de uso y/o cobertura vegetal; Bosque de latifoliadas y coníferas, la cual se describe a continuación:

- **Bosque:** Este categoría ocupa el 100% del área de la unidad de trabajo, eso es igual a 1,465.15 ha; este grupo se divide en subgrupos que son de latifoliadas (Selva) y coníferas.

2.3 Objetivos

2.3.1 General.

1. Realizar la zonificación agroecológica de una fracción de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, para determinar las características de esta.

2.3.2 Específicos.

1. Caracterizar los suelos y tierras de la finca Saquichaj
2. Describir las características hidroclimáticas de la finca Saquichaj
3. Formular lineamientos de manejo de las diferentes áreas de la finca Saquichaj

2.4 Metodología

Para cumplir con los objetivos de la presente investigación se procedió de la siguiente manera:

2.4.1 Caracterizar los suelos y las tierras de la finca

En el cumplimiento de este objetivo se pretendía determinar aspectos fisiográficos, de capacidad de uso, cobertura y uso e intensidad de uso de la finca.

Se realizó un mapa de unidades fisiográficas mediante técnicas de interpretación aerofotográfica, para definir y delimitar las unidades de mapeo; lugar donde se hizo el muestreo en el campo. Las unidades contemplaron un análisis del gran paisaje, y de este se analizaron componentes como: geología, clima, topografía, suelos e hidrografía.

Los mapas impresos de esta fase se obtuvieron a escala 1:40,000.

A. Unidades fisiográficas – geomorfológicas.

Para el estudio fisiográfico del área se realizaron las siguientes actividades:

- Se obtuvieron 3 fotografías aéreas en formato papel a escala 1:60,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), porque a través de estas fotografías se logró visualizar toda el área útil de la unidad de trabajo que está dentro de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.
- Se realizó fotointerpretación con las fotografías aéreas a escala 1:60,000 a través del uso de un estereoscopio, logrando así una imagen en tres dimensiones del área de estudio, para observar la elevación y depresión de la superficie de la unidad de trabajo (área donde se realizó la zonificación agroecológica)

- A continuación se elaboró la leyenda fisiográfica geomorfológica de la unidad de trabajo. Se consideró aspectos de: pendiente, material original, relieve, elevación y cobertura.

B. Estudio de capacidad de uso de la tierra

Para realizar el estudio de capacidad de uso de la finca se realizó un levantamiento edafológico con la metodología de INAB, y se apoyó el trabajo con la metodología de USDA, por motivos de análisis de laboratorio de suelos y por incluir otras variantes, tales como: limitaciones climáticas y erosión, exceso de agua y limitaciones en la zona radicular, variables necesarias para lograr la zonificación agroecológica.

El proceso para realizar el estudio de capacidad de uso del suelo fue el siguiente:

- **Primera fase de gabinete**

- a. Recopilación y análisis de información biofísica**

Se obtuvo información secundaria como:

- Localización geográfica
- Ubicación política
- Acceso
- Información relevante sobre clima y sus variables: precipitación pluvial, temperatura, humedad relativa.
- Zonas de vida
- Formas de la tierra
- Origen de los suelos.

b. Mapa de Pendientes

En esta fase se obtuvo el mapa de pendientes de manera preliminar. A través del mapa cartográfico y separación visual, utilizando una plantilla de círculos de la región natural de tierras calizas altas del norte, porque la unidad de trabajo corresponde a esta región.

- **Fase de campo**

c. Determinación de profundidades de suelo y factores modificadores (pedregosidad, drenaje)

En cada una de las unidades fisiográficas geomorfológicas obtenidas a un principio, se realizaron pruebas para determinar la profundidad efectiva del suelo, y verificar si existía alguna limitación de pedregosidad y drenaje.

- **Profundidad Efectiva:** Se realizaron barrenamientos en cada unidad fisiográfica geomorfológica, hasta encontrar la profundidad máxima del suelo susceptible a ser penetrada por los sistemas radiculares de las plantas o hasta topar con algún horizonte "R" o capas endurecidas en forma natural.
- **Pedregosidad:** Se observó en cada unidad fisiográfica geomorfológica, la presencia de fracciones mayores a las gravas (0.045 m. de diámetro), considerando los criterios del INAB (2006), para determinar si son limitantes o no limitantes los afloramientos rocosos en la superficie de las diferentes unidades. En el cuadro 2, se dan los rangos de este factor modificador de la producción.

Cuadro 2.2. Rangos de pedregosidad.

Categoría	Pedregosidad superficial	Rango %
No limitante	Libre o ligeramente pedregosa	menos del 5%
	Moderadamente pedregosa	de 5 a 20%
Limitante	Pedregosa	de 21 al 50%
	Muy pedregosa	de 50 a 90%
	Extremadamente pedregosa	de 90 a 100%

Fuente: INAB 2002

- **Drenaje:** Se observó en cada unidad la presencia directa de capas de agua sobre la superficie, y se le asignó una categoría (limitante, No limitante) de acuerdo al cuadro 3, según el INAB (2006).

Cuadro 2.3. Características de drenaje

Categoría	Drenaje	Características
NO limitante	Excesivo	Suelos porosos como laderas pronunciadas
	Bueno	Estructura física o Pendiente moderada
	Imperfectos	Alto porcentaje de arcilla y pendientes ligeras
Limitante	Pobre	Alto porcentaje de arcilla, pendientes suaves o planas
	Nulo o cenegado	Capas freáticas al nivel del suelo, suelos color gris

Fuente: INAB 2002.

d. Muestras de suelo

En cada unidad fisiográfica geomorfológica, se recolectó una muestra de suelo. Para que existiera homogeneidad en las muestras de suelo que se recolectaron de cada unidad, se tomaron submuestras de acuerdo a la extensión que tenía cada unidad. Por cada 15 ha, se recolecto 1 submuestra de suelo, y al final se tenía una muestra.

e. **Erosión, Exceso de agua, limitaciones en la zona radical y limitaciones climáticas**

Estas variables se evaluaron de manera directa en el campo, en cada una de las unidades fisiográficas geomorfológicas de la siguiente manera:

- **Erosión:** Se determinó la susceptibilidad a la erosión a partir de ver si la superficie de la unidad tenía o no cobertura vegetal.
- **Exceso de agua:** Se observó en las unidades problemas de suelos saturados, con agua en la superficie, o problemas de drenaje.
- **Limitaciones en la zona radicular:** Se observó en las unidades presencia de rocas en la zona radicular, además se hicieron pruebas de infiltración para determinar la capacidad de retener humedad.
- **Limitaciones climáticas:** Esta variable fue determinada en gabinete y verificada en el campo. Se determinó si el clima, como la temperatura no limitaba la capacidad de uso de alguna de las unidades.

f. **Corrección de mapa de pendientes**

En las unidades fisiográficas geomorfológicas previamente definidas en la fase de gabinete, se realizaron mediciones de las pendientes, con el propósito de confirmar y hacer ajustes del mapa preliminar de pendientes realizado en gabinete.

La medición de las pendientes en el campo se realizó con clinómetro, para tener datos precisos.

- **Fase de laboratorio**

Previo a la segunda fase de gabinete, se llevaron las muestras de suelo recolectadas de cada unidad, al laboratorio de Suelo, Planta, Agua “Salvador Castillo Orellana” de la

Facultad de Agronomía, USAC, Campus Central; donde a cada muestra se les hizo los siguientes análisis:

- **Análisis Químico:** Este análisis incluye; pH, nutrientes (P, K, Ca, Mg, Cu, zn, Fe, Mn) CIC, porcentaje de saturación de bases y porcentaje de materia orgánica.
- **Análisis Físico:** Este análisis incluye; densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchites permanente, porcentaje de arcilla, limo y arena, y la clase textural.
- **Segunda fase de gabinete**

g. Mapa de profundidades

Con los resultados obtenidos de la profundidad efectiva del suelo, de cada unidad se realizó el mapa temático de profundidades del suelo. Mapa que más adelante sirvió para determinar las categorías del estudio de capacidad de uso de la tierra.

h. Integración de mapa de unidades de tierra

Se analizaron e integraron todas las variables de estudio de campo y de gabinete. Esto hizo que algunas unidades fisiográficas geomorfológicas se unieran con otras unidades, mientras otras unidades se dividían en más partes.

Luego el mapa con las nuevas unidades se sobrepuso en el mapa de pendientes. Y ahí se delimitaron las nuevas unidades limitadas a través de ambos mapas.

i. Análisis de resultados de laboratorio de muestras de suelo

Se procedió a ver los rangos permisibles de las variables químicas y físicas del suelo que se evaluaron en laboratorio. Para poder describir las características internas que tenga el suelo en cada una de las unidades fisiográficas geomorfológicas.

El análisis de laboratorio de suelos nos dio una mayor precisión de la caracterización de cada unidad del área de estudio, también para cumplir con el objetivo de realizar la zonificación agroecológica.

j. Elaboración de mapa de capacidad de uso

A cada unidad de tierra identificada, con base en los niveles adoptados por cada factor limitante, se le asignó una categoría de capacidad de uso. Posterior a esto, la categoría asignada fue analizada a través de cada uno de los factores modificadores, en este caso solamente la pedregosidad. A efecto de determinar la categoría de capacidad de uso definitiva.

Finalmente se hizo llegar el mapa base a la escala de publicación que es de 1:40,000, se cuantificaran las extensiones de cada unidad de capacidad y se definieron otros elementos que acompañan el mapa temático (leyenda, orientación norte, escala, nombre del mapa temático)

Al finalizar el estudio de capacidad de uso de la tierra, se obtuvo un criterio más amplio para realizar la zonificación agroecológica, porque de aquí salió la caracterización edáfica y de formación o estructura de cada unidad. Estos serán los primeros criterios para empezar a realizar la investigación

C. Estudio de uso y cobertura de la tierra

Para el análisis del uso y cobertura de la tierra de la unidad de trabajo se usó la metodología de la unión geográfica internacional (UGI), modificada por Alvarado (1991) A través de las ortofotos del 2006 a escala 1:10,000; se elaboró de manera preliminar el mapa de uso y cobertura del 2006.

Se rectificó el uso y la cobertura de las unidades, al momento de estar en campo realizando el estudio de capacidad de uso de la tierra. En ningún momento se medirán rendimientos de las plantaciones, solo será una caracterización de la situación que tenga la cobertura vegetal del suelo, para saber cuál es la condición en que se encuentra el bosque natural o la plantación de la unidad. De aquí se desprende el mapa temático de uso y cobertura de la tierra del año 2010. Y se finaliza cuantificando el área de cada categoría de uso dentro de la unidad de trabajo.

D. Estudio de intensidad de uso de la tierra

Para obtener la intensidad de uso de la finca se tomó el mapa de capacidad de uso de la tierra y se sobrepuso con el mapa de uso y cobertura vegetal del 2010. Así se determinaron las áreas que están siendo sobreutilizadas, subutilizadas y uso correcto de la unidad de trabajo. Esto nos dio como resultado el mapa de intensidad de uso de la tierra. Se finaliza cuantificando las extensiones de cada unidad de intensidad de uso.

2.4.2 Describir las características hidroclimáticas de la finca

Para en cumplimiento de este objetivo se describieron y caracterizaron los recursos hídricos disponibles como: zonas de recarga hídrica, zonas de vida y clima.

Se revisaron documentos, se hicieron caminamientos para encontrar zonas importantes para la caracterización hidroclimática, esto se hizo para obtener información necesaria para el estudio.

Las variables climáticas para el estudio fueron analizadas a través de la información de 5 años (2006 - 2010) de funcionamiento que proporcionaron las 3 estaciones meteorológicas que tiene la finca: parte alta, Chicocom (1,600msnm), media, Sarrithá (1,200msnm) y baja, Saquichaj (800msnm).

Las variables climáticas que se midieron en las estaciones fueron:

- Precipitación (mm) a través de pluviómetro.
- Humedad relativa (%), a través de psicómetro.
- Temperaturas máximas (°C) a través de termómetro.
- Temperaturas mínimas (°C) a través de termómetro.

- **Fase de campo**

A. Información climática

Se registró información climática diaria: precipitación, temperatura máxima y mínima, humedad relativa, para el periodo de enero de 2006 a diciembre del 2010. De las 3 estaciones meteorológicas antes descritas.

B. Suelos

Se efectuaron pruebas de infiltración en cada unidad fisiográfica geomorfológica, utilizando el método de Porchet o agujero cilíndrico invertido. Este método se auxilia de la siguiente ecuación:

$$F_c = (r/2(t_2 - t_1)) * \ln (((2h_1) + r) / ((2h_2) + r)) = \text{cm/hr; mm/día}$$

Donde:

F_c = capacidad de infiltración o infiltración básica del suelo

r = radio del agujero

t = tiempo

\ln = logaritmo natural

H = altura dl agua en el agujero

En donde se realizó esta prueba, es donde se determinó la profundidad efectiva, la pendiente y se recolecto muestras de suelo, todo esto antes mencionado en la caracterización de suelos y tierras de la unidad de trabajo.

- **Fase de gabinete**

A. Tipos de análisis de variables climáticas

Con la información se hicieron análisis para hacer representaciones graficas (climadiagramas) de datos de temperatura, precipitación y humedad relativa que tuvieran influencia en la duración del periodo de crecimiento de las especies.

Se realizaron trazos de límites de zonas, isotermas, isopletas e isoyetas. Todo lo que tuviera influencia en la duración del periodo de crecimiento de las especies.

B. Generación de parámetros climáticos

Para esto, fue necesario ver disponibilidad de agua en otros lugares, así como la presencia de aguadas, arroyos, ríos u otros aspectos hídricos.

Para el caso de éstas variables se crearon archivos que contengan información generada mediante procesos de interpolación (análisis de proximidad). A través de herramientas de análisis espacial.

C. Zonas de recarga hídrica

Se determinaron zonas de recarga hídrica, ya que este es un factor que modifica los factores de producción de una área.

Se hizo a través de un modelo de balance hídrico del suelo que relacionará la lluvia con la evapotranspiración potencial.

2.4.3 Formular lineamientos de manejo de las diferentes áreas de la finca

Para lograr cumplir con este objetivo se realizó trabajo de gabinete únicamente, en el cual se hizo un análisis de todos los resultados obtenidos en el cumplimiento de los objetivos anteriores.

A. Instrumento

La metodología zonificación agroecológica (ZAE) desarrollada por FAO es quien da en primera instancia da las bases para la caracterización y evaluación de tierras con respecto a su potencial de uso. Proporcionando las bases para el análisis de los sistemas de uso actuales bajo diferentes condiciones agroecológicas. Al mismo tiempo proporcionó la información básica que puede ser utilizada por instrumentos de análisis y planificación.

- **Fase de Gabinete**

A. Consulta documental

La base metodológica de esta investigación es, la realizada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), específicamente la adaptación realizada para aplicaciones a diferentes niveles de zonificación en países de América Latina y el Caribe.

B. Cuantificar las características de las zonas

La zonificación agroecológica se hizo a través de una base de datos relacionados con sistemas de información geográfica y modelos computacionales.

a. Base de datos

La base de datos se creó a través de los resultados que nos dio el trabajo de campo, en cual se recolectó toda la información necesaria (edafológica, fisiográfica, hídrica, clima, condiciones de la cobertura vegetal)

b. Modelos

Luego de tener la base de datos, se realizaron modelos para la zonificación agroecológica, para realizar estimaciones describiendo la aptitud de las tierras. El nivel de detalle que tenga el modelo será dado por el grado de precisión que alcance el estudio.

c. Sistemas de información geográfica - SIG

Los sistemas de información geográfica (SIG), fueron una herramienta que ayudaron a manipular y analizar los datos, que fueron necesarios para generar de forma flexible, versátil e integrada, los mapas e informes para la toma de decisiones sobre el uso de tierras, a través de la zonificación.

- **Análisis de información:**

A. Generación de base de datos

Se integraron bases de datos que contengan las características edáficas, climáticas, hídricas, fisiográficas y de ubicación en hoja electrónica. Esto a través de un software de programación básica y se generaron archivos digitales compatibles para ser usados en cualquier plataforma SIG, a partir del cual se realizaron los análisis espaciales y estadísticos (interpolaciones).

B. Análisis de mapas agroecológicos

Fue el resultado de la sobreposición de capas digitales con celdas que contengan información temática de clima suelo y fisiografía según parámetros establecidos para las condiciones de la unidad de trabajo.

2.5 Resultados

Los resultados obtenidos en la investigación de zonificación agroecológica de la Finca Saquichaj, pertenecen únicamente a una fracción de la finca (ver figuras 1 y 2). Siendo ésta área la próxima a ser aprovechada (los siguientes 5 años). Para poner a prueba lo antes posible los resultados obtenidos de esta investigación.

Cuadro 2.4. Área útil donde se realizó la zonificación

	Área (ha)	%
Área útil para la zonificación	1465.15	77.3
resto de la finca	430.06	22.7
Área Total de la finca	1895.2	100

2.5.1 Unidades fisiográficas – geomorfológicas

Según la fotointerpretación que se realizó en la unidad de trabajo, a través de un estereoscopio y 3 fotografías aéreas a escala 1:60,000 del IGN, se obtuvieron 18 unidades fisiográficas – geomorfológicas (ver figura 8). A cada una de ellas se le asignó un nombre tomando como criterio, geología, región natural, región fisiográfica, el relieve y criterio personal; También se les asignó una clave para identificar más fácilmente las unidades al momento de hacer la leyenda para el mapa. Se calculó el área que ocupa cada una de ellas y el porcentaje.

En el cuadro 5, se presenta de una manera más clara la leyenda del mapa de unidades fisiográficas, con sus respectivas áreas y porcentajes que ocupan dentro de la finca.

Cuadro 2.5. Unidades Fisiográficas, Área, Porcentaje y Clave.

No.	Unidades Fisiográficas Geomorfológicas	Área (ha)	Porcentaje (%)	Clave
1	Discontinuo	248.92	17.0	IA811
2	Ladera Intermedia	83.47	5.7	IA922
3	Poco Escarpe	166.47	11.4	IA1122
4	Ligero Escarpe	92.06	6.3	IA1221
5	Suave casco	74.63	5.1	IA1331
6	Terraza reciente	34.36	2.3	IA821
7	Ladera continua	80.29	5.5	IA911
8	Ladera Alta saquichaj	82.32	5.6	IA321
9	Ladera Alta	16.00	1.1	IA931
10	Ladera Eluvial	60.32	4.1	IA933
11	Muy ondulado	35.69	2.4	IA932
12	Planicie Iluvial	77.33	5.3	IA1012
13	Muy Escarpado	62.93	4.3	IA1111
14	Mediano Escarpe	22.11	1.5	IA1112
15	Mediano Escarpe II	40.48	2.8	IA1112
16	Erosionadas	95.93	6.5	IA1121
17	Laderas Escarpadas	70.24	4.8	IA1211
18	Inter Casco	121.60	8.3	IA1321
	Total	1465.15	100	

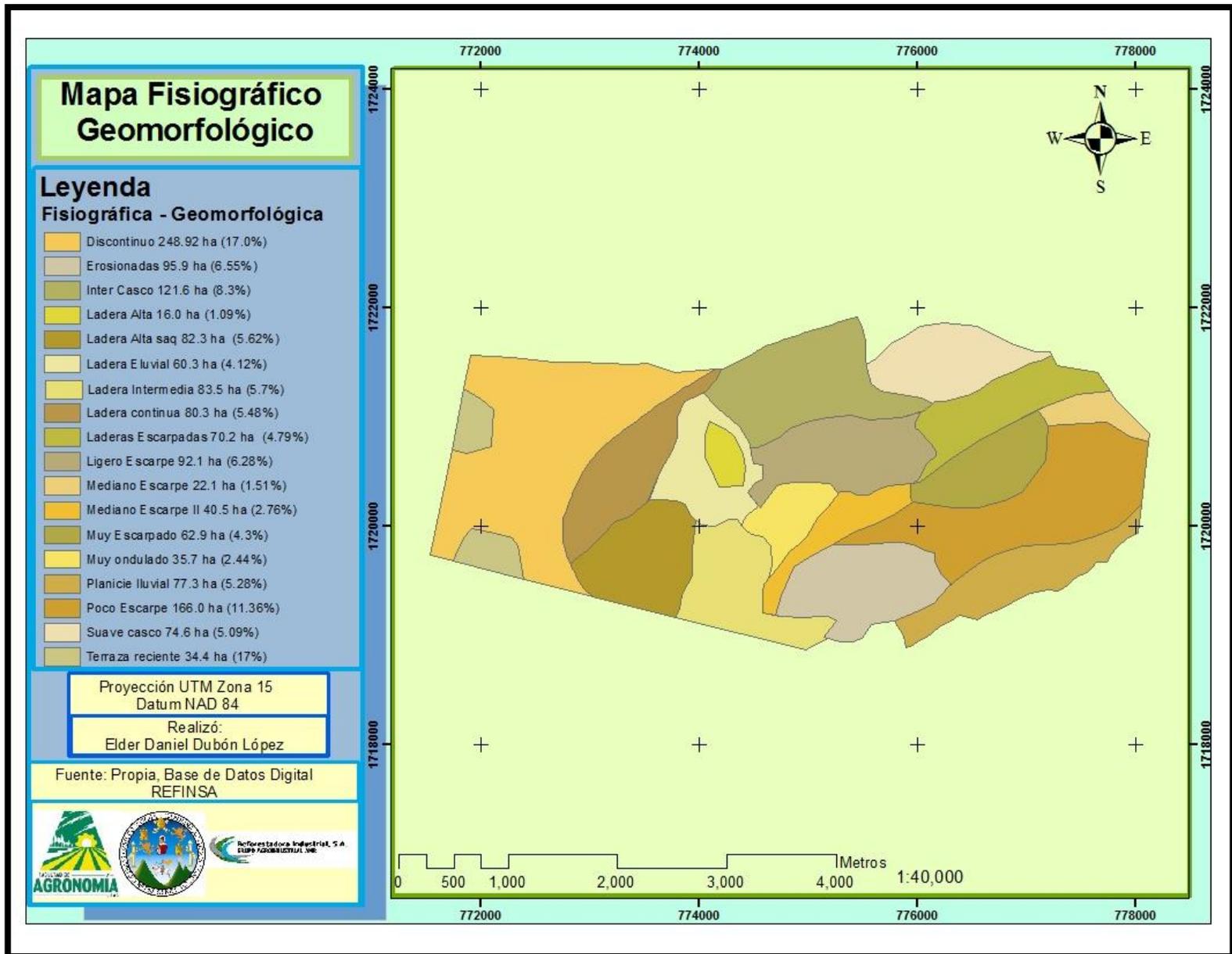


Figura 2.8. Mapa de análisis fisiográfico geomorfológico de la unidad de trabajo.

2.5.2 Estudio de capacidad de uso de la tierra

Para obtener el resultado final del estudio de capacidad de uso de la tierra, se realizó un levantamiento edafológico con la metodología de INAB, y se apoyó el trabajo con la metodología de USDA. Y de manera sistemática se obtuvieron los siguientes resultados.

- **Primera fase de gabinete**

A. Recopilación de Información de fuentes secundarias

En esta primera fase de gabinete se obtuvieron de fuentes secundarias, información relacionada con la finca Saquichaj, dicha información es fue la siguiente:

- Localización geográfica de la finca Saquichaj y la unidad de trabajo.
- Ubicación política.
- Acceso (ver figura 3).
- Información de historial climático (precipitación, temperatura y humedad relativa).

- **Mapa de pendientes preliminares**

En esta primera fase de gabinete también se obtuvo con el uso de una hoja cartográfica, el mapa preliminar de pendientes, como se observa en la figura 9. Donde se obtuvieron 4 categorías de rangos de pendientes y en el cuadro 6, se observa que área ocupa cada categoría.

Cuadro 2.6. Categoría preliminares de pendientes, área y porcentajes

Pendiente	ha	%
menores a 8 %	403.1	27.5
de 16 a 32 %	674.91	46.06
de 32 a 55 %	177.4	12.1
mayor a 55 %	208.6	14.24
Total	1465.15	100

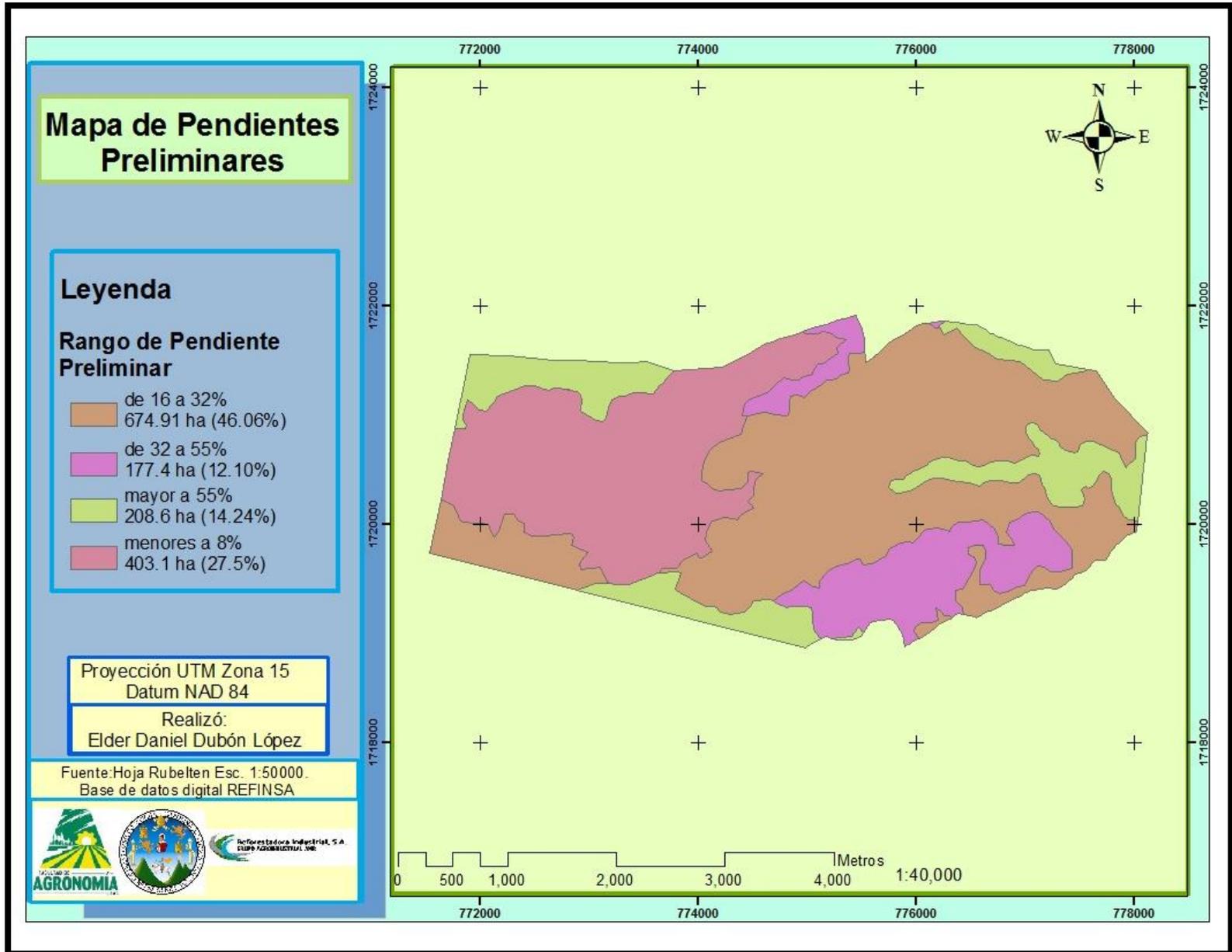


Figura 2.9. Mapa de pendientes preliminares de la unidad de trabajo.

- Fase de campo

A. Mapa de pendientes

Según la metodología de INAB (2002), para el estudio de capacidad de uso, las categorías de pendientes son las siguientes para la región natural de tierras calizas altas del norte.

Cuadro 2.7. Categorías de pendientes para tierras calizas altas del norte

Región natural	Pendiente (%)
Tierras Calizas Altas del Norte	< 8
	8 - 16
	16 - 32
	32 - 55
	>55

Fuente: INAB, 2002

Para obtener el mapa de pendientes definitivo, se realizaron caminamientos en las 18 unidades fisiográficas geomorfológicas y se midieron pendientes en campo a través de un clinómetro. Dando como resultado 4 categorías de pendientes, las cuales se observan en el cuadro 8, notando que desaparece la categoría de pendientes menores a 8 %, obtenida del mapa preliminar de pendiente (ver figura 10).

Cuadro 2.8. Categorías de pendientes y área que ocupa en la unidad de trabajo

Pendiente (%)	ha	%
de 8 a 16 %	27.4	1.87
de 16 32 %	126	8.6
de 32 a 55 %	1130.5	77.16
mayor a 55 %	181.1	12.36
Total	1465.15	100

B. Mapa de profundidades

Según la metodología de INAB (2002), para estudio de capacidad de uso, las categorías de profundidad son las siguientes para la región natural de tierras calizas altas del norte.

Cuadro 2.9. Categorías de profundidades para tierras calizas altas del norte.

Región Natural	Profundidad del suelo (cm)
Tierras calizas altas del norte	> 90
	50 - 90
	20 - 50
	<20

Fuente: INAB, 2002

Para obtener las categorías de profundidad que pertenecen a la unidad de trabajo, se midió la profundidad efectiva en las 18 unidades fisiográficas geomorfológicas, dando como resultado 3 categorías de profundidad las cuales se observan en la figura 11, y se detalla el área que ocupa cada una de las categorías dentro de la unidad de trabajo en el cuadro 10.

Cuadro 2.10. Categorías de profundidad y áreas que ocupan en la unidad de trabajo.

Profundidad del suelo (cm)	ha	%
50 - 90	748.7	51.1
20 - 50	73	5.0
<20	643.5	43.9
Total	1465.15	100

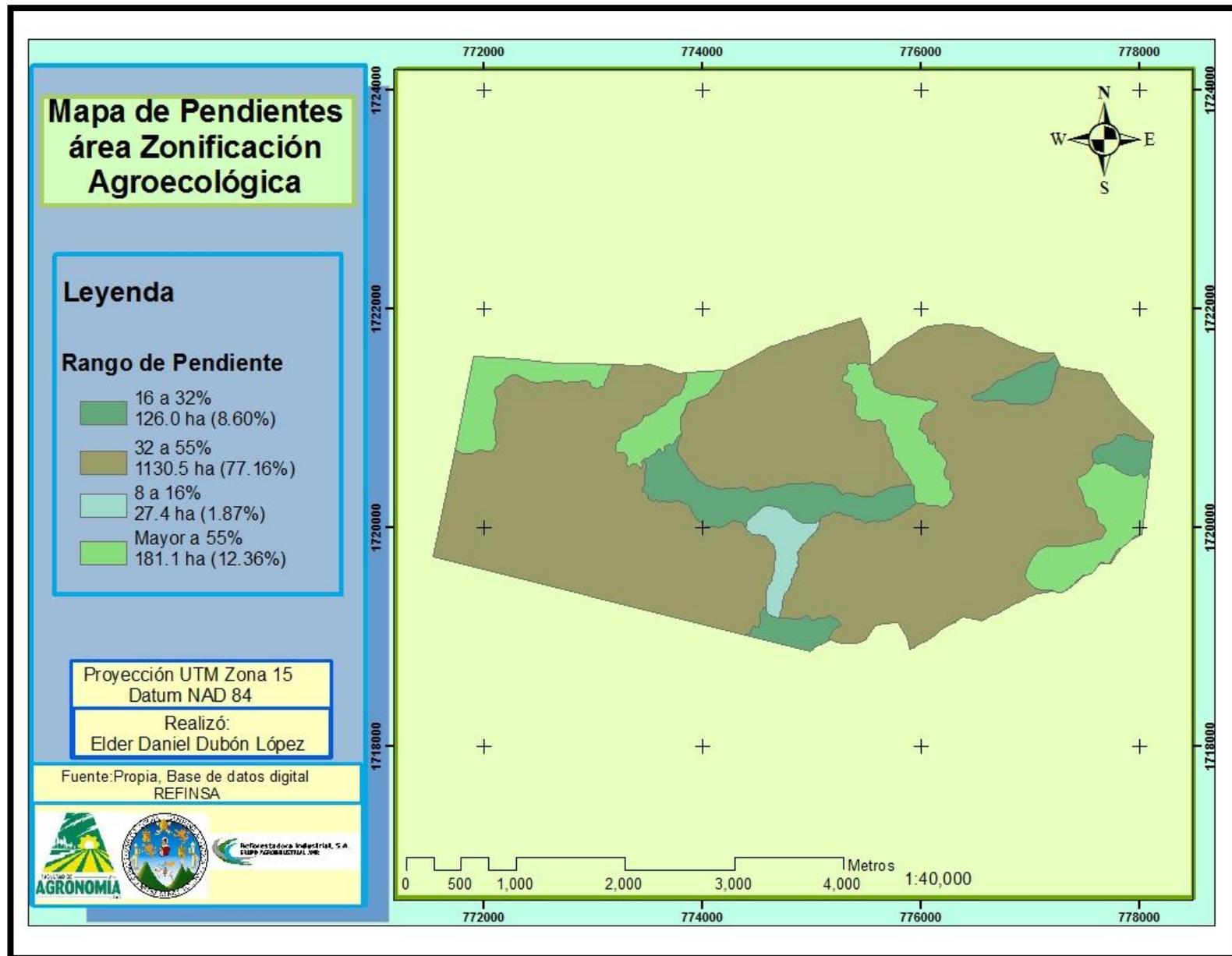


Figura 2.10. Mapa de pendientes de la unidad de trabajo.

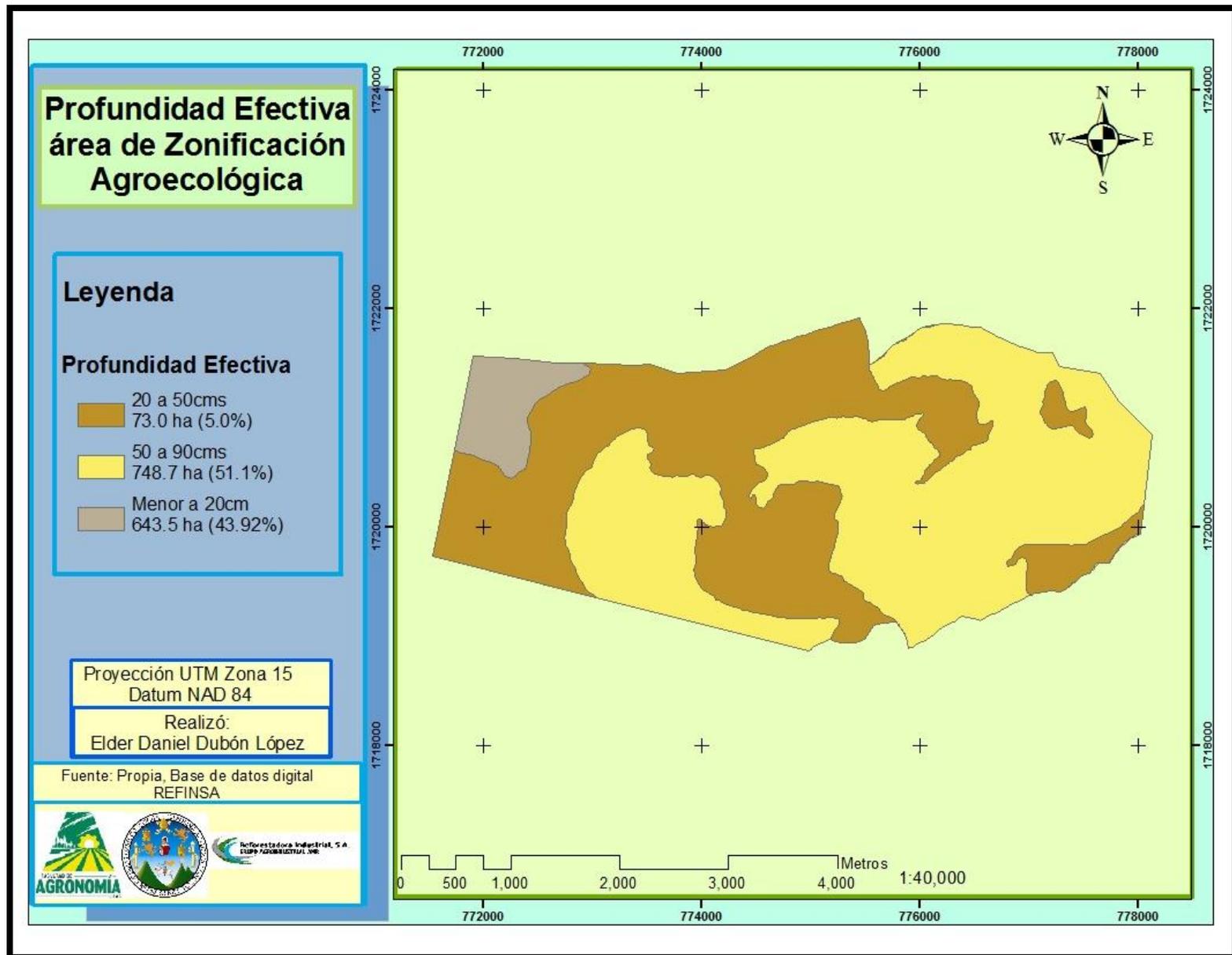


Figura 2.11. Mapa de profundidad efectiva de la unidad de trabajo.

- **Fase de Gabinete**

A. Mapa preliminar de capacidad de uso

El mapa preliminar de capacidad de uso se obtiene a través de la sobreposición de los mapas de profundidad efectiva y pendientes de la unidad de trabajo, esto apoyado según el INAB (2002), por la matriz para obtener las diferentes capacidades de uso de las unidades de trabajo. (Ver cuadro 11)

Cuadro 2.11. Categorías de capacidad de uso para tierras calizas altas del norte.

Profundidad del suelo (cm)	Pendiente				
	<8	8 - 16	16 - 32	32 - 55	>55
>90	A	Am/Aa	Ss/Ap	Ap/F	F/Fp
50 - 90	A/Am	Am/Aa	Ss/Ap	Ap/F	F/Fp
20 - 50	Am/Aa	Ss/Ap	Ss/Ap	Ap/F	Fp
<20	Aa	Ss/F	Ss/Fp	Fp	Fp

Fuente: INAB, 2002.

Las categorías preliminares de capacidad de uso encontradas en la unidad de trabajo son 4 (ver figura 12) Y se detalla el área que ocupa cada una y el nombre de la categoría en el cuadro 12. Estas sin pasar por factores modificadores (drenaje y pedregosidad).

Cuadro 2.12. Categorías de capacidad de uso preliminares.

CAPACIDAD DE USO PRELIMINAR	ha	%
Agroforestería con cultivos anuales (Aa)	135.3	9.23
Agroforestería con cultivos permanentes (Ap)	52.0	3.55
Tierras forestales para producción (F)	1144.8	78.14
Tierras forestales de protección (Fp)	133.0	9.07
Total	1465.15	100

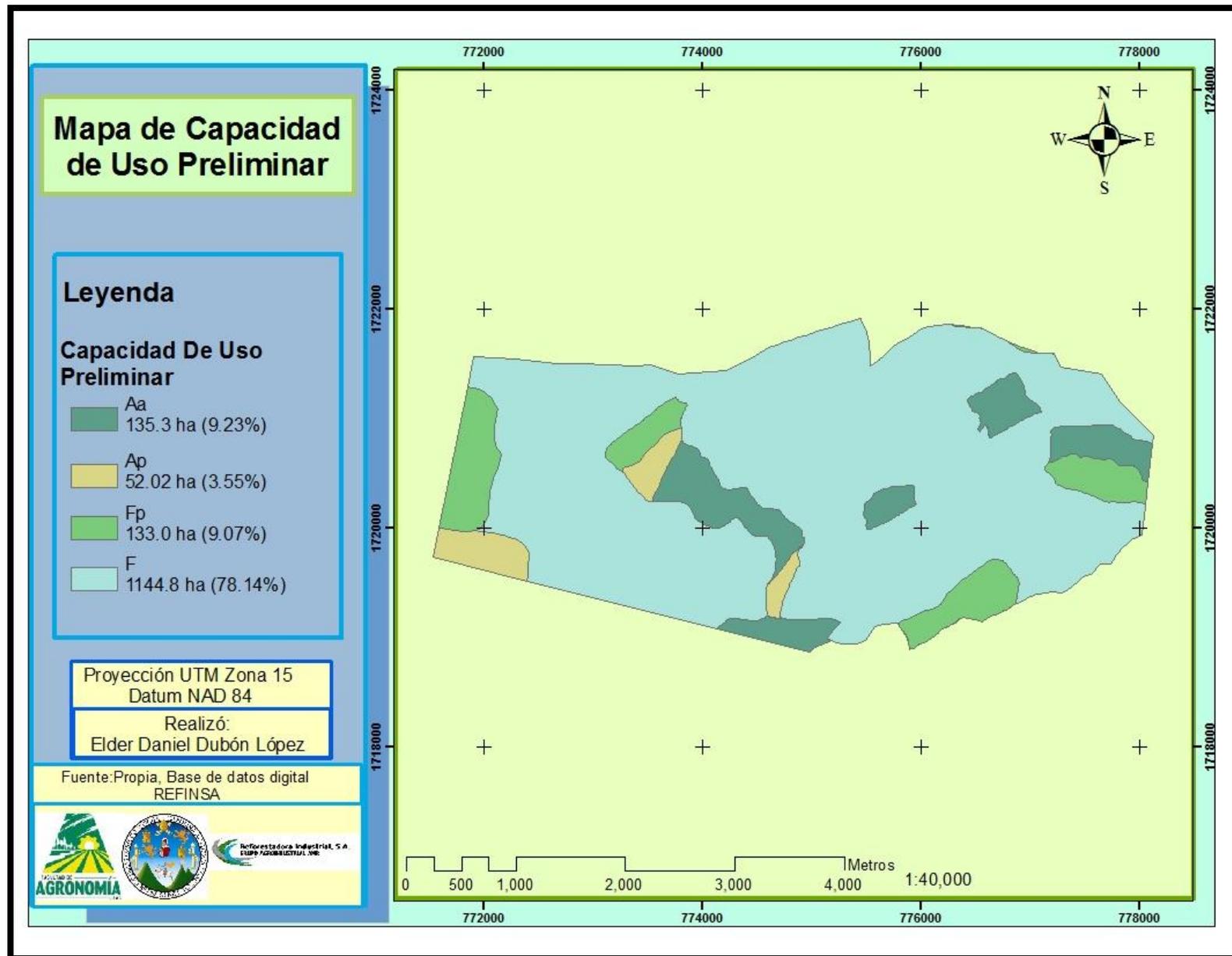


Figura 2.12. Mapa preliminar de capacidad de uso de la unidad de trabajo

B. Mapa de factores Modificadores

Según la metodología de INAB (2002), los factores modificadores que podrían haber presentado limitaciones en la unidad de trabajo son dos: El drenaje y la pedregosidad. Para saber si la pedregosidad y el drenaje son factores limitantes que modificaron la categoría preliminar de capacidad de uso, se analizaron en cada una de las unidades fisiográficas geomorfológicas.

- **Pedregosidad:** por ser un área con formaciones karst, fue evidente encontrar unidades ocupadas por pedregosidad. Por lo tanto este factor modificador si resultó ser limitante e hizo cambiar las categorías de capacidad de uso preliminares. Este factor está distribuido de la siguiente manera en la unidad de trabajo: Limitante, 620.5 ha (42.35%) y No limitante, 844.6 ha (57.65%), ver figura 13.
- **Drenaje:** Por las condiciones de relieve y topografía de la unidad de trabajo es evidente que las 1465.15 ha (100%) no hayan presentado limitaciones con este factor modificador. Así que este factor no modificó las categorías de capacidad de uso de la tierra preliminares.

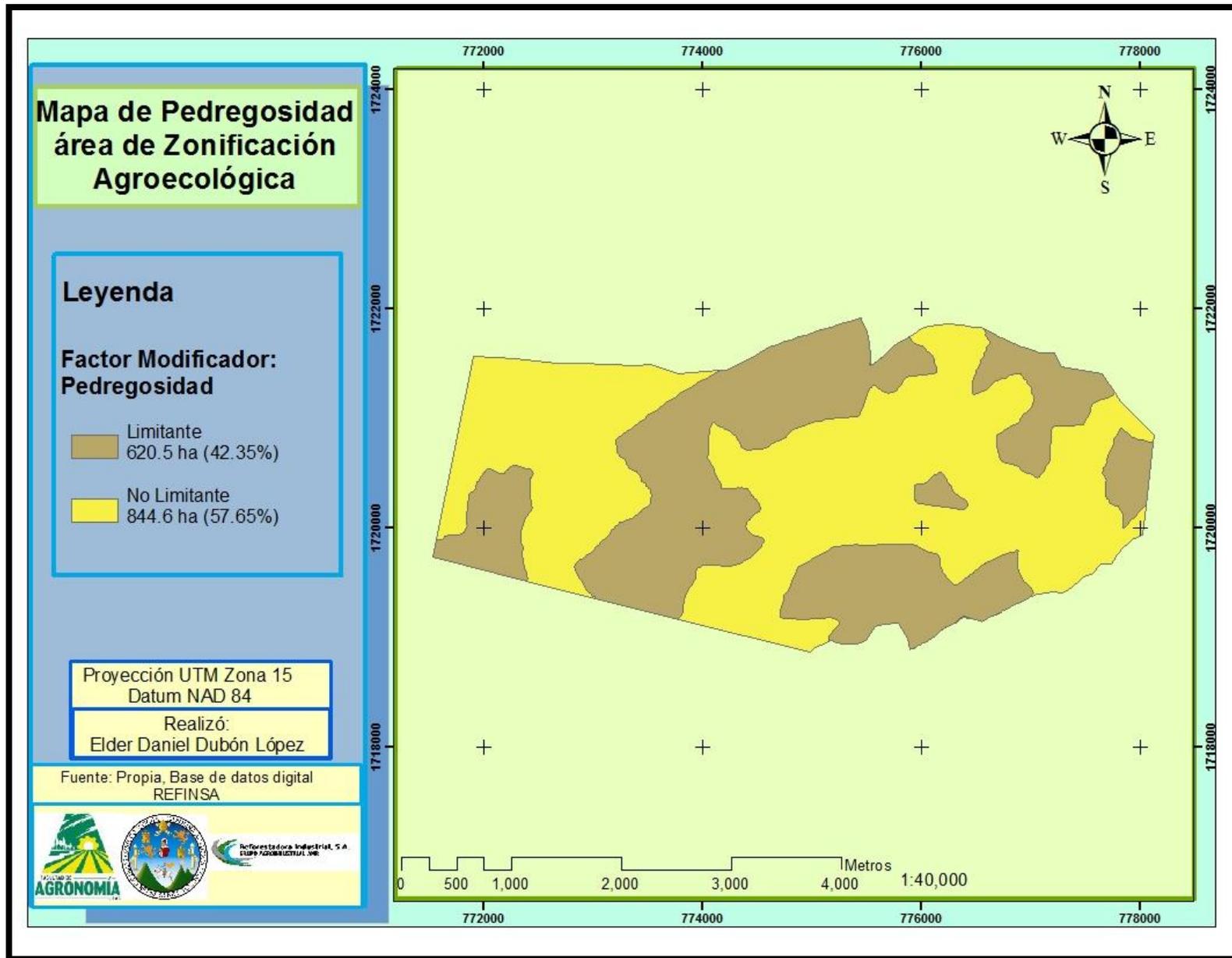


Figura 2.13. Mapa de factores modificadores (pedregosidad), de la unidad de trabajo.

C. Mapa de capacidad de uso de la tierra

En función de la pedregosidad y el drenaje, si son o no limitantes, se ingresaron las categorías de capacidad de uso preliminares a la matriz del cuadro 13, para obtener las modificaciones de la categoría de capacidad de uso.

Cuadro 2.13. Categorías de capacidad de uso con modificadores.

Categoría sin factores modificadores	Pedregosidad	Drenaje	Categoría Modificada
Aa	No limitante	No limitante	Aa
		Limitante	Ss/Ap
	Limitante	No limitante	Ss/Ap
		Limitante	Ss/Ap
Ap	No limitante	No limitante	Ap
	Limitante	No limitante	F/Fp
F	No limitante	No limitante	F
	Limitante	No limitante	Fp

Fuente: INAB 2002

Según INAB (2002), la categoría Fp no se muestra en el cuadro 13, porque esta es la categoría menos intensiva, por lo tanto no hay una categoría por debajo de ella.

Los resultados obtenidos luego de pasar por la matriz del cuadro 13, son 5 categorías de capacidad de uso definitivas que son: agroforestería con cultivos anuales (Aa), sistemas silvopastoriles (Ss), agroforestería con cultivos permanentes (Ap), tierras forestales para la producción (F), tierras forestales de protección (Fp), las cuales se describen a continuación.

- **Agroforestería con cultivos anuales (Aa):** Son áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivos (INAB, 2002).
- **Sistemas Silvopastoriles (Ss):** Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tienen limitaciones permanentes o transitorias de

pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales asociados con especies arbóreas (INAB, 2002).

- **Agroforestería con cultivos permanentes (Ap):** Áreas con limitaciones con pendientes y profundidad, apta para el establecimiento de sistemas de cultivos permanentes asociados con árboles ya sea frutales o con otro fin de producción de madera (INAB, 2002).
- **Tierras forestales para producción (F):** Áreas con limitaciones para usos agropecuarios; de pendiente o pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible, tanto del bosque nativo como de plantaciones con fines de aprovechamiento (INAB, 2002).
- **Tierras forestales de protección (Fp):** Áreas con limitaciones severas de los factores limitantes o modificadores; apropiadas para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva (INAB, 2002)

En cuadro 14 se ve el área que ocupa dentro de la unidad de trabajo. Y en la figura 14, la distribución que tienen estas capacidades de uso en la unidad de trabajo.

Cuadro 2.14. Capacidades de uso de la unidad de trabajo

Capacidad de uso	ha	%
Agroforestería con cultivos anuales (Aa)	71.4	4.87
Sistemas Silvopastoriles (Ss)	25.9	1.77
Agroforestería con cultivos permanentes (Ap)	38.0	2.59
Tierras forestales para producción (F)	681.8	46.53
Tierras forestales de protección (Fp)	648.1	44.23
Total	1465.15	100

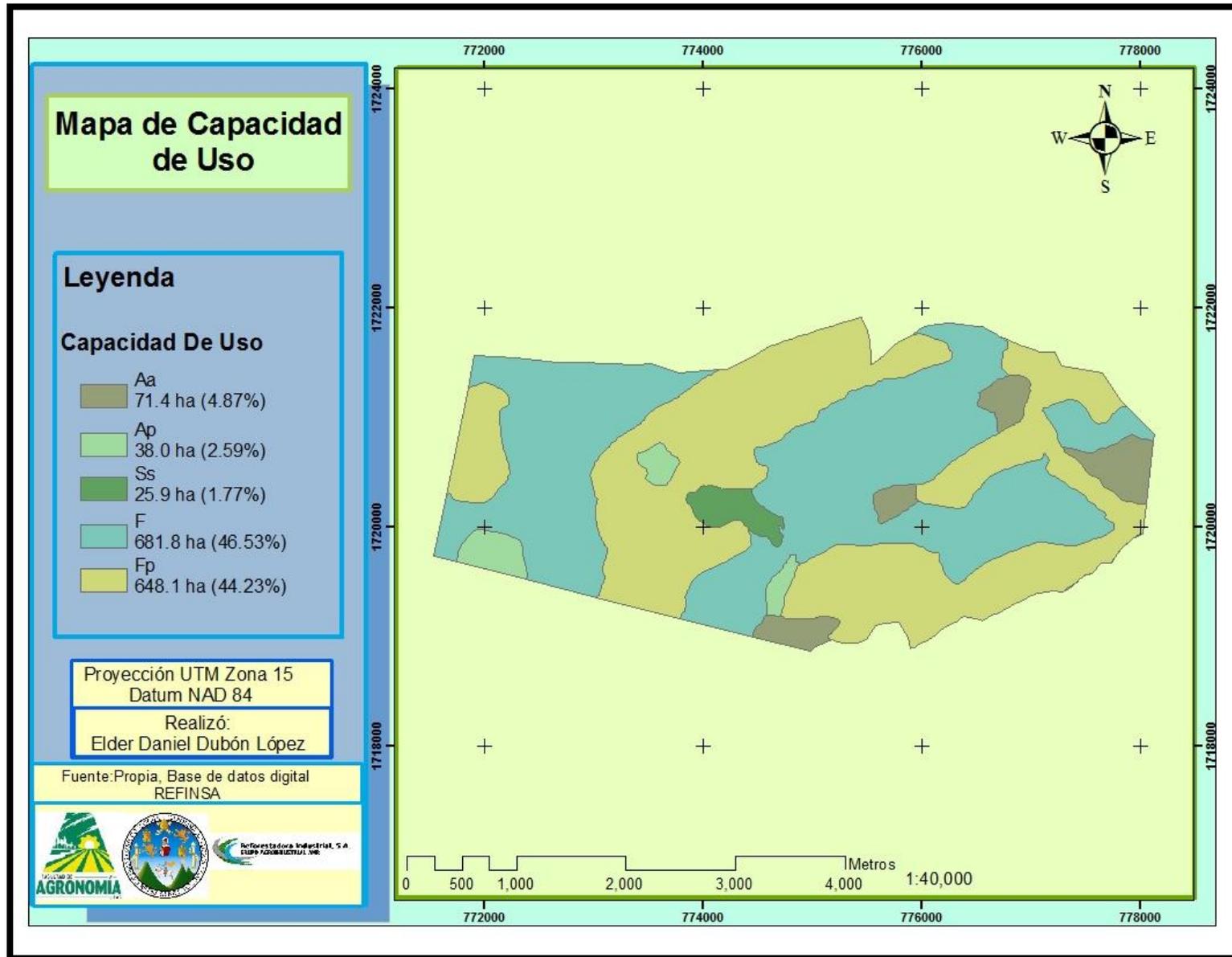


Figura 2.14. Mapa de capacidad de uso de la tierra de la unidad de trabajo.

2.5.3 Uso y Cobertura del suelo

A través de la metodología de UGI (1996), se obtuvieron las categorías de uso y/o cobertura vegetal de la unidad de trabajo, las cuales se muestran en la figura 15, y se describen a continuación:

- **Bosque natural:** Esta categoría ocupa 448.5 ha que hacen un 30.60% de la unidad de trabajo. En ella se encuentra todo el bosque de protección que está dentro de la finca Saquichaj. según Suárez (2001), las especies que hay en esta categoría son: Ranchap o San Juan (*Vochysia guatemalensis*), Santa María (*Calophyllum brasiliense*), Canxan (*Terminalia amazonia*), Guarumo (*Cecropia peltata*), Coj o anonilla (*Talahuma mexicana*) y encino (*Quercus sp.*).
- **Plantación forestal de pinus:** Esta categoría ocupa la mayor parte de la unidad de trabajo, 1016.6 ha (69.39%). En ella se encuentran todos los proyectos de reforestación que han establecido en la finca Saquichaj. En el cuadro 15, se detalla el nombre de cada uno de los proyectos, la edad del mismo y la especie de *pinus*.

Cuadro 2.15. Proyectos, edad y especie de *pinus* que están en la categoría de uso.

Proyecto	Edad (años)	Especies de <i>pinus</i>
SEPEQ	10	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. tecunumanii</i> y <i>P. chiapensis</i>
SEHI	12	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. tecunumanii</i>
SECHOQ	11	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. ocarpa</i>
SEJELO I	16	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. ocarpa</i>
SEJELO II	15	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. ocarpa</i>
SAJQUICHE	13	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. ocarpa</i>
COBAN 2009	3	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. tecunumanii</i>
COBAN 2010	2	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. ocarpa</i>
COBAN 2011	1	<i>P. Maximinoii</i> , <i>P. chiapensis</i>

Fuente: REFINSA 2010

2.5.4 Intensidad de uso de la tierra

En la unidad de trabajo para realizar la zonificación agroecológica se obtuvieron las 3 categorías de intensidad de uso de la tierra, las cuales se especifican en el cuadro 16.

Cuadro 2.16. Intensidad de uso de la unidad de trabajo y el área que ocupa.

Intensidad de uso de la tierra	Área (ha)	%
Sobre utilizado	498.1	33.99
Sub utilizado	373.1	25.47
Uso correcto	593.9	40.54
Total	1465.15	100

Lo obtenido del mapa de intensidad de uso nos da la pauta que el manejo que se tiene en la finca Saquichaj ha sido el adecuado, ya que el área con mayor influencia es el de uso correcto y como se ve en la figura 16, la zona subutilizada en gran parte es lo que en la actualidad es bosque de protección, lo que nos indica que esta área se está usando por debajo de la capacidad de uso. Y el área sobreutilizada se encuentra en donde en la actualidad están los proyectos aprovechamiento y reforestación.

2.5.5 Análisis de las muestras de suelo

Este análisis de las muestras de suelo que fueron extraídas de las diferentes unidades fisiográficas, fueron analizadas en el laboratorio de suelo, planta, agua “salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía. Campus Central. Los resultados obtenidos de las diferentes unidades están de manera detallada en los cuadros 17 y 18.

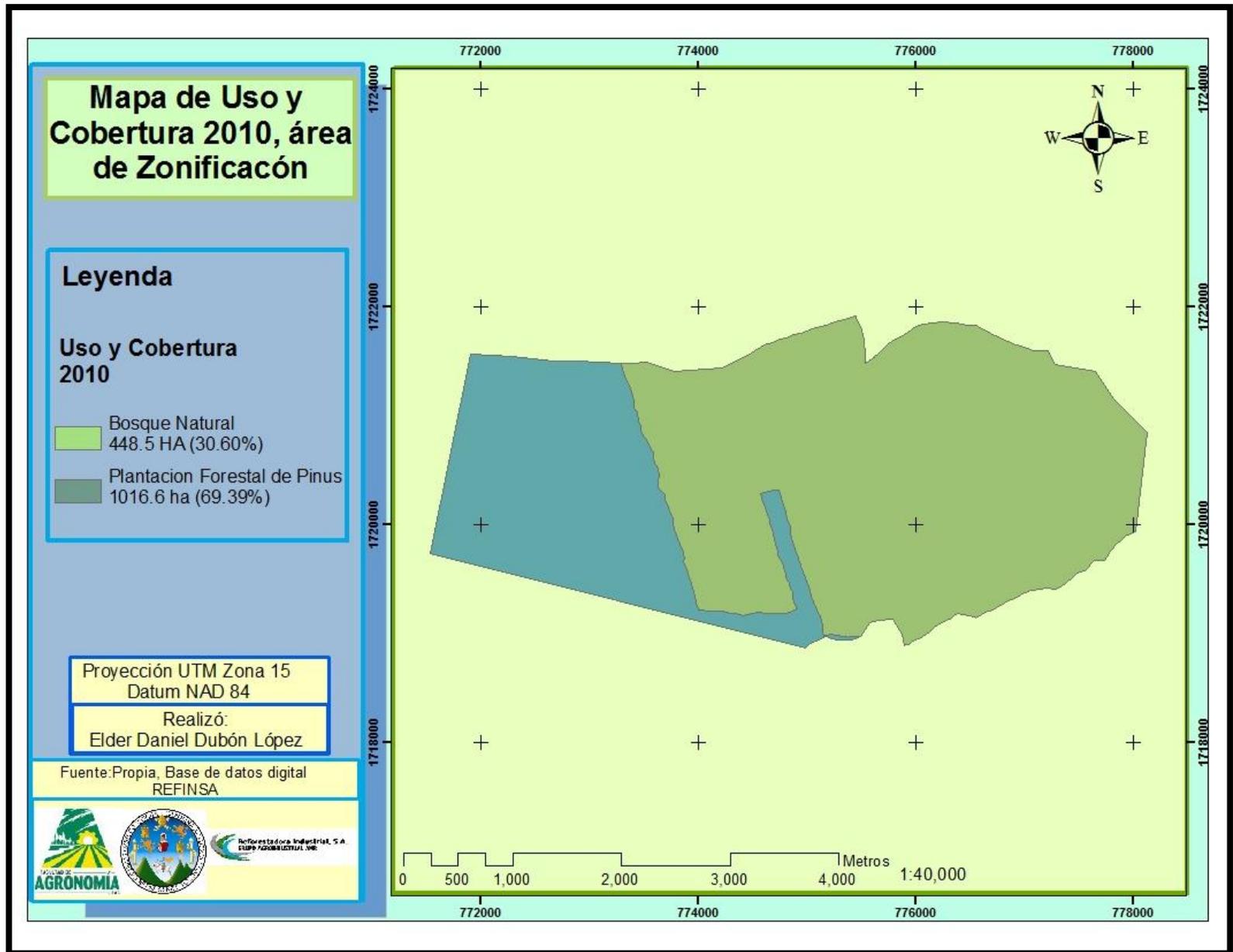


Figura 2.15. Mapa de uso y cobertura 2010.

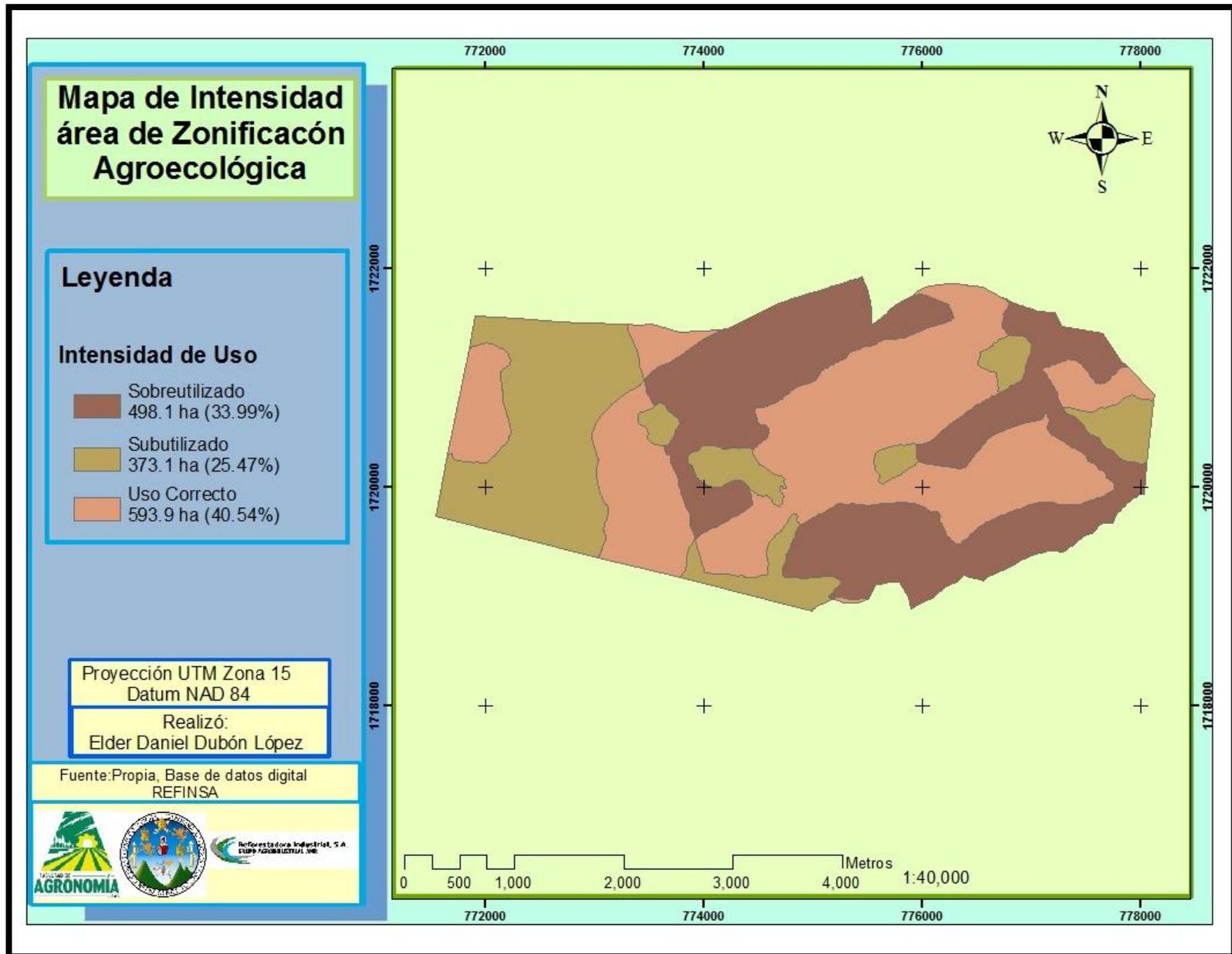


Figura 2.16. Mapa de intensidad de uso de la tierra.

Cuadro 2.17. Análisis Químico de las muestras de suelo de las unidades fisiográficas

Fisio -Geo	Clave	ha	pH	ppm		Meq/100gr		Ppm				Meq/100gr				%		
				P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.
Discontinuo	IA811	248.92	5.4	1.5 4	33.0 0	8.42	1.59	0.1 1	1.5 5	1.00	38.5 0	23.0 4	1.5 6	9.48	0.2 3	0.1 6	49.6 6	11.4 3
Ladera Intermedia	IA922	83.47	6.0	1.7 9	65.0 0	12.7 9	0.72	0.5 5	2.5 5	1.50	63.5 0	23.9 1	0.7 4	13.9 7	0.1 0	0.2 8	63.1 0	9.13
Poco Escarpe	IA1122	166.47	4.8	1.2 2	33.0 0	5.30	5.30	0.5 5	4.5 5	17.5 0	31.5 0	16.5 2	0.6 6	5.49	0.0 9	0.1 1	38.4 1	5.32
Ligero Escarpe	IA1221	92.06	4.9	1.1 5	23.0 0	4.99	0.61	0.5 5	2.5 5	9.00	52.5 0	16.0 9	0.6 2	4.99	0.2 0	0.1 3	36.9 3	4.62
Suave casco	IA1331	74.63	4.8	1.3 5	55.0 0	3.43	3.43	0.5 5	6.5 5	17.5 0	52.5 0	18.2 6	0.5 3	3.74	0.2 1	0.2 2	25.7 7	5.04
Terraza reciente	IA821	34.36	4.5	1.2 2	33.0 0	8.11	8.11	0.5 5	4.5 5	8.50	57.5 0	22.1 7	1.1 5	9.48	0.2 1	0.1 6	49.6 3	5.87
Ladera continua	IA911	80.29	5.0	1.3 5	35.0 0	8.11	8.11	0.5 5	4.5 5	8.00	61.0 0	16.0 9	0.9 9	9.23	0.2 3	0.1 6	65.9 5	7.65
Ladera Alta Saquichaj	IA321	82.32	5.5	1.1 5	33.0 0	11.8 5	11.8 5	0.1 1	3.5 5	0.10	25.0 0	28.7 0	0.9 0	13.4 7	0.2 2	0.1 7	51.4 7	11.9 7
Ladera Alta	IA931	16.00	4.9	1.2 8	35.0 0	4.99	4.99	0.5 5	5.5 5	10.0 0	37.5 0	20.0 0	0.6 2	4.49	0.0 9	0.1 5	26.7 2	7.06
Ladera Eluvial	IA933	60.32	4.8	1.4 7	48.0 0	3.12	3.12	0.5 5	9.5 5	12.0 0	23.0 0	17.8 3	0.5 3	2.99	0.2 2	0.1 9	22.1 1	6.72
Muy ondulado	IA932	35.69	5.0	1.4 1	33.0 0	4.68	1.90	0.5 5	1.5 5	40.5 0	12.0 0	18.2 6	1.6 0	4.74	0.1 0	0.1 1	35.8 8	5.63
Planicie Iluvial	IA1012	77.33	5.1	1.2 2	35.0 0	5.61	0.71	0.5 5	4.4 4	20.0 0	61.5 0	19.6 7	0.8 6	7.24	0.1 0	0.1 2	42.5 1	6.22
Muy Escarpado	IA1111	62.93	4.9	1.1 5	19.0 0	5.30	5.30	0.5 5	2.5 5	13.5 0	35.0 0	14.7 8	0.5 8	5.49	0.1 0	0.1 3	42.6 3	5.50
Mediano Escarpe	IA1112	22.11	4.7	1.2 2	35.0 0	3.12	3.12	0.5 5	4.4 4	20.0 0	50.5 0	18.2 6	0.8 6	3.24	0.2 0	0.1 5	24.4 3	3.87
Mediano Escarpe II	IA1112	40.48	4.9	1.7 3	50.0 0	3.43	0.82	0.1 1	1.5 5	14.5 0	19.0 0	10.4 3	0.7 8	3.49	0.1 0	0.1 7	43.5 5	5.80
Erosionadas	IA1121	95.93	5.1	1.9 2	25.0 0	6.55	0.92	0.5 5	3.5 5	12.0 0	29.0 0	21.7 4	1.1 1	7.49	0.2 0	0.1 5	41.1 7	6.57
Laderas Escarpadas	IA1211	70.24	4.9	1.1 5	15.0 0	4.36	4.36	0.5 5	2.5 5	24.0 0	31.5 0	16.5 2	0.8 2	4.49	0.2 0	0.0 7	33.8 1	4.26
Inter Casco	IA1321	121.60	5.1	1.2 8	33.0 0	10.6 0	0.92	0.5 5	1.5 5	4.50	48.0 0	28.2 6	0.9 0	12.2 3	0.1 1	0.1 9	47.5 5	9.32
Total		1465.1 5																

Fuente: Laboratorio de suelo, planta, agua. FAUSAC 2010.

Cuadro 2.18. Análisis Físico de las muestras de suelo de las unidades fisiográficas

Fisio -Geo	Clave	ha	Gr/cc Da	% humedad		%			Clase Textural
				1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
Discontinuo	IA811	248.92	0.8696	38.11	31.74	40.07	18.14	41.79	Arcilloso
Ladera Intermedia	IA922	83.47	0.9091	43.19	37.37	31.67	16.04	52.29	Franco arcillo arenoso
Poco Escarpe	IA1122	166.47	1.0000	35.05	28.69	44.27	16.04	39.69	Arcillo arenoso
Ligero Escarpe	IA1221	92.06	0.9091	39.67	32.75	54.77	13.94	31.29	Arcilloso
Suave casco	IA1331	74.63	0.9302	33.76	27.37	42.17	18.14	39.69	Arcilloso
Terraza reciente	IA821	34.36	1.0000	41.20	31.41	44.27	18.14	37.59	Arcilloso
Ladera continua	IA911	80.29	1.0000	37.93	29.88	42.17	22.34	35.49	Arcilloso
Ladera Alta Saquichaj	IA321	82.32	0.9302	42.96	36.71	40.07	13.94	45.99	Arcillo arenoso
Ladera Alta	IA931	16.00	0.8696	34.11	29.33	40.07	16.04	43.89	Arcillo arenoso
Ladera Eluvial	IA933	60.32	0.9091	32.58	27.49	35.87	13.94	50.19	Arcillo arenoso
Muy ondulado	IA932	35.69	0.9302	33.94	28.61	37.97	18.14	43.89	Franco arcilloso
Planicie Iluvial	IA1012	77.33	0.8696	37.29	30.73	46.37	16.04	37.59	Arcilloso
Muy Escarpado	IA1111	62.93	0.9091	33.31	28.85	37.97	18.14	43.89	Franco arcilloso
Mediano Escarpe	IA1112	22.11	0.9556	30.50	22.00	29.57	28.64	41.79	Franco arcilloso
Mediano Escarpe II	IA1112	40.48	1.0000	32.24	27.12	48.47	13.94	37.59	Arcilloso
Erosionadas	IA1121	95.93	0.9756	37.38	29.29	50.77	18.14	31.29	Arcilloso
Laderas Escarpadas	IA1211	70.24	1.0000	34.85	28.22	56.87	18.14	24.99	Arcilloso
Inter Casco	IA1321	121.60	0.8511	43.18	37.44	31.67	18.14	50.19	Franco arcillo arenoso
Total		1465.15							

Fuente: Laboratorio de suelo, planta, agua. FAUSAC. 2010.

2.5.6 Caracterización hidroclimáticas de la unidad de trabajo.

A. Ciclo hidrológico

Para estimar el cambio de almacenamiento de agua en la unidad de trabajo se obtuvo información de los principales procesos de transferencia del ciclo hidrológico: precipitación pluvial, infiltración y evapotranspiración.

Para caracterizar la precipitación, temperatura y humedad relativa se tomaron los datos de 5 años (2,006 al 2,010) de las 3 estaciones en funcionamiento que están dentro de la finca Saquichaj, las cuales están ubicadas según se indica el cuadro 19.

Cuadro 2.19. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.

Estación	Coordenadas GTM		Altitud	ubicación
	x	y		
Saquichaj	508439	1721479	800	Finca Saquichaj
Sarrithá	509370	1717756	1200	Finca Saquichaj
Chicocom	513250	1715590	1600	Finca Chicocom

Fuente: REFINSA

a. Precipitación pluvial

Para cada estación se estimó una precipitación anual promedio de los 5 años; siendo esta para la parte baja 6234.1 mm (Saquichaj), parte media 5696.9 mm (Sarrithá) y la parte alta 4895.5 mm (Chicocóm). En la figura 17, se muestra el modelo de la distribución de precipitación anual en la unidad de trabajo, a través de las isólineas. En cuadro 20, está la distribución mensual por estaciones meteorológicas y en el cuadro 21, está la distribución por cada una de las unidades fisiográficas geomorfológicas.

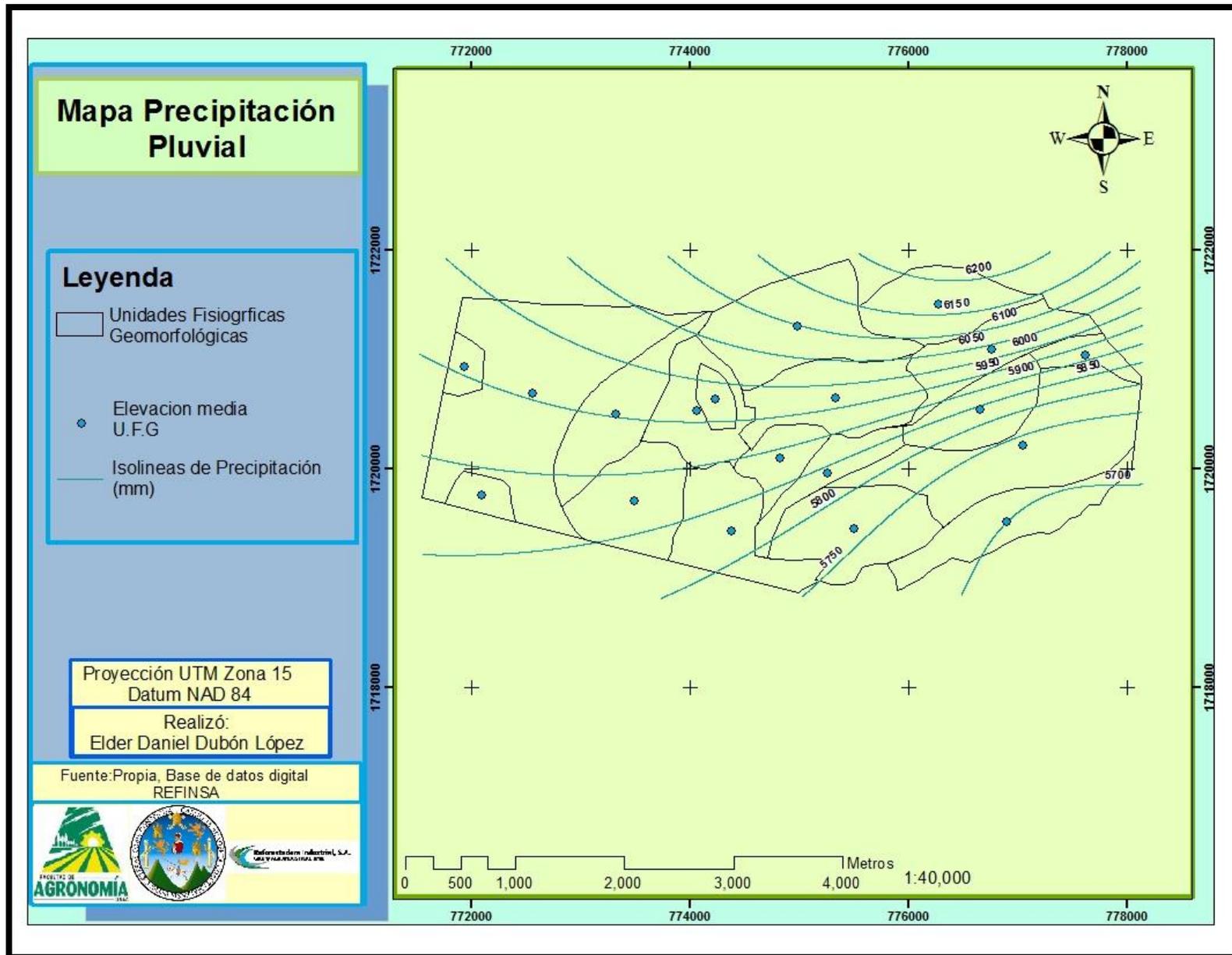


Figura 2.17. Mapa de distribución de la precipitación pluvial en la unidad de trabajo.

- **Datos promedio mensuales de los 5 años (2006 a 2010) de precipitación pluvial de las estaciones meteorológicas.**

Los datos promedios mensuales obtenidos de las 3 estaciones meteorológicas, sirven para obtener la distribución de precipitación pluvial de las diferentes unidades fisiográficas geomorfológicas, a través de interpolar la cantidad de mm precipitados con la diferencia de elevación de las unidades. En el cuadro 20, se muestra los datos de precipitación por mes en las estaciones.

Cuadro 2.20. Datos de Pp mensual en las estaciones meteorológicas.

Estación	Variable	Pp promedio de las 3 estaciones de 5 años (2006 a 2010)												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Saquichaj	Tmax	509.9	331.5	369.2	322.9	641.2	608.1	676.5	700.8	619.9	709.4	385.9	358.9	6234.1
Sarrithá	Tmax	649.7	414.9	326.8	219.7	386.5	472.3	504.8	523.4	593.2	796.1	447.5	361.9	5696.9
Chicocom	Tmax	484.8	379.2	261.8	212.8	358.7	419.4	429.2	409.1	422.9	729.6	409.0	379.0	4895.5

- **Distribución de la precipitación mensual media (5 años), en las 18 unidades fisiográficas geomorfológicas.**

Estos datos obtenidos, sirven para calcular la recarga potencial de las diferentes unidades. En el cuadro 21, está la distribución de precipitación mensual en las 18 unidades.

Cuadro 2.21. Distribución de Pp mensuales en cada unidad fisiográfica.

Fisio - Geo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Discontinuo	703.88	447.27	343.23	259.71	485.15	524.90	571.33	592.14	603.55	829.75	471.42	363.07
Ladera Intermedia	563.15	396.20	292.66	216.09	371.88	444.51	465.10	463.40	503.82	761.19	427.29	387.09
Poco Escarpe	623.74	409.32	316.56	218.65	382.09	463.94	492.90	505.39	566.40	785.66	441.46	393.36
Ligero Escarpe	644.34	413.78	324.69	219.51	385.56	470.55	502.36	519.67	587.69	793.98	446.29	395.50
Suave casco	683.96	435.38	337.19	245.01	448.86	505.54	546.87	566.86	599.75	817.39	462.64	362.65
Terraza reciente	727.30	461.24	350.33	276.99	527.81	547.64	600.08	621.86	608.01	844.28	481.74	363.57
Ladera continua	598.18	403.78	306.48	217.57	377.78	455.75	481.18	487.68	540.00	775.34	435.48	390.72
Ladera Alta saq	583.76	400.66	300.79	216.96	375.35	451.12	474.56	477.68	525.10	769.51	432.11	389.23
Ladera Alta	601.48	404.50	307.78	217.71	378.34	456.81	482.69	489.96	543.41	776.67	436.26	391.06
Ladera Eluvial	607.66	405.84	310.22	217.97	379.38	458.79	485.53	494.25	549.80	779.16	437.70	391.70
Muy ondulado	570.16	397.71	295.43	216.39	373.06	446.76	468.31	468.26	511.06	764.02	428.93	387.82
Planicie Iluvial	563.98	396.38	292.99	216.13	372.02	444.78	465.48	463.98	504.67	761.52	427.48	387.18
Muy Escarpado	601.89	404.59	307.94	217.72	378.41	456.94	482.88	490.25	543.84	776.83	436.35	391.10
Mediano Escarpe	656.69	419.11	328.92	224.90	399.19	479.06	513.40	532.25	594.55	800.48	450.62	362.07
Mediano Escarpe II	548.73	393.07	286.98	215.48	369.45	439.89	458.48	453.41	488.92	755.37	423.91	385.60
Erosionadas	554.91	394.41	289.41	215.74	370.49	441.87	461.32	457.69	495.30	757.86	425.36	386.24
Laderas Escarpadas	587.88	401.55	302.42	217.13	376.05	452.44	476.45	480.54	529.36	771.18	433.07	389.65
Inter Casco	663.68	423.28	331.04	230.06	411.93	485.85	521.98	541.13	595.89	804.81	453.70	362.22

b. Temperatura

En el cuadro 22, se anotan los datos de temperaturas mensuales, donde se puede apreciar la disminución de temperatura por elevación. Los datos son el promedio mensual de los 5 años (2006 a 2010). Esto para las 3 estaciones, Saquichaj, Sarrithá, Chicocom.

Cuadro 2.22. Datos de T° mensual promedio de 5 años.

Estación	Variable	Tem °C promedio de 5 años (2006 a 2010)												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Saquichaj	Tmax	21.6	22.4	23.8	26.3	26.9	26.2	25.5	25.6	25.6	23.9	21.8	21.4	24.3
	Tmin	16.6	17.1	17.6	20.3	21.2	20.8	20.3	20.6	20.3	19.2	17.3	16.7	19.0
	Tmed	19.1	19.7	20.7	23.3	24.1	23.5	22.9	23.1	23.0	21.6	19.5	19.1	21.6
Sarrithá	Tmax	18.0	18.4	19.2	21.8	21.2	21.0	20.9	20.6	21.0	18.4	17.8	17.3	19.8
	Tmin	13.7	14.0	14.3	16.6	16.7	16.2	16.0	15.8	16.0	13.9	13.9	13.2	15.1
	Tmed	15.8	16.2	16.8	19.2	18.9	18.6	18.5	18.2	18.5	16.2	15.9	15.2	17.3
Chicocom	Tmax	17.6	19.2	20.3	22.5	22.9	21.7	21.8	21.8	21.8	19.6	18.0	18.2	20.6
	Tmin	12.9	13.5	13.4	16.1	16.9	16.6	16.4	16.3	16.3	15.4	13.8	13.0	15.1
	Tmed	15.2	16.4	16.8	19.3	19.9	19.1	19.1	19.0	19.0	17.5	15.9	15.6	17.7

Del cuadro 20, lo más importante son los datos de temperatura media, ya que esta se usó para lograr obtener los datos de evapotranspiración a través del método de Hargreaves.

En la figura 18 y 19 se hace una simulación de la distribución de la temperatura máxima y mínima respectivamente, en la unidad de trabajo, a través de las isolíneas de temperatura. Donde podemos observar que la relación inversa entre la elevación y la temperatura. Teniendo en la parte más baja temperaturas más elevadas en °C, y como se va subiendo en elevación la temperatura en °C, va descendiendo.

c. Humedad relativa

La humedad relativa es una variable que se midió directamente en las estaciones meteorológicas de la finca Saquichaj. La importancia de estos es que a través de ellos y de los datos de temperatura media, se puede obtener los datos de evapotranspiración, por el método de Hargreaves. En el cuadro 23, se muestran los datos promedio de humedad relativa de cada una de las estaciones meteorológicas, donde se puede observar que la humedad va aumentando conforme la elevación va disminuyendo.

En la figura 20, se observa simulación de la distribución de la Humedad Relativa en la unidad de trabajo.

Cuadro 2.23. Datos promedio de humedad relativa.

Estación	Variable	HR promedio de las 3 estaciones de 5 años (2006 a 2010)												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Saquichaj	HR	88.9	88.0	89.5	87.6	88.5	88.2	88.6	89.4	89.0	89.2	88.9	89.5	88.8
Sarrithá	HR	87.1	87.2	85.8	85.8	85.6	86.9	87.8	86.9	88.3	88.3	88.0	88.1	86.9
Chicocom	HR	88.8	88.7	86.9	89.1	88.6	89.7	89.8	89.9	89.4	89.5	89.7	89.1	89.0

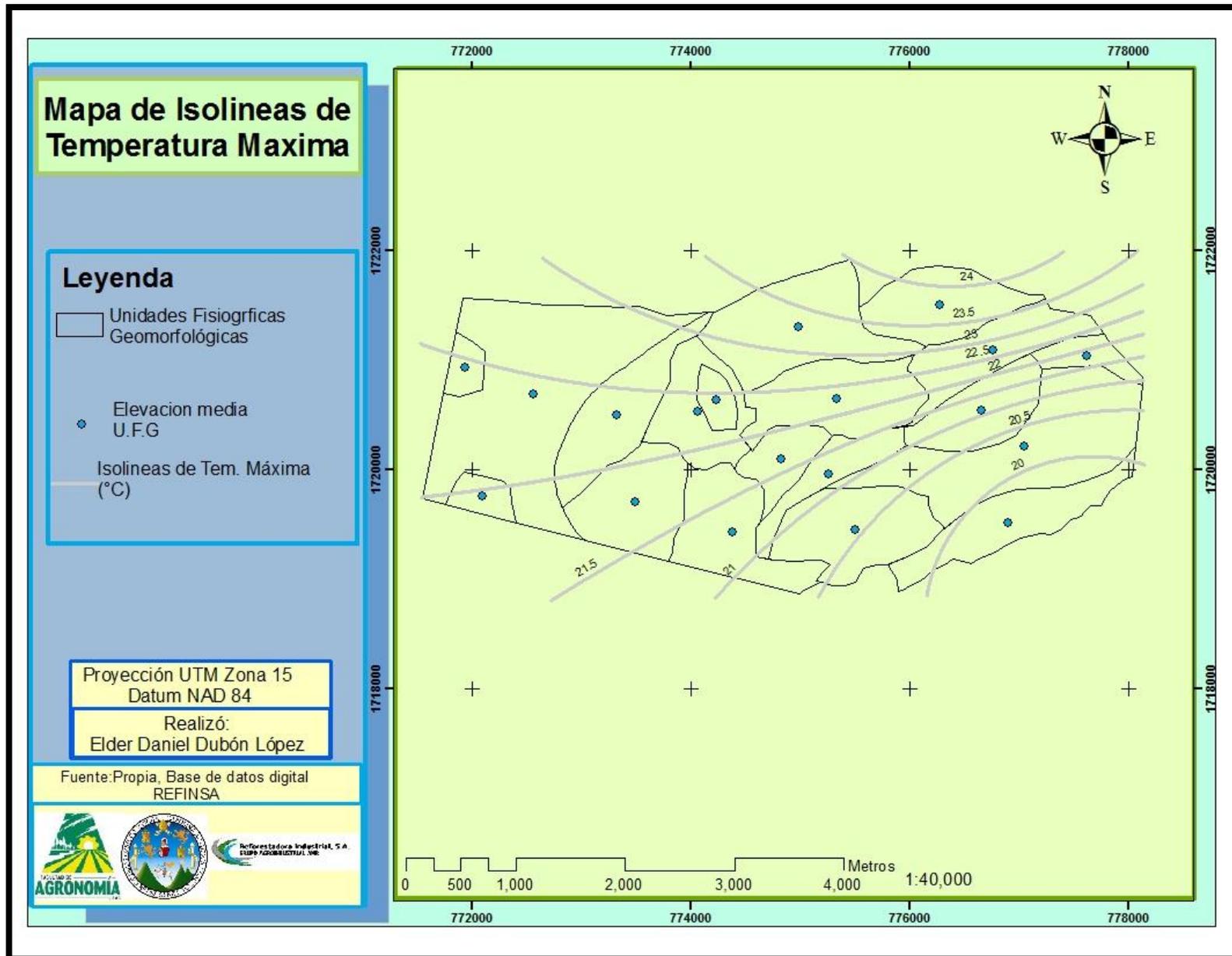


Figura 2.18. Mapa de isolneas de la T° max, en la unidad de trabajo.

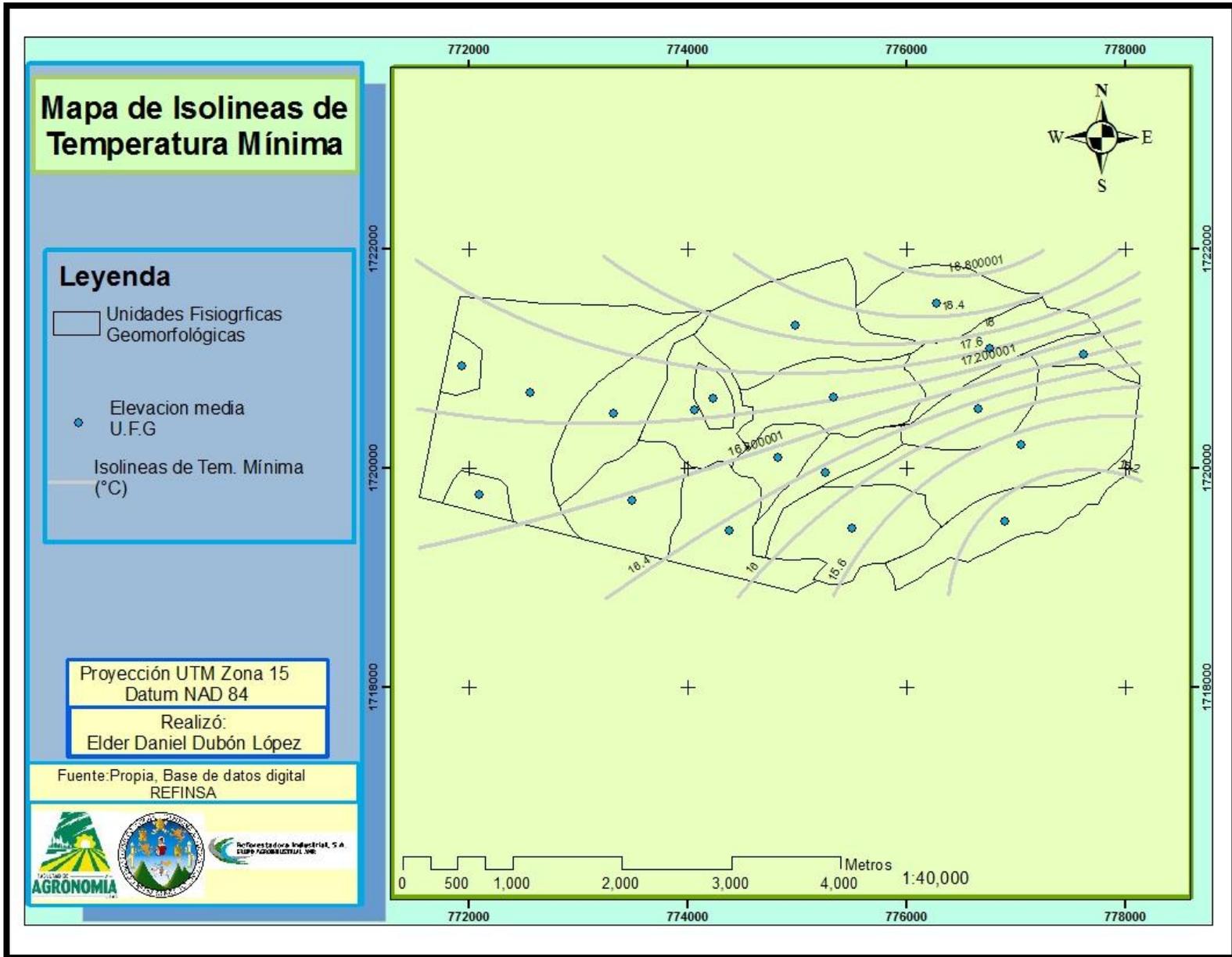


Figura 2.19. Mapa de isolneas de la T° min, en la unidad de trabajo.

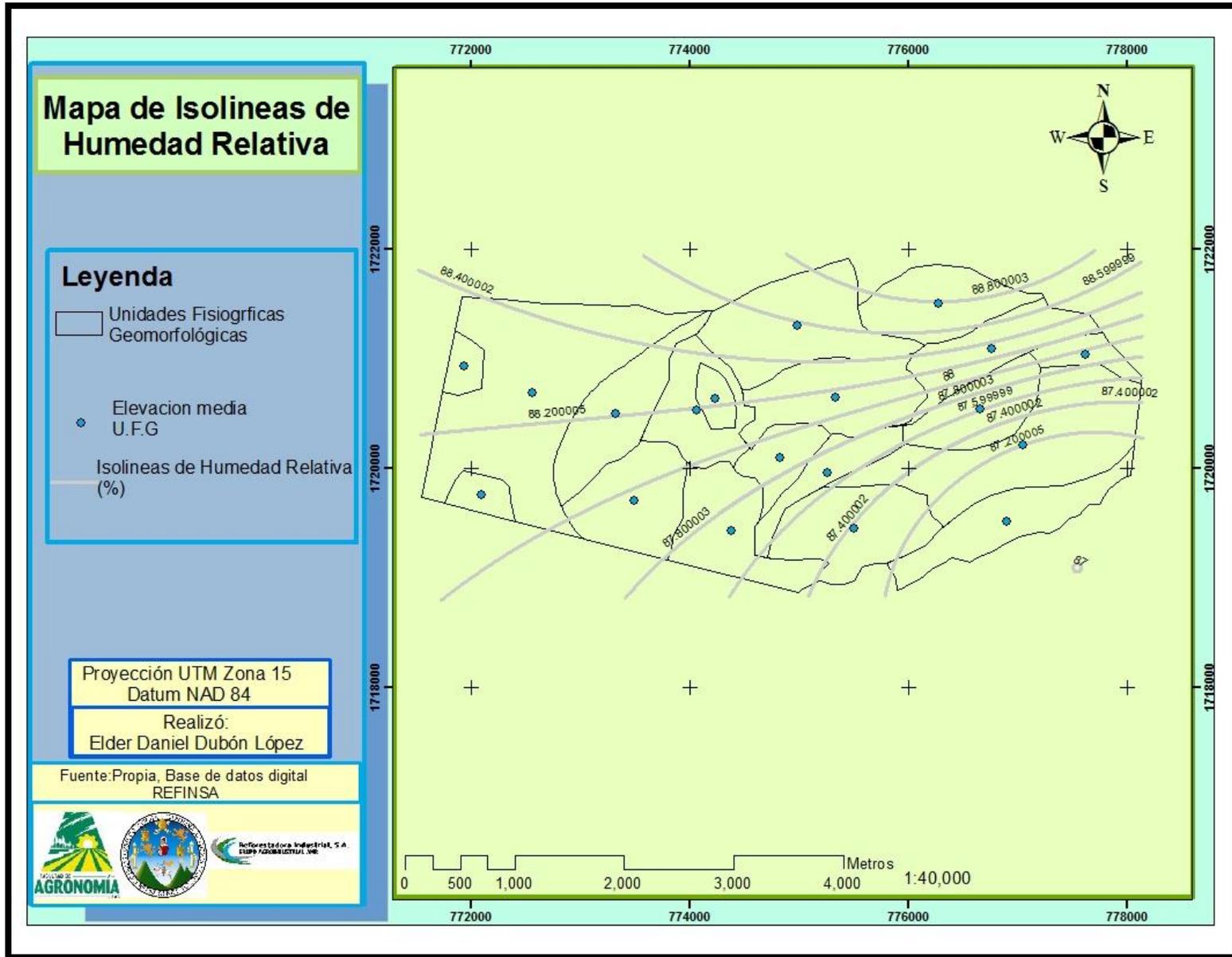


Figura 2.20. Mapa de isolíneas de la HR, en la unidad de trabajo.

d. Evapotranspiración potencial mensual en las estaciones meteorológicas.

La evapotranspiración potencial media mensual para cada estación meteorológica que se muestra en el cuadro 24, se determinó a través del método de Hargreaves. Y en la figura 21, se observa la distribución que tiene la ETP calculada en la unidad de trabajo.

Cuadro 2.24. Evapotranspiración potencial mensual en mm por estaciones.

Estación	Variable	ETP potencial en mm												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Saquichaj	ETP	93.186	97.02	125.1	140.7	159	148	150.6	147	132.2	118.8	94.99	85.63	1492.33
Sarrithá	ETP	85.002	87.93	112.3	126.7	139	131	134.1	129	117.7	102.6	85.6	76.74	1327.90
Chicocom	ETP	83.48	88.34	112.6	126.9	143	133	136.4	132	119.4	106.5	85.64	77.62	1345.18

- **Evapotranspiración media mensual de 5 años por cada unidad fisiográfica geomorfológica**

La evapotranspiración media por cada unidad, que se muestra en el cuadro 25, se obtuvo a través de una interpolación, para verificar la distribución que se tenía a través de las isolíneas de la ETP, como se observa en la figura 28.

Cuadro 2.25. ETP potencial media en mm, por unidad fisiográfica

Fisio - Geo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Discontinuo	88.17	91.45	117.26	132.11	146.99	137.49	140.47	136.06	123.30	108.89	89.24	80.18
Ladera Intermedia	84.20	88.53	112.70	127.04	145.14	133.64	137.49	133.77	120.22	108.40	85.66	78.05
Poco Escarpe	84.76	88.68	112.80	127.13	146.57	134.39	138.34	134.90	120.86	109.84	85.68	78.37
Ligero Escarpe	84.95	88.73	112.83	127.16	147.05	134.65	138.62	135.28	121.08	110.34	85.68	78.48
Suave casco	87.01	90.16	115.45	130.11	144.20	134.97	138.13	133.55	121.22	106.57	87.90	78.91
Terraza reciente	89.54	92.98	119.40	134.46	150.25	140.45	143.23	139.01	125.74	111.61	90.81	81.67
Ladera continua	84.53	88.62	112.76	127.09	145.96	134.07	137.98	134.42	120.59	109.23	85.67	78.23
Ladera Alta saq	84.39	88.58	112.73	127.07	145.63	133.90	137.78	134.15	120.44	108.89	85.66	78.16
Ladera Alta	84.56	88.63	112.76	127.09	146.04	134.11	138.03	134.48	120.63	109.31	85.67	78.25
Ladera Eluvial	84.61	88.64	112.77	127.10	146.19	134.19	138.11	134.60	120.69	109.46	85.67	78.29
Muy ondulado	84.27	88.55	112.71	127.05	145.31	133.73	137.59	133.90	120.30	108.56	85.66	78.08
Planicie Iluvial	84.21	88.53	112.70	127.04	145.16	133.65	137.50	133.78	120.23	108.42	85.66	78.05
Muy Escarpado	84.56	88.63	112.76	127.09	146.05	134.12	138.03	134.49	120.63	109.32	85.67	78.25
Mediano Escarpe	85.41	88.38	112.96	127.38	140.40	131.51	134.92	130.12	118.38	103.40	86.07	77.18
Mediano Escarpe II	84.07	88.50	112.68	127.02	144.80	133.46	137.29	133.50	120.07	108.05	85.66	77.97
Erosionadas	84.13	88.51	112.69	127.03	144.95	133.54	137.37	133.61	120.13	108.20	85.66	78.00
Laderas Escarpadas	84.43	88.59	112.74	127.07	145.72	133.95	137.84	134.23	120.48	108.99	85.67	78.18
Inter Casco	85.82	88.84	113.60	128.08	141.37	132.40	135.74	131.00	119.11	104.22	86.54	77.63

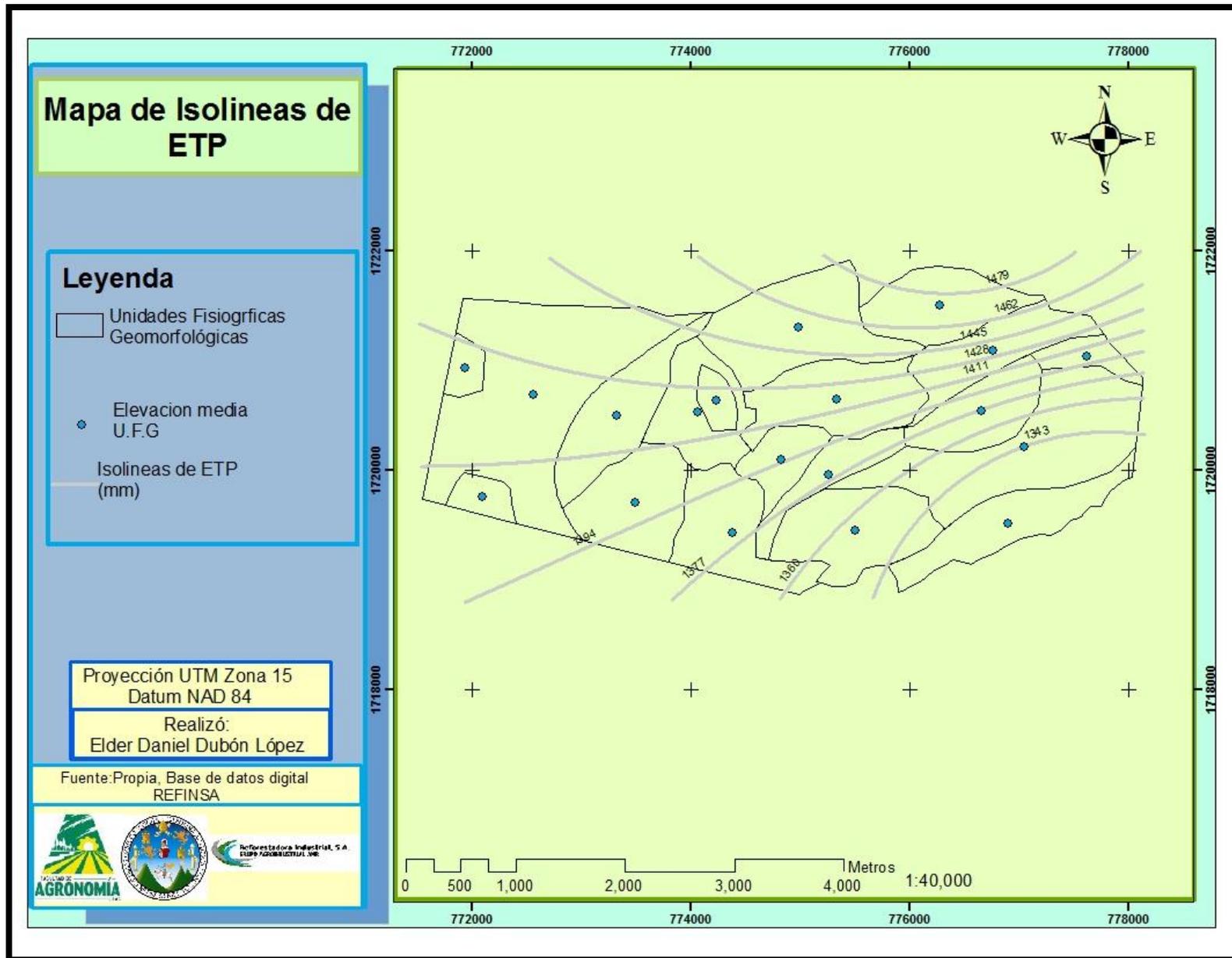


Figura 2.21. Mapa de Isolíneas de la ETP, en la unidad de trabajo.

B. Determinar las zonas de recarga hídrica natural

a. Identificación de las unidades con recarga potencial

Se utilizaron los valores de recarga del balance hídrico mensual porque a través de este se pudo ponderar la recarga hídrica potencial en mm por cada una de las unidad fisiográfica geomorfológica. En el cuadro 26, se muestra los volúmenes de recarga hídrica determinados.

Cuadro 2.26. Resumen de la carga potencial por unidad en la zona de trabajo.

Código	Unidad	Área KM2	Recarga Potencial	
			mm/año	m3/año
1	Discontinuo	2.489	3,564.70	8,872,548
2	Ladera Intermedia	0.835	2,879.08	2,404,028
3	Poco Escarpe	1.665	3,117.26	5,190,240
4	Ligero Escarpe	0.921	3,198.28	2,945,613
5	Suave casco	0.746	3,441.49	2,567,352
6	Terraza reciente	0.343	3,709.53	1,272,370
7	Ladera continua	0.803	3,016.80	2,422,492
8	Ladera Alta saq	0.823	2,960.09	2,436,155
9	Ladera Alta	0.16	3,029.76	484,762
10	Ladera Eluvial	0.603	3,054.07	1,841,604
11	Muy ondulado	0.357	2,906.62	1,037,664
12	Planicie Iluvial	0.773	2,882.32	2,228,030
13	Muy Escarpado	0.629	3,031.38	1,906,741
14	Mediano Escarpe	0.221	3,272.88	723,307
15	Mediano Escarpe II	0.405	2,822.36	1,143,058
16	Erosionadas	0.959	2,846.67	2,729,956
17	Laderas Escarpadas	0.702	2,976.29	2,089,358
18	Inter Casco	1.216	3,316.11	4,032,396

Como se observa en el cuadro anterior se define que en las 18 unidades existe una recarga, con lo cual se dice que el 100% del área de estudio tiene un aporte de recarga potencial, esto es debido a que la infiltración básica del suelo en este caso siempre es 1 cm/h y por la cantidad de precipitación recibida principalmente.

b. Clasificación de recarga potencial

En el cuadro 27, están las categorías de recarga potencial, de acuerdo al porcentaje de recarga que reciben. Esto se aplicó a cada una de las unidades para asignarles una categoría

Cuadro 2.27. Categorías de recarga potencial.

% de recarga potencial	Categoría
0 – 3	Baja
3 a 6	Moderada
6 a 9	Alta
6 a 12	Muy alta

En el cuadro 28, se muestra como clasificó la recarga potencial, en base a la cantidad total de precipitación en $m^3/año$ y la recargar potencial de cada unidad fisiográfica geomorfológica en $m^3/año$.

En el cuadro 29, y figura 22, se observa la distribución de las principales áreas de recarga potencial, evidenciándose que en relación a la extensión la recarga moderada ocupa un 53.1 % (777.8 ha), la recarga baja, muy alta y alta ocupan 18.6%(271.9 ha), 17% (248.9 ha) y 11.4% (166.5 ha), respectivamente. Y se concluye que las principales áreas de recarga hídrica naturales son las que se ubicaron en la categoría moderada y muy alta, que juntas representan un 70.6% de la recarga potencial de la unidad de trabajo y se localizan en la zona donde hay mayor cobertura forestal y donde hay áreas de descarga subterránea o subsuperficial.

Cuadro 2.28. Clasificación de recarga potencial por unidad fisiográfica.

Codigo	Unidad	Area KM2	PP m3/año	Recarga Potencial			Recarga Potencial (%)	Clasificación
				mm/año	m3/año	m3/km2		
1	Discontinuo	2.489	13,668,389	3,564.70	8,872,548	3,564,700	12.0	Muy alta
2	Ladera Intermedia	0.835	3,948,912	2,879.08	2,404,028	2,879,080	3.3	Moderada
3	Poco Escarpe	1.665	8,284,581	3,117.26	5,190,240	3,117,260	7.0	Alta
4	Ligero Escarpe	0.921	4,659,858	3,198.28	2,945,613	3,198,280	4.0	Moderada
5	Suave casco	0.746	3,974,789	3,441.49	2,567,352	3,441,490	3.5	Moderada
6	Terraza reciente	0.343	1,949,463	3,709.53	1,272,370	3,709,530	1.7	Baja
7	Ladera continua	0.803	3,912,026	3,016.80	2,422,492	3,016,800	3.3	Moderada
8	Ladera Alta saq	0.823	3,961,161	2,960.09	2,436,155	2,960,090	3.3	Moderada
9	Ladera Alta	0.16	781,628	3,029.76	484,762	3,029,760	0.7	Baja
10	Ladera Eluvial	0.603	2,960,929	3,054.07	1,841,604	3,054,070	2.5	Baja
11	Muy ondulado	0.357	1,698,514	2,906.62	1,037,664	2,906,620	1.4	Baja
12	Planicie lluvial	0.773	3,658,292	2,882.32	2,228,030	2,882,320	3.0	Moderada
13	Muy Escarpado	0.629	3,073,831	3,031.38	1,906,741	3,031,380	2.6	Baja
14	Mediano Escarpe	0.221	1,128,107	3,272.88	723,307	3,272,880	1.0	Baja
15	Mediano Escarpe II	0.405	1,891,572	2,822.36	1,143,058	2,822,360	1.6	Baja
16	Erosionadas	0.959	4,503,177	2,846.67	2,729,956	2,846,670	3.7	Moderada
17	Laderas Escarpadas	0.702	3,390,550	2,976.29	2,089,358	2,976,290	2.8	Moderada
18	Inter Casco	1.216	6,276,852	3,316.11	4,032,396	3,316,110	5.5	Moderada
TOTAL			73,722,631	56,025.69	46,327,674		63	

Cuadro 2.29. Principales áreas de recarga potencial de la unidad de trabajo.

Código	Categoría	Extensión		
		Ha	Km2	%
RB	Baja	271.9	2.719	18.6
RM	Moderada	777.8	7.778	53.1
RA	Alta	166.5	1.665	11.4
RMA	Muy alta	248.9	2.489	17.0
Total		1465.1	14.651	100

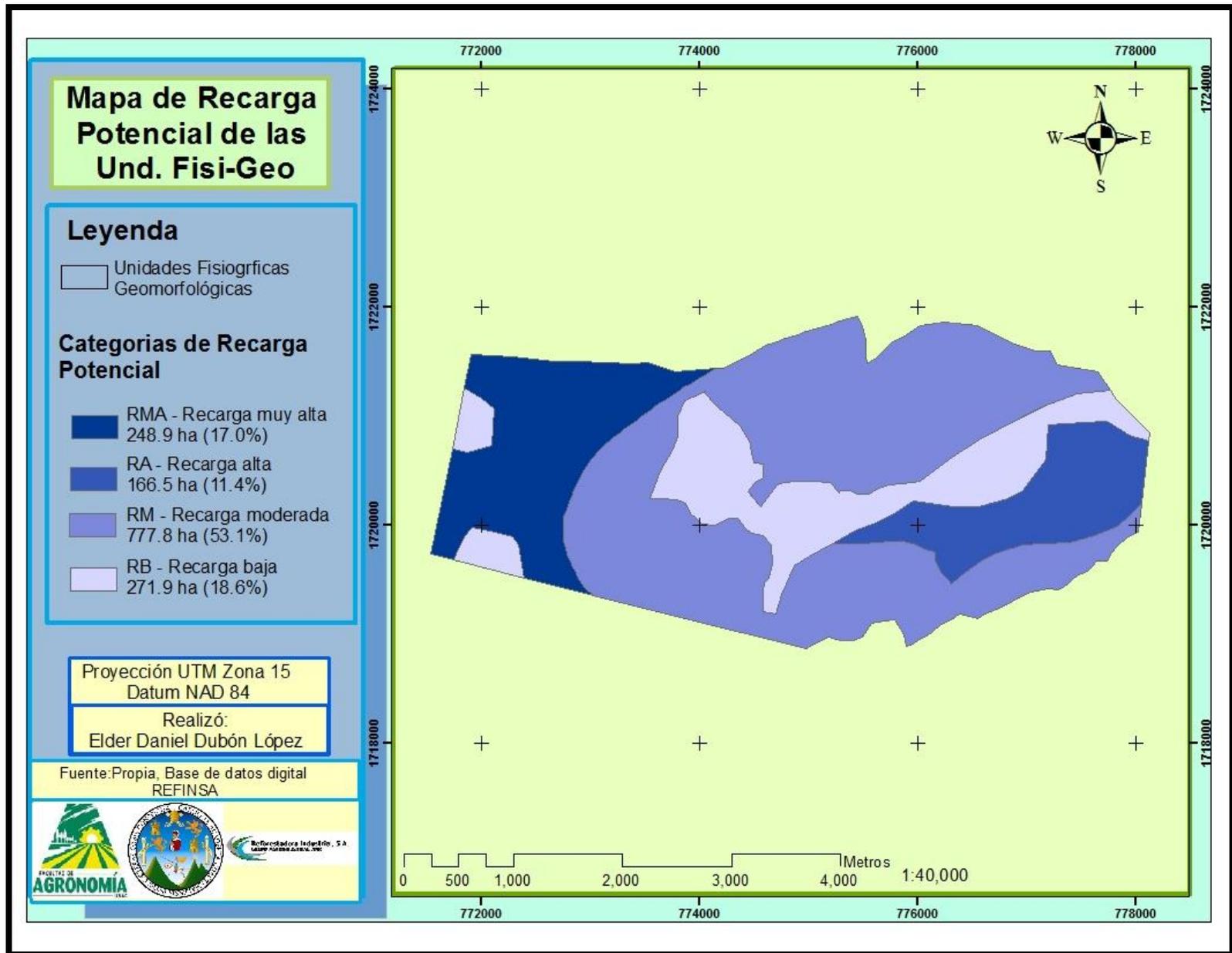


Figura 2.22. Mapa de las recarga potencial de la unidad de trabajo.

C. Áreas críticas de recarga hídrica natural.

Se priorizaron como áreas críticas, las principales áreas de recarga hídrica, que merecen atención especial, partiendo de las premisas de que un manejo inapropiado disminuye el potencial de recarga hídrica natural.

Para ello se evaluaron condiciones prevaeciente de: geología, infiltración básica, recarga anual y pendiente, dando un resultado que oscila entre 0 a 14 como se muestra en el cuadro 30.

Cuadro 2.30. Criterios de susceptibilidad de áreas a ser consideradas críticas.

Categoría	Rango
Baja	0 – 5
Moderada	6 – 9
Alto	10 - 12
Muy alto	13 – 14

Fuente: Manual de recarga hídrica, 2003.

En el cuadro 31, están los códigos asignados y la categoría otorgada a cada una de las áreas, Observando que existen 2 categorías dentro de la unidad de trabajo, Susceptibilidad alta y moderada, esto se debe a que esta área es la que capta la mayor parte de agua que abastece la parte baja (el casco) de la finca Saquichaj.

En el cuadro 32 se observa que la categoría con susceptibilidad alta ocupa la mayor extensión; 1,145.8 ha, que representa el 78.2 % de la unidad de trabajo. Se ubica en la parte más alta de la unidad, la cual tiene el bosque de protección de la Finca Saquichaj.

La categoría con susceptibilidad moderada representa el 21.8 %, que equivale a una extensión de 319.4 ha. Se encuentra en una zona donde las plantaciones de *pinus* son jóvenes (menos de 10 años) y a una altura media de 1100msnm. (Ver figura 23)

Cuadro 2.31. Clasificación de susceptibilidad en principales áreas de recarga potencial.

Código	Unidad	Area km2	Recarga Potencial	Código Asignado					Categoría de Susceptibilidad
				Geología	Infiltración básica (cm/hr)	Recarga anual (mm)	Pendiente %	Total	
1	Discontinuo	2.489	Muy alta	2	1	4	3	10	Alto
2	Ladera Intermedia	0.835	Moderada	2	1	4	3	10	Alto
3	Poco Escarpe	1.665	Alta	2	1	4	3	10	Alto
4	Ligero Escarpe	0.921	Moderada	2	1	4	2	9	Moderada
5	Suave casco	0.746	Moderada	2	1	4	2	9	Moderada
6	Terraza reciente	0.343	Baja	2	1	4	3	10	Alto
7	Ladera continua	0.803	Moderada	2	1	4	3	10	Alto
8	Ladera Alta saq	0.823	Moderada	2	1	4	3	10	Alto
9	Ladera Alta	0.16	Baja	2	1	4	3	10	Alto
10	Ladera Eluvial	0.603	Baja	2	1	4	2	9	Moderada
11	Muy ondulado	0.357	Baja	2	1	4	3	10	Alto
12	Planicie lluvial	0.773	Moderada	2	1	4	3	10	Alto
13	Muy Escarpado	0.629	Baja	2	1	4	3	10	Alto
14	Mediano Escarpe	0.221	Baja	2	1	4	2	9	Moderada
15	Mediano Escarpe II	0.405	Baja	2	1	4	3	10	Alto
16	Erosionadas	0.959	Moderada	2	1	4	3	10	Alto
17	Laderas Escarpadas	0.702	Moderada	2	1	4	2	9	Moderada
18	Inter Casco	1.216	Moderada	2	1	4	3	10	Alto

Fuente: Daniel Dubón

Cuadro 2.32. Área crítica de recarga potencial de la unidad de trabajo.

Código	Categoría	Extensión		
		ha	Km2	%
SA	Susceptibilidad Alta	1,145.8	11.5	78.2
SM	Susceptibilidad Moderada	319.4	3.2	21.8
Total		1465.2	14.7	100.0

Fuente: Daniel Dubón

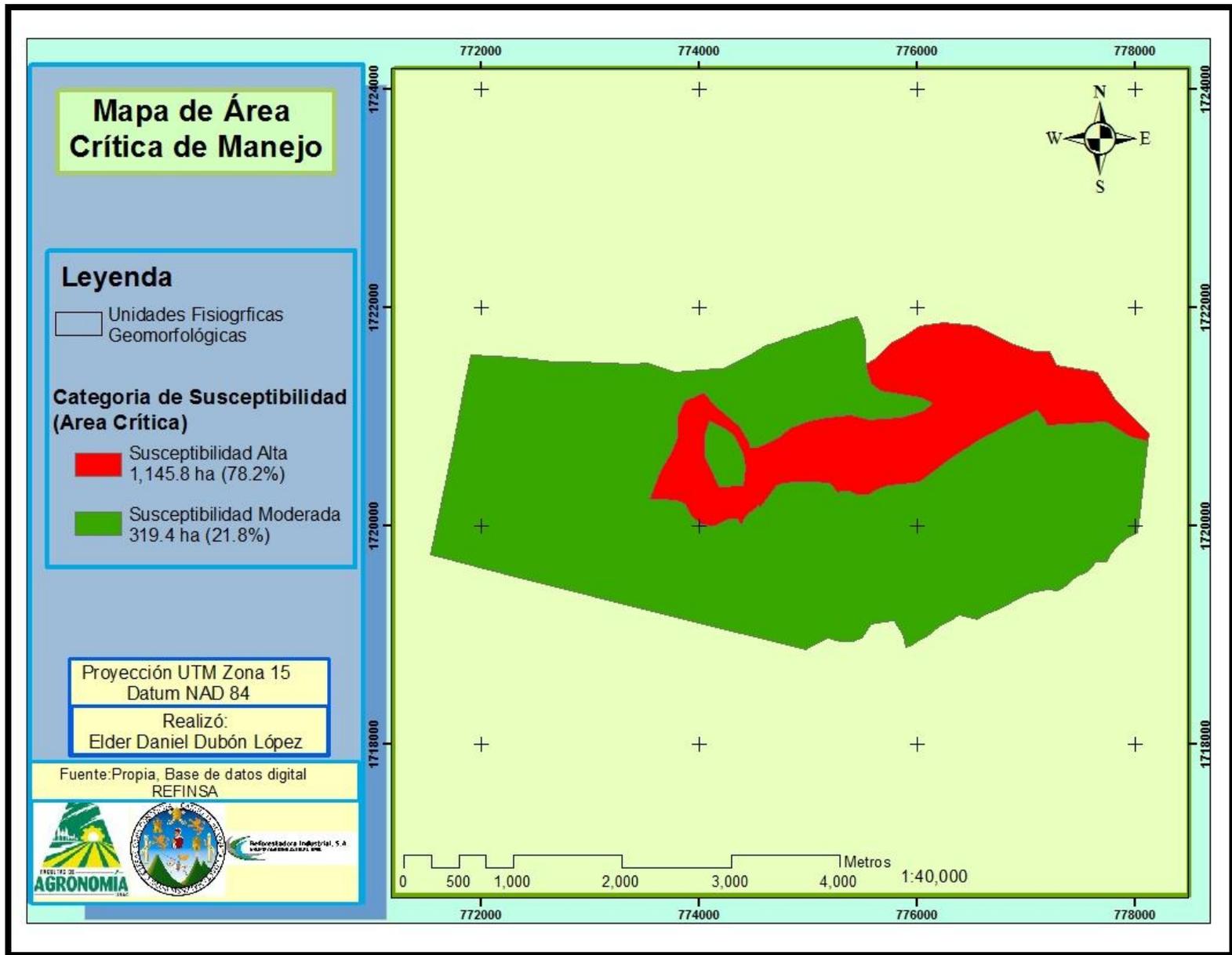


Figura 2.23. Mapa de áreas críticas de recarga potencial en la unidad de trabajo.

2.5.7 Lineamientos de Manejo

El fin de la zonificación agroecológica en esta investigación, fue identificar las características edafológicas, climáticas y de cobertura, y con la información de la caracterización de esos 3 aspectos se realizó una base de datos con e una plataforma SIG, para poder manipular de manera práctica y eficiente la información, y así hacer consultas para futuras actividades que se lleven a cabo en la zona donde se realizó la investigación.

El fin es dar una propuesta general de las actividades que se pueden desarrollar en cada unidad. Por las características obtenidas de la zona, se dan dos tipos de propuestas de uso adecuado para las diferentes unidades, siendo estas: Bosque natural de protección latifoliado y plantaciones de *pinus chiapensis* y *p. tecunumanii*. Además dejar toda la información del área en formato digital para hacer consultas; y al momento de establecer algún proyecto en esta zona, el encargado tenga un respaldo científico, técnico y en base a su criterio, establecer en el área un cultivo que mejor se adapte a las características edáficas, climáticas, sin caer en una degradación del suelo, ni de las especies establecidas en el área.

Se tomó como límites físicos de la zonificación agroecológica las 18 unidades fisiográficas geomorfológicas que dieron como resultado del análisis fisiográfico.

A. Información en la base de datos

En los cuadros 33, 34, 35, 36 y 37 está la información, que contiene la base de datos creada en una plataforma SIG. En la cual está integrado todos los resultados obtenidos del estudio de capacidad de uso, de uso y cobertura, de intensidad de uso, del análisis físico y químico de las 18 unidades muestreadas, así también la caracterización climática de las variables de precipitación pluvial, temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa, evapotranspiración y la recarga hídrica y también la información biofísica relevantes. Ver figura 24, donde está la representación del mapa de zonificación, para ser consultado en formato digital en una plataforma de SIG.

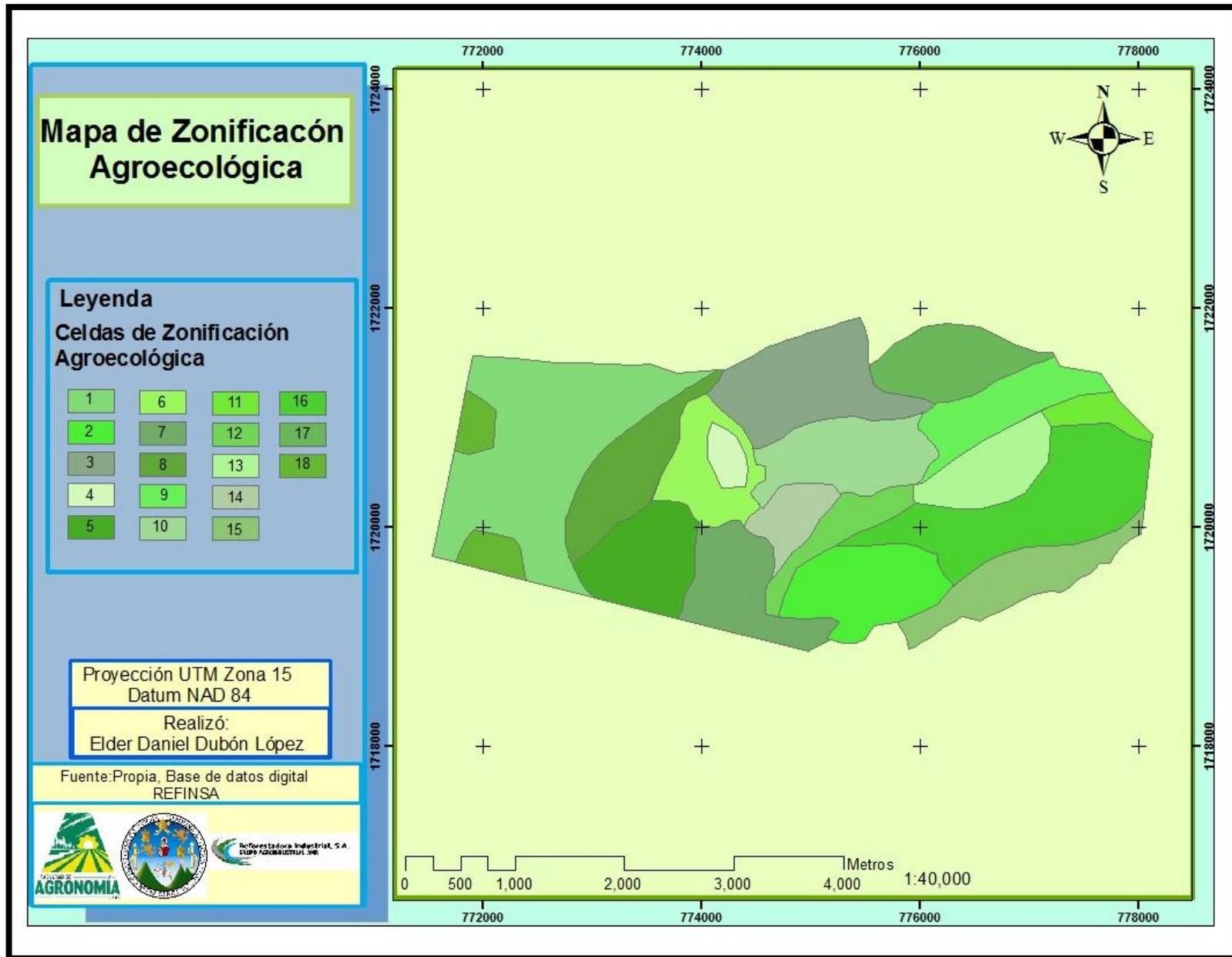


Figura 2.24. Mapa de las 18 unidades de la zonificación agroecológica.

Cuadro 2.33. Información biofísica contenida en la base de datos digital.

Fisio - Geo	Clave	ha	Clave	Zona de Vida	Relieve	Pendiente media %	Profundidad media cm	Pedregosidad	Drenaje	CAPUSO
Discontinuo	IA811	248.92	bp-S	Bosque pluvial Subtropical	Accidentado	39	44.0	No Limita	No Limita	F
Ladera Intermedia	IA922	83.47	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	40	35.0	No limita, Limita	No Limita	Aa/F/Fp
Poco Escarpe	IA1122	166.47	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	40	70.0	No limita, Limita	No Limita	Aa/F/Fp
Ligero Escarpe	IA1221	92.06	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	36	60.0	No Limita	No Limita	F
Suave casco	IA1331	74.63	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	36	60.0	No limita, Limita	No Limita	F/Fp
Terraza reciente	IA821	34.36	bp-S	Bosque pluvial Subtropical	Accidentado	38	33.0	No limita, Limita	No Limita	Ap/Fp
Ladera continua	IA911	80.29	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	42	40.0	No limita, Limita	No Limita	Ap/F/Fp
Ladera Alta saq	IA321	82.32	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	40	66.0	Lmita	No Limita	F/Fp
Ladera Alta	IA931	16.00	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	38	37.0	No Limita	No Limita	Fp
Ladera Eluvial	IA933	60.32	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	34	40.0	No limita, Limita	No Limita	Ss/Fp
Muy ondulado	IA932	35.69	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	41	42.0	No Limita	No Limita	F
Planicie Iluvial	IA1012	77.33	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	57	48.0	No limita, Limita	No Limita	F/Fp
Muy Escarpado	IA1111	62.93	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	53	58.0	No limita, Limita	No Limita	F/Fp
Mediano Escarpe	IA1112	22.11	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	36	43.0	No limita, Limita	No Limita	F/Fp
Mediano Escarpe II	IA1112	40.48	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	30	50.0	No Limita	No Limita	Aa/Ap/F
Erosionadas	IA1121	95.93	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	43	43.0	Limita	No Limita	Fp
Laderas Escarpadas	IA1211	70.24	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	34	58.0	No limita, Limita	No Limita	Aa/F/Fp
Inter Casco	IA1321	121.60	bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	Ondulado y en algunos casos accidentado	51	29.0	No limita, Limita	No Limita	F/Fp

Cuadro 2.34. Información biofísica incluida en la base de datos digital.

Fisio - Geo	Clave	ha	Uso actual	Intensidad de Uso	uso apropiado
Discontinuo	IA811	248.92	Bosque natural	Subutilizado	Plantaciones de <i>pinus Chiapensis</i> , <i>Tecunumanii</i>
Ladera Intermedia	IA922	83.47	Bosque natural con plantacion de pinus	Sobreuso, Subuso y uso correcto	Bosque natural de proteccion latifoliado
Poco Escarpe	IA1122	166.47	Plantacion de pinus	Sobreuso, Subuso y uso correcto	Bosque natural de proteccion latifoliado
Ligero Escarpe	IA1221	92.06	Plantacion de pinus	Uso correcto, Subutilizado	Plantaciones de <i>pinus Chiapensis</i> , <i>Tecunumanii</i>
Suave casco	IA1331	74.63	Plantacion de pinus	Sobreuso, Uso correcto	Plantaciones de <i>pinus Chiapensis</i> , <i>Tecunumanii</i>
Terraza reciente	IA821	34.36	Bosque natural	Subutilizado, Uso correcto	Plantaciones de <i>pinus Chiapensis</i> , <i>Tecunumanii</i>
Ladera continua	IA911	80.29	Bosque natural	Sobreuso, Subuso y uso correcto	Bosque natural de proteccion latifoliado
Ladera Alta saq	IA321	82.32	Bosque natural con plantacion de pinus	Sobreuso, Uso correcto	Bosque natural de proteccion latifoliado
Ladera Alta	IA931	16.00	Plantacion de pinus	Sobreuso	Bosque natural de proteccion latifoliado
Ladera Eluvial	IA933	60.32	Plantacion de pinus	Sobreuso, Subuso	Plantaciones de <i>pinus Chiapensis</i> , <i>Tecunumanii</i>
Muy ondulado	IA932	35.69	Bosque natural con plantacion de pinus	Uso correcto, Subutilizado	Plantaciones de <i>pinus Chiapensis</i> , <i>Tecunumanii</i>
Planicie lluvial	IA1012	77.33	Plantacion de pinus	Sobreuso	Bosque natural de proteccion latifoliado
Muy Escarpado	IA1111	62.93	Plantacion de pinus	Sobreuso	Bosque natural de proteccion latifoliado
Mediano Escarpe	IA1112	22.11	Bosque natural con plantacion de pinus	Sobreuso, Uso correcto	Plantaciones de <i>pinus Chiapensis</i> , <i>Tecunumanii</i>
Mediano Escarpe II	IA1112	40.48	Plantacion de pinus	Uso correcto, Subutilizado	Plantaciones de <i>pinus Chiapensis</i> , <i>Tecunumanii</i>
Erosionadas	IA1121	95.93	Bosque natural con plantacion de pinus	Sobreuso	Bosque natural de proteccion latifoliado
Laderas Escarpadas	IA1211	70.24	Plantacion de pinus	Sobreuso, Subuso y uso correcto	Bosque natural de proteccion latifoliado
Inter Casco	IA1321	121.60	Plantacion de pinus	Sobreuso, Uso correcto	Bosque natural de proteccion latifoliado

Cuadro 2.35. Información hidroclimática incluida en la base de datos digital.

Fisio - Geo	ha	Pp media mm / mes	Tem Min	Tem Max	Tem media mm / mes	Elevacion media msnm	HR	ETP mm /mes	Recarga Potencial			Clasificación	Categoria de Susceptibilidad
									mm/año	m3/año	m3/km2		
Discontinuo	248.92	516.3	17.3	22.4	19.85	1045	88	116.0	3,564.70	8,872,548	3,564,700	Muy alta	Alto
Ladera Intermedia	83.47	441.0	16.3	21.2	18.75	1410	88	112.9	2,879.08	2,404,028	2,879,080	Moderada	Alto
Poco Escarpe	166.47	466.6	15.4	20.1	17.75	1263	87	113.5	3,117.26	5,190,240	3,117,260	Alta	Alto
Ligero Escarpe	92.06	475.3	17.2	22.3	19.75	1213	88	113.7	3,198.28	2,945,613	3,198,280	Moderada	Moderada
Suave casco	74.63	501.0	18.6	23.8	21.2	1102	89	114.0	3,441.49	2,567,352	3,441,490	Moderada	Moderada
Terraza reciente	34.36	534.2	16.1	22.1	19.1	978	88	118.3	3,709.53	1,272,370	3,709,530	Baja	Alto
Ladera continua	80.29	455.8	17.2	22.3	19.75	1325	88	113.3	3,016.80	2,422,492	3,016,800	Moderada	Alto
Ladera Alta saq	82.32	449.7	16.7	21.7	19.2	1360	88	113.1	2,960.09	2,436,155	2,960,090	Moderada	Alto
Ladera Alta	16.00	457.2	17.4	22.5	19.95	1317	88	113.3	3,029.76	484,762	3,029,760	Baja	Alto
Ladera Eluvial	60.32	459.8	17.3	22.3	19.8	1302	88	113.4	3,054.07	1,841,604	3,054,070	Baja	Moderada
Muy ondulado	35.69	444.0	16.6	21.6	19.1	1393	88	113.0	2,906.62	1,037,664	2,906,620	Baja	Alto
Planicie Iluvial	77.33	441.4	15.1	19.9	17.5	1408	87	112.9	2,882.32	2,228,030	2,882,320	Moderada	Alto
Muy Escarpado	62.93	457.4	16.2	21.1	18.65	1316	88	113.3	3,031.38	1,906,741	3,031,380	Baja	Alto
Mediano Escarpe	22.11	480.1	16.8	21.8	19.3	1180	88	111.3	3,272.88	723,307	3,272,880	Baja	Moderada
Mediano Escarpe II	40.48	434.9	16.3	21.2	18.75	1445	88	112.8	2,822.36	1,143,058	2,822,360	Baja	Alto
Erosionadas	95.93	437.6	15.7	20.5	18.1	1430	87	112.8	2,846.67	2,729,956	2,846,670	Moderada	Alto
Laderas Escarpadas	70.24	451.5	17.6	22.7	20.15	1350	88	113.2	2,976.29	2,089,358	2,976,290	Moderada	Moderada
Inter Casco	121.60	485.5	18.1	23.3	20.7	1160	89	112.0	3,316.11	4,032,396	3,316,110	Moderada	Alto

Cuadro 2.37. Información física incluida en la base de datos digital.

Fisio -Geo	Clave	ha	Gr/cc Da	% humedad		%			Clase Textural
				1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
Discontinuo	IA811	248.92	0.8696	38.11	31.74	40.07	18.14	41.79	Arcilloso
Ladera Intermedia	IA922	83.47	0.9091	43.19	37.37	31.67	16.04	52.29	Franco arcillo arenoso
Poco Escarpe	IA1122	166.47	1.0000	35.05	28.69	44.27	16.04	39.69	Arcillo arenoso
Ligero Escarpe	IA1221	92.06	0.9091	39.67	32.75	54.77	13.94	31.29	Arcilloso
Suave casco	IA1331	74.63	0.9302	33.76	27.37	42.17	18.14	39.69	Arcilloso
Terraza reciente	IA821	34.36	1.0000	41.20	31.41	44.27	18.14	37.59	Arcilloso
Ladera continua	IA911	80.29	1.0000	37.93	29.88	42.17	22.34	35.49	Arcilloso
Ladera Alta saq	IA321	82.32	0.9302	42.96	36.71	40.07	13.94	45.99	Arcillo arenoso
Ladera Alta	IA931	16.00	0.8696	34.11	29.33	40.07	16.04	43.89	Arcillo arenoso
Ladera Eluvial	IA933	60.32	0.9091	32.58	27.49	35.87	13.94	50.19	Arcillo arenoso
Muy ondulado	IA932	35.69	0.9302	33.94	28.61	37.97	18.14	43.89	Franco arcilloso
Planicie Iluvial	IA1012	77.33	0.8696	37.29	30.73	46.37	16.04	37.59	Arcilloso
Muy Escarpado	IA1111	62.93	0.9091	33.31	28.85	37.97	18.14	43.89	Franco arcilloso
Mediano Escarpe	IA1112	22.11	0.9556	30.50	22.00	29.57	28.64	41.79	Franco arcilloso
Mediano Escarpe II	IA1112	40.48	1.0000	32.24	27.12	48.47	13.94	37.59	Arcilloso
Erosionadas	IA1121	95.93	0.9756	37.38	29.29	50.77	18.14	31.29	Arcilloso
Laderas Escarpada	IA1211	70.24	1.0000	34.85	28.22	56.87	18.14	24.99	Arcilloso
Inter Casco	IA1321	121.60	0.8511	43.18	37.44	31.67	18.14	50.19	Franco arcillo arenoso
Total		1465.15							

2.6 Conclusiones

1. En la unidad de trabajo para realizar la zonificación agroecológica existen 4 categorías de pendientes: de 32 a 55% con un área de 1,130.5 ha (77.16%), mayor a 55% con 181.1 ha (12.36%), de 16 a 32% con 126.0 ha (8.60%) y 8 a 16% con 27.4ha (1.87%). En la unidad existen 5 categorías de capacidad de uso. Tierras forestales para la producción (F), con 681.8 ha (46.53), Tierras forestales de producción (Fp), con 648.1 ha (44.23), Agroforestería con cultivos anuales (Aa), con 71.4 ha (4.87%), Agroforestería con cultivos permanentes (Ap), con 38.0 ha (2.59%) y Sistemas Silvopastoriles (Ss), con 25.9 ha (1.77). El 40.54% (593.9 ha) uso correcto, sobre utilizada con el 33.99% (498.1 ha), y 25.47 % (373.1 ha) está siendo sub utilizada.

2. El volumen anual medio de precipitación dentro de la unidad de trabajo es de 8383.4 mm/anuales. La distribución de ETP dentro de la unidad de trabajo no es muy variable va desde 111.3 mm/mes a 116.0 mm/mes. Con rangos de temperatura media que van desde los 17. 5 °C/mes hasta los 21.2 °C/mes. El volumen anual de recarga potencial a través del balance hídrico es de 46,327,674 m³/anuales. RMA con una extensión de: 248.9 ha (17.0%), RA: 166.5 ha (11.4%), RM: 777.8 ha (53.1%) y RB: 271.9 ha (18.6). El 78.2% (1,145.8ha) susceptibilidad alta, 21.8% (319.4ha) Susceptibilidad moderada.

3. Toda la base de datos con la caracterización edáfica, hidroclimática y de cobertura está de forma digital para poder ser revisa en el momento que sea necesario, esto a través de la plataforma SIG. En una sola capa donde está contenido el mapa de la zonificación agroecológica con sus 18 celdas que salieron a partir de la leyenda fisiográfica geomorfológica; se puede desplegar la tabla de una tabla de atributos con toda la base de datos creada e integrada de cada una de las 18 unidades, donde se puede observar las limitaciones, condiciones, deficiencias y estado actual de las diferentes unidades de la zonificación agroecológica.

2.7 Recomendaciones

1. El estudio contiene información práctica para poder tomar decisiones a la hora del establecimiento de una plantación forestal; ver diferencias y saber qué tipo de enmienda es necesaria hacer, dependiendo de los requerimientos de la especie forestal.
2. Corregir las áreas que están en sobre uso y sub uso, a partir del ordenamiento del bosque y del establecimiento de los nuevos proyectos ir corrigiendo esas áreas que están en cierto grado de vulnerabilidad o que no tiene los rendimientos esperados.
3. Implementar un proyecto piloto de conservación y manejo de las áreas críticas de recarga hídrica natural, tomando en cuenta como mínimo la capacidad de uso de cada unidad, para garantizar que la misma mantenga su función de recarga y abastecimiento en la parte baja de la finca.
4. Establecer una estación meteorológica hacia el Oeste de la finca a una elevación de 1400 msnm, para que un futuro próximo se pueda establecer con mayor precisión los valores hidroclimáticos de la Finca Saquichaj.

2.8 Bibliografías

1. Aparicio Mijares, FJ. 2001. Fundamentos de hidrología de superficie. México, Limusa. 303 p.
2. Cabrera, CA. 1997. Determinación de políticas de explotación de las aguas subterráneas para las aldeas de San José Pacul y Pachalí del municipio de Santiago Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 52 p.
3. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.
4. Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 1157 p.
5. FAO, IT. 1996. Adaptación de la metodología de zonificación agroecológica de la FAO para aplicaciones a diferentes niveles de zonificación en países de América Latina y el Caribe. Roma, Italia. 46 p.
6. _____. 1997. Metodología de zonificación agroecológica (ZAE): guía general. Roma, Italia, FAO, Boletín no. 73. 30 p.
7. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
8. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Clasificación de tierras por capacidad de uso – manual técnico (en línea). Guatemala. Consultado 20 abr 2006. Disponible en: <http://www.inab.gob.gt/inab.htm>
9. _____. 2003. Resumen de resultados de inventario forestal nacional – documento (en línea). Guatemala. Consultado 20 abr 2006. Disponible en: <http://www.inab.gob.gt/inab.htm>
10. Lerner, DN; Issar, AS; Simmers, I. 1990. Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge. Germany, Verlag Heinz Heise. v. 8, 345 p.
11. Lesser, JM. 2001. Décimo tercer curso internacional en contaminación de acuíferos: restauración de suelos y acuíferos con contaminantes orgánicos. México, UNAM. s.p.
12. Linsley, A. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, McGraw-Hill. 345 p.
13. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1991. Plan maestro de riego y drenaje: hidrogeología-disponible de agua subterránea. Guatemala. 72 p. (Proyecto PNUD/OSP/GUA/88/003).

14. Muñoz Palacios, C. 1998. La conceptualización e identificación de zonas de recarga hídrica prioritarias a nivel nacional. Guatemala. 45 p. (Proyecto FAO-GCP/GUA/007/NET).
15. Nittler, J; Barahona, R. 1993. El manejo de cuencas en el proyecto de desarrollo agrícola de Guatemala. Guatemala, MAGA. 92 p. (Proyecto de Desarrollo Agrícola G de G/AID520-0274 USAID).
16. Padilla Cámara, TA. 1995. Tercer curso nacional de drenaje agrícola y control de inundaciones a nivel de postgrado: hidrogeología de los diferentes tipos de zonas llanas. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 33 p.
17. _____. 2003. Evaluación del potencial hídrico en la microcuenca del río Cantil para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la finca la Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, Guatemala. Tesis MSc. Costa Rica, UCR. 104 p.
18. REFINSA (Reforestadora Industrial SA, GT). 2008. Plan de manejo forestal, región de Cobán, Alta Verapaz. Guatemala. 58 p.
19. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
20. _____. 2002. Hidrogeología práctica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
21. Schosinsky, G; Losilla, M. 2000. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. Revista Geológica de América Central no. 23: 44-54.
22. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
23. Suarez Urrutia, J. 2001. Situación actual de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC. 32 p.
24. Tzirin Batzin, J. 1998. Índices de sitio preliminares para *Cupressus lusitanica* Miller, *Pinus caribae* Morelet var. hondurensis Barret y Golfari, *Pinus maximinoii* H.E. Moore y *Pinus strobus* L. var. chiapensis Martínez, establecidas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 67 p.

2.9 Anexos

a. Hoja de Campo para realizar muestreo

Cuadro 2.38A. Hoja de descripción de la zonificación agroecológica

HOJA DE DESCRIPCIÓN ZONIFICACION AGROECOLOGICA

Nombre del Proyecto _____ Area parcela _____ Parcela No _____ Coord (UTM) _____
 Localidad _____ Fecha _____
 Altitud _____ Pendiente (%) _____ Pos Fisiog. _____ U. Mapeo _____
 Clima: pp _____ Temp. _____ Cultivo ó Veg. Nat. _____
 Mat. Orginario _____ Pedregosidad _____ Erosión _____ Drenaje _____
 Humedad del suelo _____ Microtopografía _____ Sal. ó Alc. _____
 Profundidad Efectiva _____ Clasificación _____

No árbol	Especie	DAP (cms)	h (mts)	No arbol	Especie	DAP (cms)	h (mts)

Observaciones _____

Area Total _____

2.9.1 Datos climáticos de la Finca Saquichaj (Promedio mensual 2006 – 2010)

Cuadro 2.39A. Precipitación mensual en mm, Enero 2006 – Diciembre 2010

ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2006	LLUVIA	MM	610.2	401.3	273.8	118.5	278.2	544.2	418.0	445.0	437.5	690.3	521.5	647.7	5386.2
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2007	LLUVIA	MM	545.5	327.1	344.5	90.0	259.0	368.4	342.8	538.8	686.2	753.4	516.5	164.0	4936.2
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2008	LLUVIA	MM	340.0	301.5	431.2	372.1	274.5	439.0	571.0	484.3	807.8	1204.0	144.0	224.0	5593.3
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2009	LLUVIA	MM	520.5	256.2	60.0	408.4	420.2	226.5	365.8	306.5	338.2	531.0	214.8	270.3	3918.4
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2010	LLUVIA	MM	533.2	371.5	736.5	625.5	1973.9	1462.3	1684.7	1729.6	829.7	368.3	532.8	488.7	11336.7
							509.9	331.5	369.2	322.9	641.2	608.1	676.5	700.8	619.9	709.4	385.9	358.9	6234.1
ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SARRITHA	509371	1717757	1200	2006	LLUVIA	MM	1020.0	559.0	300.7	146.6	246.8	715.6	431.2	338.0	331.7	635.0	547.0	408.6	5680.2
SARRITHA	509371	1717757	1200	2007	LLUVIA	MM	492.9	451.0	390.6	106.5	153.5	498.7	303.4	788.0	745.7	746.0	559.6	185.6	5421.5
SARRITHA	509371	1717757	1200	2008	LLUVIA	MM	583.6	283.0	345.3	346.5	326.7	312.5	796.2	378.3	650.4	1524.7	252.0	318.1	6117.3
SARRITHA	509371	1717757	1200	2009	LLUVIA	MM	499.3	357.0	153.1	256.6	633.7	379.6	336.5	397.0	347.8	610.5	305.0	321.0	4597.1
SARRITHA	509371	1717757	1200	2010	LLUVIA	MM	652.7	424.7	444.3	242.5	571.6	455.0	656.8	715.6	890.5	464.5	574.1	576.3	6668.6
							649.7	414.9	326.8	219.7	386.5	472.3	504.8	523.4	593.2	796.1	447.5	361.9	5696.9
ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2006	LLUVIA	MM	565.5	443.4	287.0	130.1	309.5	572.8	346.6	186.8	279.5	714.5	562.2	427.1	4825.0
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2007	LLUVIA	MM	510.5	474.9	382.6	207.0	222.8	418.1	250.0	314.7	540.8	727.0	505.5	97.5	4651.4
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2008	LLUVIA	MM	580.7	338.4	201.5	169.1	268.5	237.3	564.4	393.8	347.7	1173.0	369.8	248.2	4892.4
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2009	LLUVIA	MM	253.1	334.5	192.1	260.7	354.1	308.4	402.4	347.0	206.7	531.4	268.6	351.3	3810.3
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2010	LLUVIA	MM	514.4	305.0	245.7	297.1	638.6	560.4	582.4	803.4	740.0	502.0	338.7	770.8	6298.4
							484.8	379.2	261.8	212.8	358.7	419.4	429.2	409.1	422.9	729.6	409.0	379.0	4895.5

Cuadro 2.40A. Humedad Relativa mensual en %, Enero 2006 – Diciembre 2010

ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2006	HR	%							87	89	91	88	89	91	89	
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2007	HR	%	89	86	91	92	92	86	89	89	90	90	90	89	89	89
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2008	HR	%	88	87	86	82	85	90	89	88	88	90	89	89	89	88
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2009	HR	%	89	88	90		87	88		90	87				88	
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2010	HR	%	90	91	91	89	90	88	90	90	89	89	88	89	90	89
							89	88	89	88	88	88	89	89	89	89	89	90	89	89
ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
SARRITHA	509371	1717757	1200	2006	HR	%	87	86	85	86	88	90	88		89				87	
SARRITHA	509371	1717757	1200	2007	HR	%	88		86	83	82	84	87	86	89	90	89	88	87	
SARRITHA	509371	1717757	1200	2008	HR	%	86	88	87	84	86	89	89	88	89	88		90	87	
SARRITHA	509371	1717757	1200	2009	HR	%	86	86	84		86	86			87				86	
SARRITHA	509371	1717757	1200	2010	HR	%	88	88	86	90	87	86	87	87	87	87	87	87	87	
							87	87	86	86	86	87	88	87	88	88	88	88	87	
ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2006	HR	%	88	87	87	87	87	90	90	90	90				88	
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2007	HR	%	89					87	89	90	89	89	90	90	89	
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2008	HR	%		90	83	90	89	90	90	90	91	90		89	89	
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2009	HR	%	89	89	89		88	90			88				89	
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2010	HR	%	89	90	89	91	90	91	90	90	90	90	90	88	90	
							89	89	87	89	89	90	90	90	89	89	90	89	89	

Cuadro 2.41A. Temperatura máxima mensual en °C, Enero 2006 – Diciembre 2010

ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2006	TMAXPR	°C							24.9	25.5	25.6	25.2	22.1	21.3	24.1
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2007	TMAXPR	°C	22.3	21.2	24.9	26.2	28.4	26.6	26.0	25.6	24.8	24.6	21.8	22.2	24.5
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2008	TMAXPR	°C	21.9	24.1	23.8	25.6	26.8	25.0	25.2	26.2	26.3	22.6	21.2	21.9	24.2
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2009	TMAXPR	°C	21.3	21.9	24.0		26.0	26.3		25.2	25.8				24.4
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2010	TMAXPR	°C	20.9	22.3	22.4	27.1	26.6	27.0	25.9	25.6	25.7	23.1	22.1	20.3	24.1
							21.6	22.4	23.8	26.3	26.9	26.2	25.5	25.6	25.6	23.9	21.8	21.4	24.3
ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SARRITHA	509371	1717757	1200	2006	TMAXPR	°C	19.7	19.1	20.1	21.4	21.8	20.8	21.7		21.6				20.8
SARRITHA	509371	1717757	1200	2007	TMAXPR	°C	18.1		19.6	23.1	22.4	20.8	21.0	20.3	21.1	19.2	17.7	18.6	20.2
SARRITHA	509371	1717757	1200	2008	TMAXPR	°C	17.5	19.3	19.3	21.5	22.3	20.5	19.9	20.8	21.2	17.8		17.0	19.7
SARRITHA	509371	1717757	1200	2009	TMAXPR	°C	17.5	17.1	18.8		18.0	21.3			20.5				18.9
SARRITHA	509371	1717757	1200	2010	TMAXPR	°C	17.3	18.2	18.5	21.3	21.4	21.5	21.0	20.7	20.5	18.3	17.9	16.3	19.4
							18.0	18.4	19.2	21.8	21.2	21.0	20.9	20.6	21.0	18.4	17.8	17.3	19.8
ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2006	TMAXPR	°C	17.7	18.4	20.5	22.0	22.8	21.1	21.7	21.9	22.6				21.0
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2007	TMAXPR	°C	17.8					21.7	22.1	21.4	21.3	20.5	17.7	19.7	20.3
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2008	TMAXPR	°C		20.5	20.2	22.7	24.0	21.4	21.1	22.3	22.2	18.7		17.9	21.1
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2009	TMAXPR	°C	17.8	19.2	20.8		22.7	21.9			21.0				20.6
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2010	TMAXPR	°C	16.9	18.8	19.8	22.7	22.3	22.4	22.4	21.7	21.9	19.6	18.3	17.0	20.3
							17.6	19.2	20.3	22.5	22.9	21.7	21.8	21.8	21.8	19.6	18.0	18.2	20.6

Cuadro 2.42A. Temperatura mínima mensual en °C, Enero 2006 – Diciembre 2010

ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2006	TMINPR	°C							19.8	19.8	20.0	19.9	16.6	17.0	18.9
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2007	TMINPR	°C	16.9	15.1	17.0	20.0	21.2	19.7	20.0	20.4	19.6	19.2	17.6	17.9	18.7
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2008	TMINPR	°C	16.8	17.7	18.3	20.1	21.3	20.3	20.4	21.0	20.7	19.2	17.1	16.7	19.1
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2009	TMINPR	°C	16.6	17.5	18.3		20.8	21.3		20.7	21.1				19.5
SAQUICHAJ	508439	1721480	800	2010	TMINPR	°C	16.0	17.9	16.8	20.8	21.3	21.7	21.1	20.9	20.3	18.7	17.9	15.2	19.1
							16.6	17.1	17.6	20.3	21.2	20.8	20.3	20.6	20.3	19.2	17.3	16.7	19.0
ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SARRITHA	509371	1717757	1200	2006	TMINPR	°C	14.7	13.7	14.6	16.3	16.9	16.3	16.5		15.8				15.6
SARRITHA	509371	1717757	1200	2007	TMINPR	°C	13.8		13.9	16.9	16.5	15.2	15.7	15.5	16.1	15.4	13.5	14.0	15.1
SARRITHA	509371	1717757	1200	2008	TMINPR	°C	13.3	14.7	14.4	15.8	16.6	15.1	14.8	14.8	15.0	12.2		13.0	14.5
SARRITHA	509371	1717757	1200	2009	TMINPR	°C	12.6	13.1	13.5		16.2	16.7			16.2				14.7
SARRITHA	509371	1717757	1200	2010	TMINPR	°C	14.0	14.4	15.1	17.3	17.1	17.5	17.1	17.0	17.0	14.2	14.4	12.5	15.6
							13.7	14.0	14.3	16.6	16.7	16.2	16.0	15.8	16.0	13.9	13.9	13.2	15.1
ESTACION	X	Y	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2006	TMINPR	°C	12.9	13.2	14.5	16.2	17.0	16.2	16.3	16.5	16.0				15.4
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2007	TMINPR	°C	13.6					15.9	16.4	15.8	15.8	15.5	13.7	13.7	15.1
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2008	TMINPR	°C		14.2	13.8	15.3	17.3	17.1	16.2	16.7	17.4	15.3		13.6	15.7
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2009	TMINPR	°C	12.9	12.5	11.5		16.4	16.6			15.8				14.3
CHICOCOM	513251	1715690	1600	2010	TMINPR	°C	12.3	14.1	13.7	16.8	16.9	17.1	16.6	16.0	16.2	15.3	13.9	11.8	15.1
							12.9	13.5	13.4	16.1	16.9	16.6	16.4	16.3	16.3	15.4	13.8	13.0	15.1

2.9.2 ETP calculada por el método de Hargreaves

Cuadro 2.43A. Datos de ETP mensual en Estación Saquichaj

Mes	Días	Temperatura		Radiación extraterrestre		Brillo solar	Brillo medio	Radiación solar	Evapotranspiración	
		°C	°F	mm/día	mm/mes	hrs/día	mensual (%)	mensual (mm)	mm/día	mm/mes
enero	31	19.09	66.35	11.80	365.80	11.18	46.58	187.25	3.01	93.19
febrero	28	19.72	67.50	13.15	368.20	11.56	48.17	191.65	3.47	97.02
marzo	31	20.69	69.24	14.65	454.15	12.00	50.00	240.85	4.03	125.07
abril	30	23.30	73.94	15.60	468.00	12.54	52.25	253.72	4.69	140.70
mayo	31	24.05	75.29	16.50	511.50	12.92	53.83	281.47	5.13	158.94
junio	30	23.50	74.30	16.00	480.00	13.12	54.67	266.17	4.94	148.33
julio	31	22.92	73.26	16.00	496.00	13.02	54.25	274.00	4.86	150.56
agosto	31	23.09	73.56	15.75	488.25	12.68	52.83	266.17	4.74	146.85
septiembre	30	22.99	73.39	14.95	448.50	12.24	51.00	240.22	4.41	132.22
octubre	31	21.56	70.81	13.75	426.25	11.76	49.00	223.78	3.83	118.84
noviembre	30	19.55	67.19	12.20	366.00	11.32	47.17	188.52	3.17	94.99
diciembre	31	19.06	66.30	10.90	337.90	11.08	46.17	172.19	2.76	85.63

1492.33

Cuadro 2.44A. Datos de ETP mensual en Estación Sarrithá.

Mes	Días	Temperatura		Radiación extraterrestre		Brillo solar	Brillo medio	Radiación solar	Evapotranspiración	
		°C	°F	mm/día	mm/mes	hrs/día	mensual (%)	mensual (mm)	mm/día	mm/mes
enero	31	15.85	60.53	11.80	365.80	11.18	46.58	187.25	2.74	85.00
febrero	28	16.21	61.17	13.15	368.20	11.56	48.17	191.65	3.14	87.93
marzo	31	16.77	62.18	14.65	454.15	12.00	50.00	240.85	3.62	112.32
abril	30	19.21	66.57	15.60	468.00	12.54	52.25	253.72	4.22	126.68
mayo	31	18.91	66.05	16.50	511.50	12.92	53.83	281.47	4.50	139.42
junio	30	18.58	65.44	16.00	480.00	13.12	54.67	266.17	4.35	130.63
julio	31	18.47	65.25	16.00	496.00	13.02	54.25	274.00	4.33	134.09
agosto	31	18.19	64.74	15.75	488.25	12.68	52.83	266.17	4.17	129.24
septiembre	30	18.50	65.30	14.95	448.50	12.24	51.00	240.22	3.92	117.65
octubre	31	16.18	61.13	13.75	426.25	11.76	49.00	223.78	3.31	102.59
noviembre	30	15.86	60.54	12.20	366.00	11.32	47.17	188.52	2.85	85.60
diciembre	31	15.23	59.42	10.90	337.90	11.08	46.17	172.19	2.48	76.74

1327.90

Cuadro 2.45A. Datos de ETP mensual en Estación Chicocom.

Mes	Días	Temperatura		Radiación extraterrestre		Brillo solar	Brillo medio	Radiación solar	Evapotranspiración	
		°C	°F	mm/día	mm/mes	hrs/día	mensual (%)	mensual (mm)	mm/día	mm/mes
enero	31	15.25	59.44	11.80	365.80	11.18	46.58	187.25	2.69	83.48
febrero	28	16.36	61.46	13.15	368.20	11.56	48.17	191.65	3.15	88.34
marzo	31	16.85	62.32	14.65	454.15	12.00	50.00	240.85	3.63	112.58
abril	30	19.28	66.70	15.60	468.00	12.54	52.25	253.72	4.23	126.92
mayo	31	19.93	67.88	16.50	511.50	12.92	53.83	281.47	4.62	143.30
junio	30	19.14	66.46	16.00	480.00	13.12	54.67	266.17	4.42	132.67
julio	31	19.10	66.37	16.00	496.00	13.02	54.25	274.00	4.40	136.40
agosto	31	19.04	66.28	15.75	488.25	12.68	52.83	266.17	4.27	132.31
septiembre	30	19.04	66.27	14.95	448.50	12.24	51.00	240.22	3.98	119.39
octubre	31	17.48	63.47	13.75	426.25	11.76	49.00	223.78	3.44	106.53
noviembre	30	15.87	60.57	12.20	366.00	11.32	47.17	188.52	2.85	85.64
diciembre	31	15.61	60.11	10.90	337.90	11.08	46.17	172.19	2.50	77.62

1345.18

Cuadro 2.46A. Resultado del análisis de las muestras de suelo unidad 01 a 05

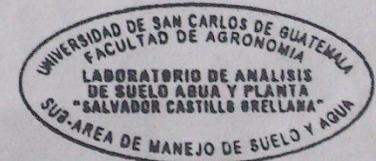
INTERESADO: DANIEL DUBON
 PROCEDENCIA: SAQUIJAY, ALTA VERAPAZ
 FECHA DE INGRESO: 28/2/2011

ANALISIS QUIMICO

IDENTIFICACION		pH	ppm		Meq/100 gr		Ppm				Meq/100 gr				%		
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.
RANGO MEDIO			12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15							
M-1	Ladera intermedia	6.0	1.79	65	12.79	0.72	0.50	2.50	1.50	63.50	23.91	13.97	0.74	0.10	0.28	63.10	9.13
M-2	Inter casco	5.3	1.28	33	10.60	0.92	0.50	1.50	4.50	48.00	28.26	12.23	0.90	0.11	0.19	47.55	9.32
M-3	Mediano escarpe II	4.9	1.73	50	3.43	0.82	0.10	1.50	14.50	19.00	10.43	3.49	0.78	0.10	0.17	43.55	5.80
M-4	Muy ondulado	5.0	1.41	33	4.68	1.90	0.50	1.50	40.50	12.00	18.26	4.74	1.60	0.10	0.11	35.88	5.63
M-5	Bmh-s(F)	5.1	1.22	35	5.61	0.71	0.50	4.00	20.00	61.50	19.67	7.24	0.86	0.10	0.12	42.51	6.22

ANALISIS FISICOS

IDENTIFICACION		Gr/cc Da	% HUMEDAD		% CLASE TEXTURAL			
			1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
M-1	Ladera intermedia	0.9091	43.19	37.37	31.67	16.04	52.29	Franco arcillo arenoso
M-2	Inter casco	0.8511	43.18	37.44	31.67	18.14	50.19	Franco arcillo arenoso
M-3	Mediano escarpe II	0.9556	30.50	22.00	29.57	28.64	41.79	Franco arcilloso
M-4	Muy ondulado	0.9302	33.94	28.61	37.97	18.14	43.89	Franco arcilloso
M-5	Bmh-s(F)	0.8596	37.29	30.73	46.37	16.04	37.59	Arcilloso



Cuadro 2.47A. Resultado del análisis de las muestras de suelo unidad 06 al 10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



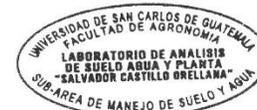
INTERESADO: DANIEL DUBON
PROCEDENCIA: SAQUIJAY, ALTA VERAPAZ
FECHA DE INGRESO: 28/2/2011

ANALISIS QUIMICO

IDENTIFICACION	pH	ppm		Meq/100 gr		Ppm				Meq/100 gr				%			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.	
RANGO MEDIO																	
M-16	Ligera escarpada	4.9	1.15	23	4.99	0.61	0.50	2.50	9.00	52.50	16.09	4.99	0.62	0.20	0.13	36.93	4.62
M-17	Erosionada	5.1	1.92	25	6.55	0.92	0.50	3.50	12.00	29.00	21.74	7.49	1.11	0.20	0.15	41.17	6.57
M-18	Montaña discontinua	5.4	1.54	33	8.42	1.59	0.10	1.50	1.00	38.50	23.04	9.48	1.56	0.23	0.16	49.66	11.43

ANALISIS FISICOS

IDENTIFICACION	Gr/cc Da	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL	
		1/3	15	Arcilla	Limo	Arena		
M-16	Ligera escarpada	0.9091	39.67	32.75	54.77	13.94	31.29	Arcilloso
M-17	Erosionada	0.9756	37.38	29.29	50.77	18.14	31.29	Arcilloso
M-18	Montaña discontinua	0.8696	38.11	31.74	40.07	18.14	41.79	Arcilloso



Cuadro 2.48A. Resultado del análisis de las muestras de suelo unidad 11 al 15



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: DANIEL DUBON
PROCEDENCIA: SAQUIJAY, ALTA VERAPAZ
FECHA DE INGRESO: 28/2/2011

ANALISIS QUIMICO

IDENTIFICACION	pH	ppm		Meq/100 gr		Ppm				Meq/100 gr					%		
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.	
RANGO MEDIO																	
M-11	Suave casco	4.8	1.35	55	3.43	0.46	0.50	6.50	17.50	52.50	18.26	3.74	0.53	0.21	0.22	25.77	5.04
M-12	Terraza reciente	4.5	1.22	33	8.11	1.02	0.50	4.50	8.50	57.50	22.17	9.48	1.15	0.21	0.16	49.63	5.87
M-13	Mediano escarpe I	4.7	1.22	35	3.12	0.82	0.50	4.00	20.00	50.50	18.26	3.24	0.86	0.20	0.15	24.43	3.87
M-14	Ladera alta	5.5	1.15	33	11.85	0.77	0.10	3.50	0.10	25.00	28.70	13.47	0.90	0.22	0.17	51.47	11.97
M-15	Ladera escarpada	4.9	1.15	15	4.36	0.77	0.50	2.50	24.00	31.50	16.52	4.49	0.82	0.20	0.07	33.81	4.26

ANALISIS FISICOS

IDENTIFICACION	Gr/cc Da	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL	
		1/3	15	Arcilla	Limo	Arena		
M-11	Suave casco	0.9302	33.76	27.37	42.17	18.14	39.69	Arcilloso
M-12	Terraza reciente	1.0000	41.20	31.47	44.27	18.14	37.59	Arcilloso
M-13	Mediano escarpe I	1.0000	32.24	27.12	48.47	13.94	37.59	Arcilloso
M-14	Ladera alta	0.9302	42.96	36.71	40.07	13.94	45.99	Arcillo arenoso
M-15	Ladera escarpada	1.0000	34.85	28.22	56.87	18.14	24.99	Arcilloso



Cuadro 2.49A. Resultado del análisis de las muestras de suelo unidad 15 al 18

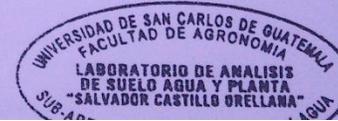
INTERESADO: DANIEL DUBON
PROCEDENCIA: SAQUIJAY, ALTA VERAPAZ
FECHA DE INGRESO: 28/2/2011

ANALISIS QUIMICO

IDENTIFICACION		pH	ppm		Meq/100 gr		Ppm				Meq/100 gr					%	
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB.	M.O.
RANGO MEDIO			12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15							
M-6	Muy escarpado	4.9	1.15	19	5.30	0.61	0.50	2.50	13.50	35.00	14.78	5.49	0.58	0.10	0.13	42.63	5.50
M-7	Poco escarpe	4.8	1.22	33	5.30	0.66	0.50	4.50	17.50	31.50	16.52	5.49	0.66	0.09	0.11	38.41	5.32
M-8	Ladera alta	4.9	1.28	35	4.99	0.72	0.50	5.00	10.00	37.50	20.00	4.49	0.62	0.09	0.15	26.72	7.06
M-9	Ladera continua PA	5.0	1.35	35	8.11	0.87	0.50	4.50	8.00	61.00	16.09	9.23	0.99	0.23	0.16	65.95	7.65
M-10	Ladera eluvial	4.8	1.47	48	3.12	0.51	0.50	9.50	12.00	23.00	17.83	2.99	0.53	0.22	0.19	22.11	6.72

ANALISIS FISICOS

IDENTIFICACION		Gr/cc Da	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL
			1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
M-6	Muy escarpado	0.9091	33.31	28.85	37.97	18.14	43.89	Franco arcilloso
M-7	Poco escarpe	1.0000	35.05	28.69	44.27	16.04	39.69	Arcillo arenoso
M-8	Ladera alta	0.8696	34.11	29.33	40.07	16.04	43.89	Arcillo arenoso
M-9	Ladera continua PA	1.0000	37.93	29.88	42.17	22.34	35.49	Arcilloso
M-10	Ladera eluvial	0.9091	32.58	27.49	35.87	13.94	50.19	Arcillo arenoso



Capitulo III
Servicios realizados en la finca Saquichaj, Municipio de Cobán,
Departamento de Alta Verapaz, Guatemala C.A.

3.1 Presentación

Desde los años 70, la Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, ha venido realizando una serie de actividades a modo de lograr un ordenamiento, tanto en sus procesos de producción, así como en las actividades de mantenimiento y sanidad de las plantaciones forestales de los diferentes proyectos que hay en la finca.

Con todo este proceso lo que pretendía la finca es lograr una eficiencia en los diferentes proyectos, a través del monitoreo constante de las plantaciones. Así como la inversión en estudios de investigación que ayuden a que la finca logre sus objetivos con el menor desgaste del recurso humano y recursos naturales.

Los servicios prestados a la finca llevaron como fin primordial reducir los problemas que se encontraron al momento de realizar el diagnóstico de la misma. Deficiencia en los procesos de producción, establecimiento y mantenimiento de los diferentes proyectos establecidos y los que se pretenden establecer. Los servicios prestados a la finca Saquichaj de la empresa REFINSA, fueron: Un estudio de capacidad de uso de la tierra de toda la finca, propuesta de metodología para el monitoreo de gorgojo de pino en bacadilla, ingreso de documentos para PINFOR ante el INAB, actualización de áreas de extracción y capacitación en plataforma SIG.

3.2 Estudio de capacidad de uso de la tierra de la finca Saquichaj

3.2.1 Objetivos

- **General**

1. Realizar un estudio de capacidad de uso de la tierra a través de la metodología propuesta por el INAB, en toda la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz

- **Específicos**

1. Delimitar unidades fisiográficas de la finca
2. Verificar el uso y cobertura de la finca
3. Determinar las pendientes de la finca
4. Determinar la profundidad efectiva del suelo
5. Observar si existen limitación en la finca, por pedregosidad y drenaje
6. Mapa de capacidad de uso de la tierra

3.2.2 Metodología

La metodología que se utilizó para determinar la capacidad de uso de la tierra de la finca Saquichaj, fue la propuesta por el INAB. La cual encaja muy bien, debido a que esta metodología se le utiliza con mayor potencial, en tierras forestales, como es este caso.

A. Unidades fisiográficas

Para el estudio fisiográfico del área se realizaron las siguientes actividades:

- Se obtuvieron 3 fotografías aéreas en formato papel a escala 1:60,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), porque a través de estas fotografías se logró visualizar toda el área útil de la unidad de trabajo que está dentro de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.
- Se realizó fotointerpretación con las fotografías aéreas a escala 1:60,000 a través del uso de un estereoscopio, logrando así una imagen en tres dimensiones del área de estudio, para observar la elevación y depresión de la superficie de la unidad de trabajo (área donde se realizó la zonificación agroecológica)
- A continuación se elaboró la leyenda fisiográfica geomorfológica de la unidad de trabajo. Se consideró aspectos de: pendiente, material original, relieve, elevación y cobertura.

B. Estudio de capacidad de uso de la tierra

Para realizar el estudio de capacidad de uso de la finca se realizó un levantamiento edafológico con la metodología de INAB,

- **Primera fase de gabinete**

- a. **Recopilación y análisis de información biofísica**

Se obtuvo información secundaria como:

- Localización geográfica
- Ubicación política
- Acceso
- Información relevante sobre clima y sus variables: precipitación pluvial, temperatura, humedad relativa.
- Zonas de vida
- Formas de la tierra
- Origen de los suelos.

b. Mapa de Pendientes

En esta fase se obtuvo el mapa de pendientes de manera preliminar. A través del mapa cartográfico y separación visual, utilizando una plantilla de círculos de la región natural de tierras calizas altas del norte, porque la unidad de trabajo corresponde a esta región.

- **Fase de campo**

- a. **Determinación de profundidades de suelo y factores modificadores (pedregosidad, drenaje)**

En cada una de las unidades fisiográficas geomorfológicas obtenidas a un principio, se realizaron pruebas para determinar la profundidad efectiva del suelo, y verificar si existía alguna limitación de pedregosidad y drenaje.

- **Profundidad Efectiva:** Se realizaron barrenamientos en cada unidad fisiográfica geomorfológica, hasta encontrar la profundidad máxima del suelo susceptible a ser penetrada por los sistemas radiculares de las plantas o hasta topar con algún horizonte "R" o capas endurecidas en forma natural.
- **Pedregosidad:** Se observó en cada unidad fisiográfica geomorfológica, la presencia de fracciones mayores a las gravas (0.045 m. de diámetro), considerando los criterios del INAB (2006), para determinar si son limitantes o no limitantes los afloramientos rocosos en la superficie de las diferentes unidades. En el cuadro 1, se dan los rangos de este factor modificador de la producción.

Cuadro 3.1. Rangos de pedregosidad.

Categoría	Pedregosidad superficial	Rango %
No limitante	Libre o ligeramente pedregosa	menos del 5%
	Moderadamente pedregosa	de 5 a 20%
Limitante	Pedregosa	de 21 al 50%
	Muy pedregosa	de 50 a 90%
	Extremadamente pedregosa	de 90 a 100%

Fuente: INAB 2002

- **Drenaje:** Se observó en cada unidad la presencia directa de capas de agua sobre la superficie, y se le asignó una categoría (limitante, No limitante) de acuerdo al cuadro 2, según el INAB (2006).

Cuadro 3.2. Características de drenaje

Categoría	Drenaje	Características
NO limitante	Excesivo	Suelos porosos como laderas pronunciadas
	Bueno	Estructura física o Pendiente moderada
	Imperfectos	Alto porcentaje de arcilla y pendientes ligeras
Limitante	Pobre	Alto porcentaje de arcilla, pendientes suaves o planas
	Nulo o cenegado	Capas freáticas al nivel del suelo, suelos color gris

Fuente: INAB 2002.

- **Segunda fase de gabinete**

- a. **Mapa de profundidades**

Con los resultados obtenidos de la profundidad efectiva del suelo, de cada unidad se realizó el mapa temático de profundidades del suelo. Mapa que más adelante sirvió para determinar las categorías del estudio de capacidad de uso de la tierra.

- b. **Integración de mapa de unidades de tierra**

Se analizaron e integraron todas las variables de estudio de campo y de gabinete. Esto hizo que algunas unidades fisiográficas geomorfológicas se unieran con otras unidades, mientras otras unidades se dividían en más partes.

Luego el mapa con las nuevas unidades se sobrepuso en el mapa de pendientes. Y ahí se delimitaron las nuevas unidades limitadas a través de ambos mapas.

c. Elaboración de mapa de capacidad de uso

A cada unidad de tierra identificada, con base en los niveles adoptados por cada factor limitante, se le asignó una categoría de capacidad de uso. Posterior a esto, la categoría asignada fue analizada a través de cada uno de los factores modificadores, en este caso solamente la pedregosidad. A efecto de determinar la categoría de capacidad de uso definitiva.

Finalmente se hizo llegar el mapa base a la escala de publicación que es de 1:50,000, se cuantificaron las extensiones de cada unidad de capacidad y se definieron otros elementos que acompañan el mapa temático (leyenda, orientación norte, escala, nombre del mapa temático)

Al finalizar el estudio de capacidad de uso de la tierra, se obtuvo un criterio más amplio para realizar la zonificación agroecológica, porque de aquí salió la caracterización edáfica y de formación o estructura de cada unidad. Estos serán los primeros criterios para empezar a realizar la investigación

C. Estudio de uso y cobertura de la tierra

Para el análisis del uso y cobertura de la tierra de la unidad de trabajo se usó la metodología de la unión geográfica internacional (UGI), modificada por Alvarado (1991) A través de las ortofotos del 2006 a escala 1:10,000; se elaboró de manera preliminar el mapa de uso y cobertura del 2006.

Se rectificó el uso y la cobertura de las unidades, al momento de estar en campo realizando el estudio de capacidad de uso de la tierra. En ningún momento se medirán rendimientos de las plantaciones, solo será una caracterización de la situación que tenga la cobertura vegetal del suelo, para saber cuál es la condición en que se encuentra el bosque natural o la plantación de la unidad. De aquí se desprende el mapa temático de uso y cobertura de la tierra del año 2011. Y se finaliza cuantificando el área de cada categoría de uso dentro de la unidad de trabajo.

3.2.3 Resultados

A. Fisiografía

En la finca se identificaron 36 unidades fisiográficas, (ver cuadro 3 y figura 1), a partir de las unidades fisiográficas se identificaron las unidades de mapeo, es decir los lugares donde se tenía que ir a hacer trabajo de campo.

B. Uso y cobertura

En la finca existen dos tipos de uso que sirven para determinar la capacidad de uso de la tierra. Estos son los lugares donde hay plantaciones forestales para el aprovechamiento y los lugares donde hay bosque natural (estos son los dos grandes grupos de uso en toda la finca) (ver figura 2).

Cuadro 3.3. Unidades fisiográficas de la finca Saquichaj, Cobán A.V.

Fisiografía	Clave	Área (ha)
Colinas moderadas	IA521	45.6
Discontinuo	IA811	248.9
Erosionadas	IA1121	95.9
Erosionado	IA311	1.4
Erosionado	IA321	1.5
Escarpes	IA1011	87.2
Fuerte	IA211	10.1
Fuerte Casco	IA1311	56.2
Inter Casco	IA1321	121.6
Ladera Alta	IA931	16.0
Ladera Alta saquichaj	IA321	82.3
Ladera Baja	IA923	37.9
Ladera continua	IA911	80.3
Ladera Eluvial	IA933	60.3
Ladera Intermedia	IA922	83.5
Laderas Escarpadas	IA1211	70.2
Laderas Escarpadas	IA621	16.3
Laderas ligeramente Escarpadas	IA611	19.0
Ligero Escarpe	IA1221	92.1
medianamente Erosionada	IA1022	27.9
Mediano Escarpe	IA1112	62.6
Muy Escarpado	IA1111	62.9
Muy ondulado	IA932	35.7
No Erosionado	IA312	6.1
No Erosionado	IA322	13.6
Pie de monte Bajo	IA721	23.1
Planicie Iluvial	IA1012	77.3
Poco Erosionada	IA1021	82.3
Poco Escarpe	IA1122	166.5
Reciente	IA112	5.5
Suave	IA222	3.8
Suave casco	IA1331	74.6
Subreciente	IA111	8.1
Talud	IA511	29.7
Terraza reciente	IA821	50.4
Zona estrecha intercolinar	IA411	33.9

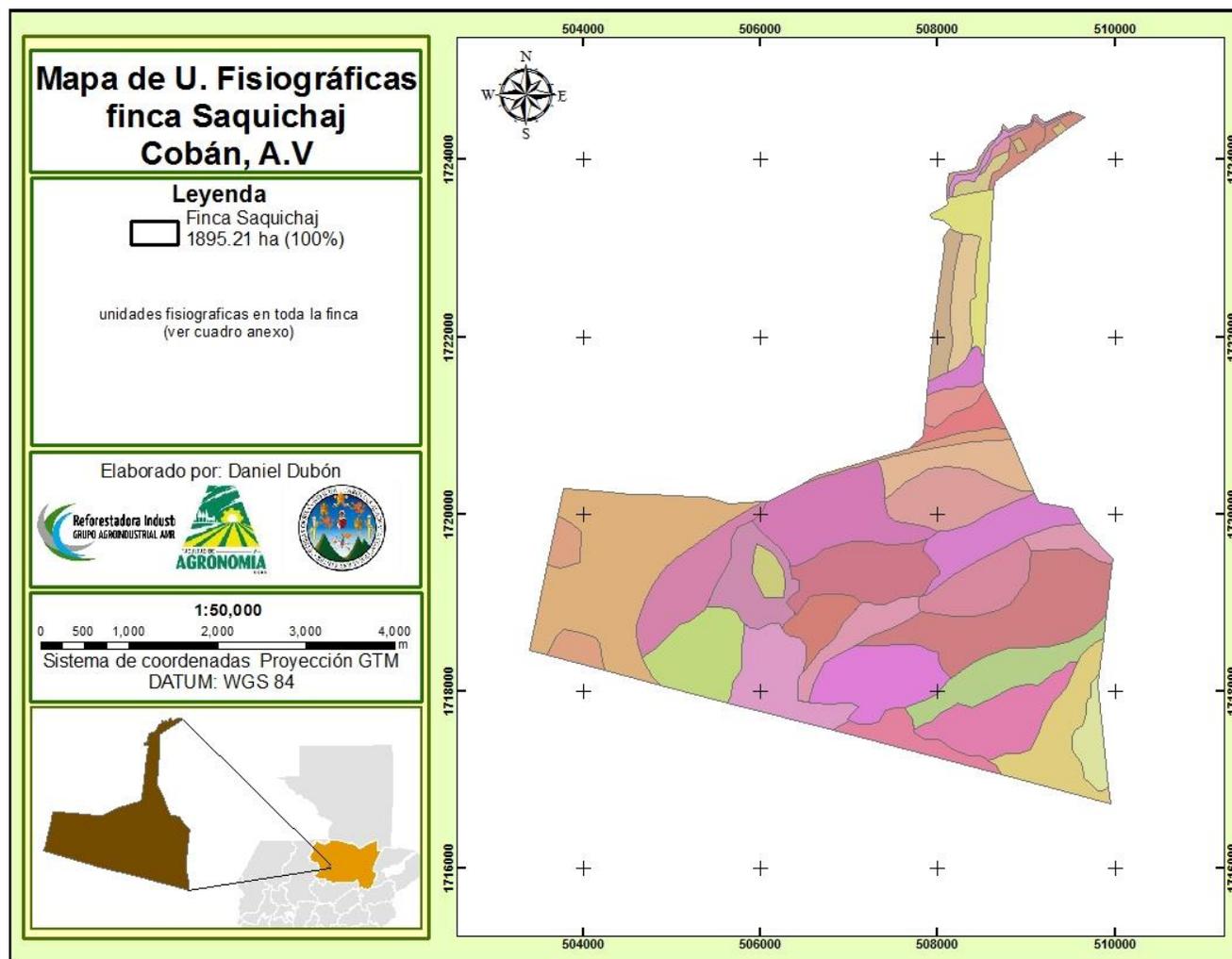


Figura 3.1. Mapa de unidades fisiográficas de la finca Saquichaj, Cobán A.V.

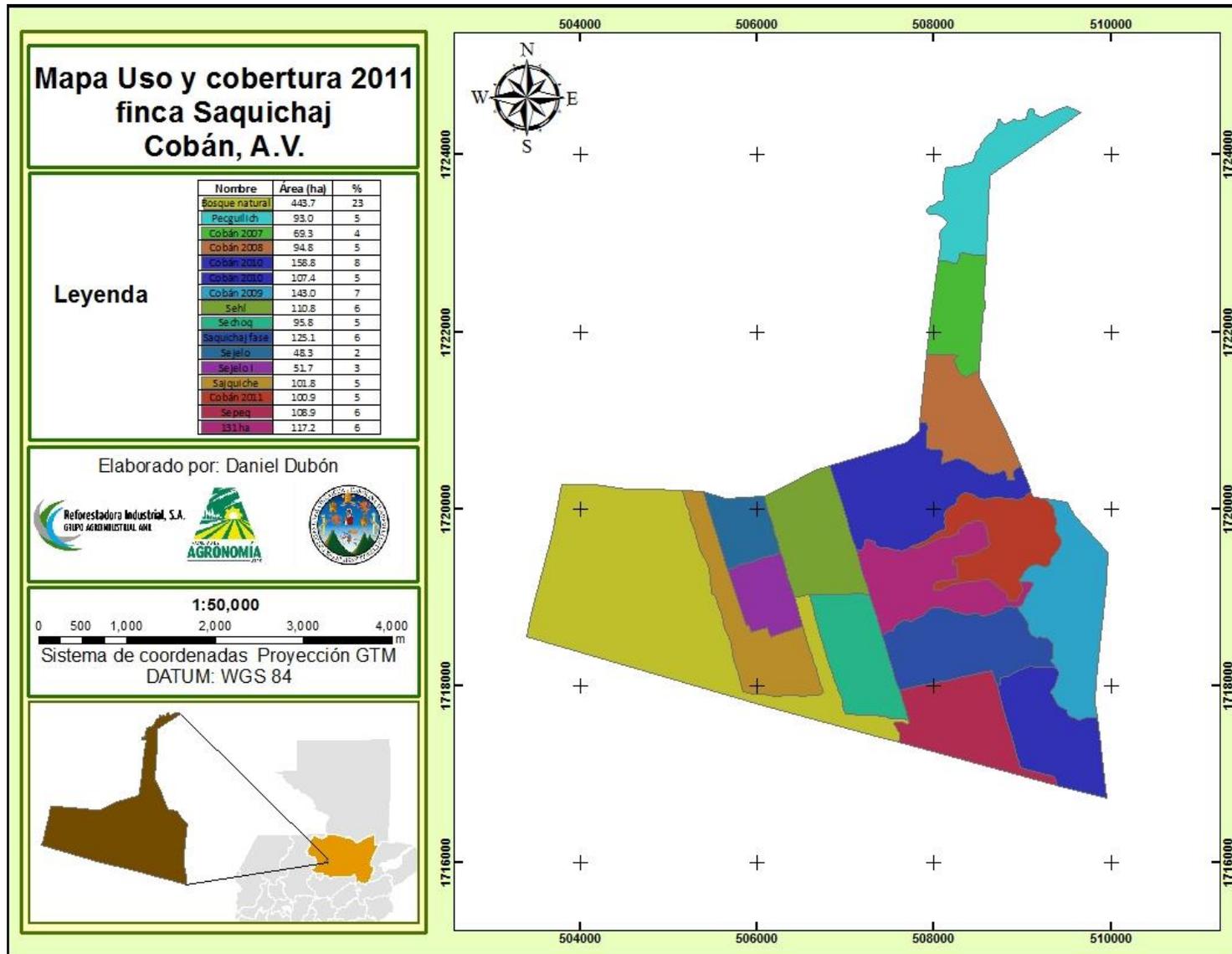


Figura 3.2. Mapa de uso y cobertura 2011, finca Saquichaj, Cobán A.V.

C. Pendientes de la finca

Como se observa en el cuadro 4 y la figura 3 existen 4 categorías de pendientes en la finca, eso según la región natural donde se encuentra la finca: Tierra calizas altas del norte. En el cuadro y en el mapa se identifican mejor las categorías de pendientes y su distribución dentro de la finca.

Cuadro 3.4. Pendientes de la finca Saquichaj, Cobán A.V.

Rango de pendiente %	Área (ha)
8 a 16	27.4
16 a 32	221.8
35 a 55	1506.2
mayor a 55	235.0

D. Profundidad efectiva del suelo

En la finca, debido a problemas de pedregosidad, no existen suelos muy profundos, luego de haber monitoreado eso en cada unidad fisiográfica se obtuvo el resultado que se observa en el cuadro 5 y figura 4, donde se aprecia la extensión de cada categoría y la distribución de la pendiente en la finca.

Se observa claramente que las profundidades que predominan en la finca son de 20 a 50 cms en la parte central y al suroeste.

Cuadro 3.5. Profundidad efectiva de la finca Saquichaj, Cobán A.V.

Profundidad efectiva (cms)	Área (ha)
menor a 20	72.9
20 a 50	924.1
50 a 90	993.4

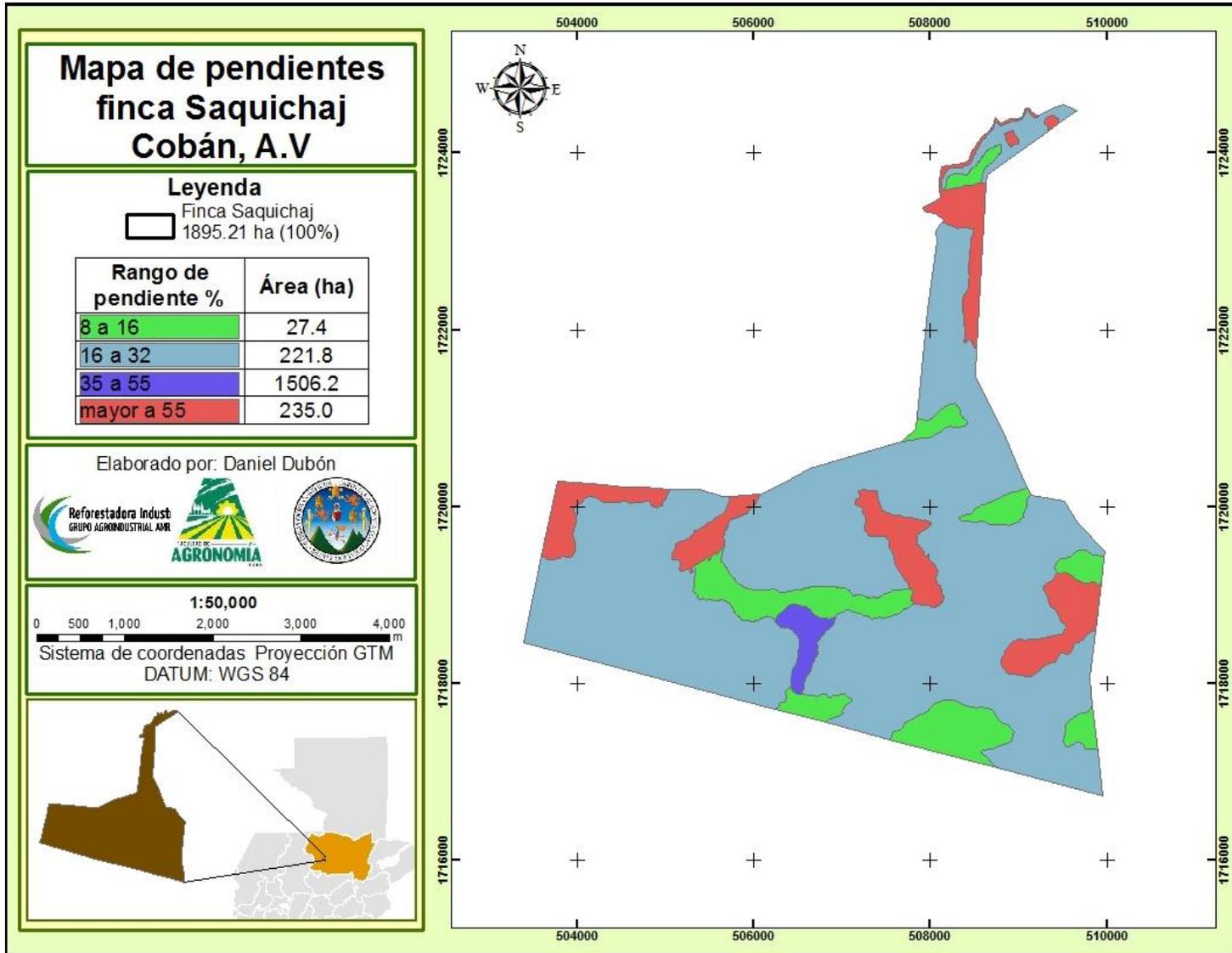


Figura 3.3. Mapa de pendientes, finca Saquichaj, Cobán A.V.

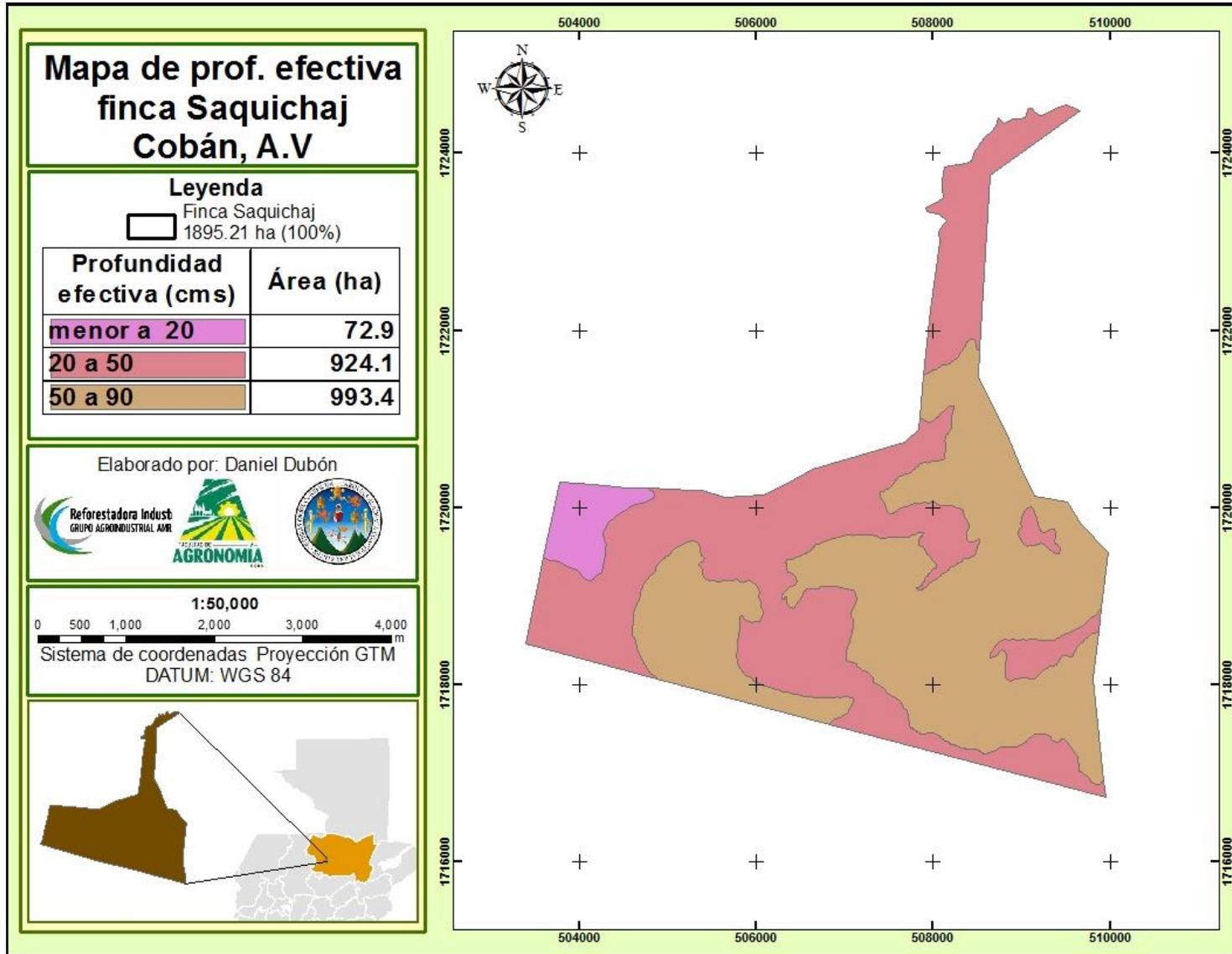


Figura 3.4. Mapa de profundidad efectiva, finca Saquichaj, Cobán A.V

E. Identificación de factores limitantes

Drenaje: Debido a las condiciones topográficas de la finca, el factor de drenaje no es limitante, ya que las altas pendientes ayudan al drenaje interno y externo del suelo.

Pedregosidad: A causa de las condiciones kársticas de la finca, es evidente que la pedregosidad causó una modificación de las capacidades de uso preliminares. Por lo tanto la pedregosidad si limita en algunas zonas el establecimientos de ciertas especies forestales y no forestales. (Ver figura 5).

F. Capacidad de uso de la tierra

En la finca Saquichaj debido a su heterogénea distribución topográfica, de elevación, pendiente, profundidad de suelo y sus factores modificadores, como en este caso la pedregosidad. Tiene una capacidad de uso según INAB, (2000) que va desde la más intensiva: Agroforestería con cultivos anuales, hasta la menos intensiva: Tierras forestales de protección.

En el siguiente cuadro se muestran las áreas que ocupan cada una de las capacidades de uso de la tierra encontradas en toda la finca y en la figura 6 se muestra la distribución de las capacidades de uso en toda la finca.

Cuadro 3.6. Capacidad de uso de la tierra de la finca, Saquichaj, Cobán A.V.

CAPUSO	Área (ha)
Agroforestería con Cultivos Anuales	96.8
Agroforestería con Cultivos Permanentes	72.9
Sistemas Silvopastoriles	25.9
Tierras Forestales de Protección	941.9
Tierras Forestales Para Producción	853.0

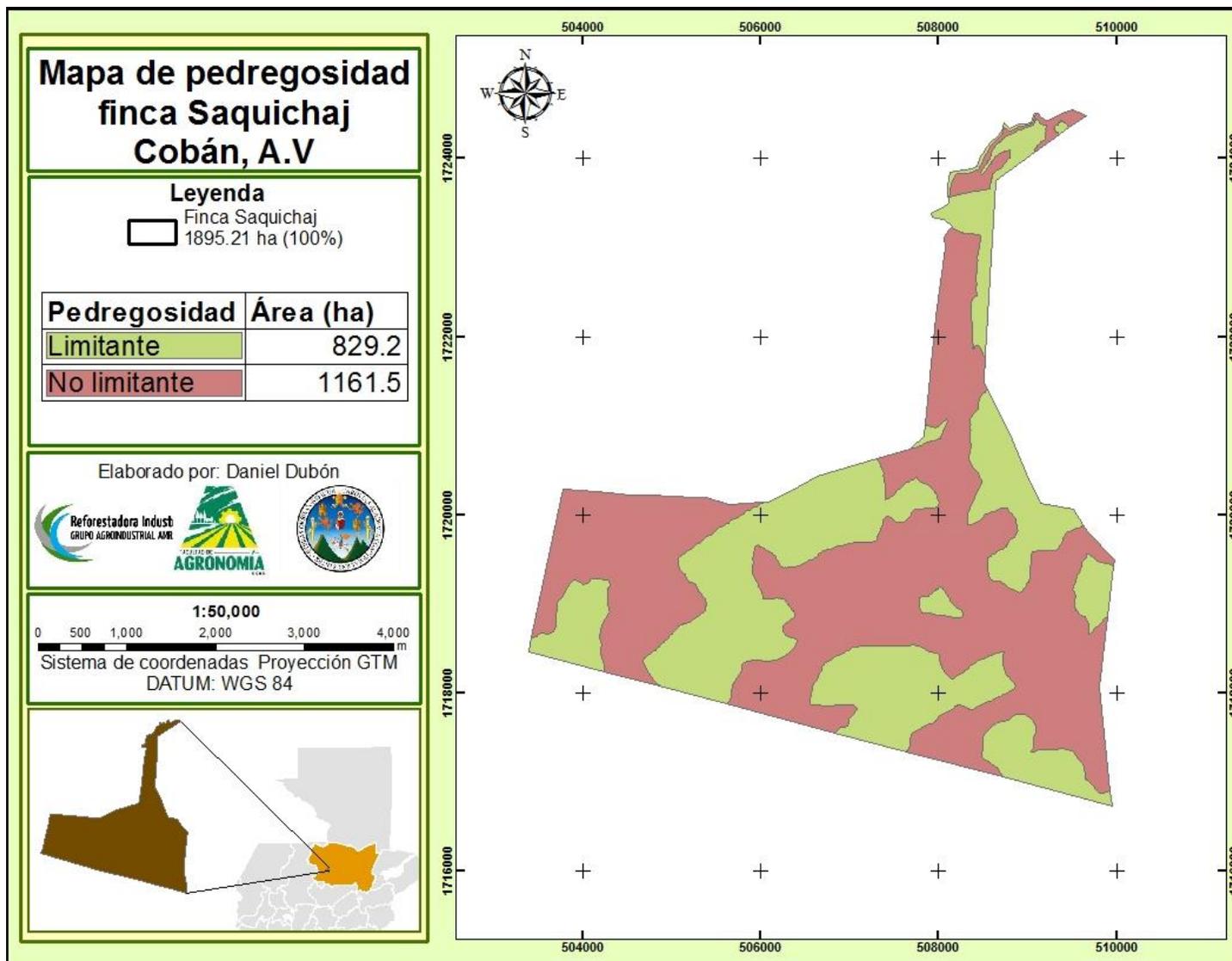


Figura 3.5. Mapa de factor modificador Pedregosidad, en finca Saquichaj, Cobán A.V.

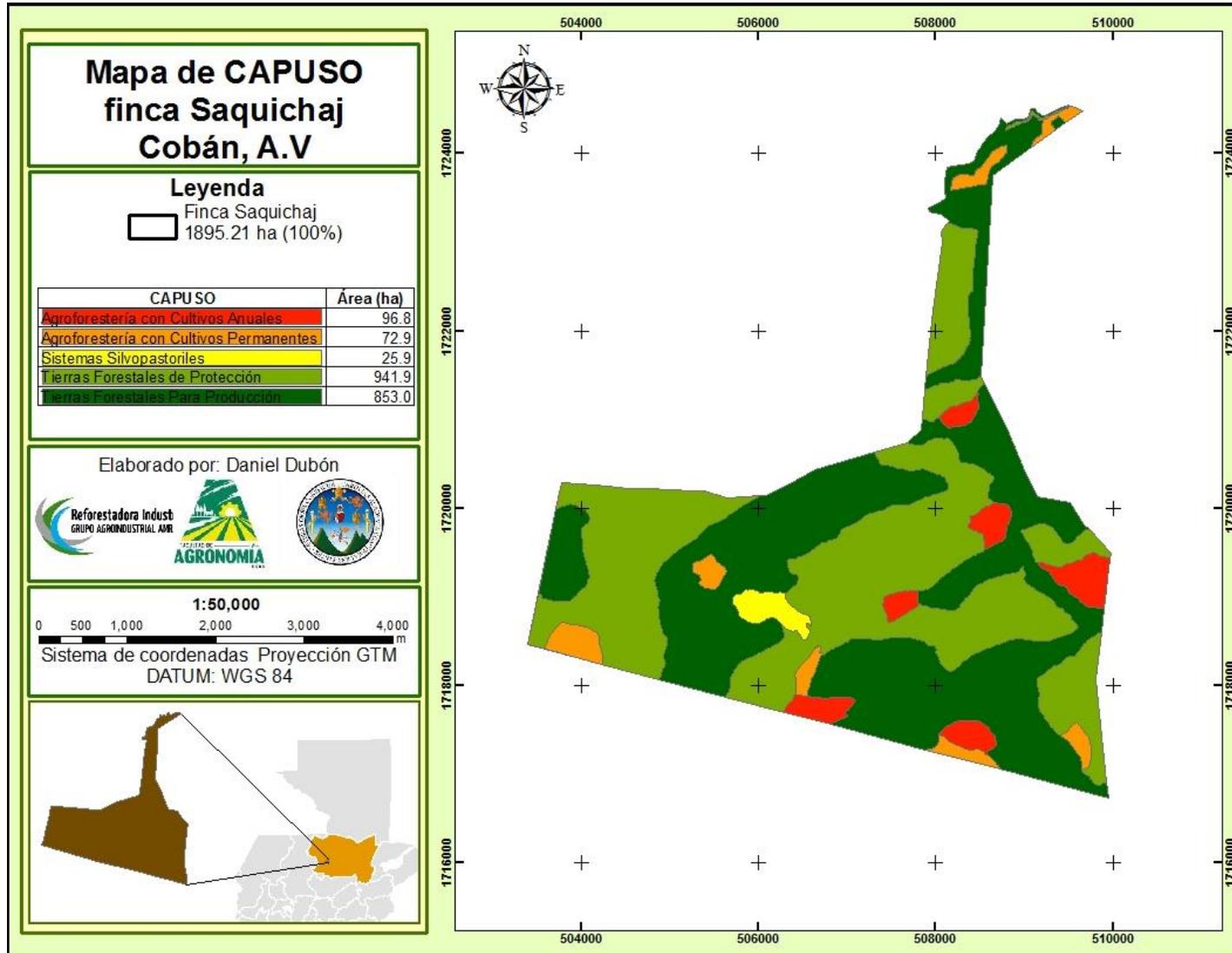


Figura 3.6. Mapa de CAUSO, finca Saquichaj, Cobán A.V.

3.2.4 Evaluación

1. Del trabajo de fotointerpretación se delimitaron 36 unidades fisiográficas en toda la finca. Estas fueron las bases para trabajo de campo.
2. Según la verificación de uso y cobertura, en la finca existen 2 grandes usos, plantaciones forestales de aprovechamiento y bosque natural de protección. Del cual las plantaciones ocupan 1526 ha, lo que representa casi el 80 % y el bosque natural ocupa únicamente 443 ha, lo que representa aproximadamente un 20 % del total de la finca.
3. Existen en la finca 4 categorías de pendiente que van desde 8 % hasta pendientes mayores a 55 %.
4. La profundidad efectiva del suelo, a problemas de pedregosidad, son malas. Encontrando profundidades menores a los 20 cm. y no mayores a 90 cm.
5. Debido a las condiciones kársticas del lugar, la finca únicamente tiene como factor limitante o modificador la pedregosidad. Pero hay que resaltar que no es en toda la finca, únicamente en algunas zonas donde fácilmente se encuentran siguanes y pendientes altas.
6. En la finca existen 5 categorías de capacidad de uso de la tierra, las cuales van desde agroforestería con cultivos anuales, y siguiendo la misma línea de menor intensidad terminamos con categorías de tierras forestales de protección.

3.3 Actualizar las áreas de extracción de los proyectos Saquichaj fase y 131 ha.

3.3.1 Objetivos

- **General**

1. Actualizar las áreas de extracción de los proyectos Saquichaj fase y 131 ha.

- **Específicos**

1. Realizar un caminamiento en los proyectos e ir marcando los puntos importantes a través de un GPS
2. Elaborar los polígonos actualizados de las áreas de extracción de los dos proyectos.

3.3.2 Metodología

- **Fase de gabinete**

Recabar la información secundaria necesaria para identificar los proyectos Saquichaj fase y 131 ha. La información necesaria fue:

- Ubicación (mapas)
- Caminos (dentro de los proyectos y para llegar a ellos)

A demás fue necesario configurar el GPS, para evitar cualquier problema al momento de descargar los puntos en una plataforma SIG. Con un sistema de coordenadas geográfico y un DATUM de trabajo WGS84.

- **Fase de Campo**

Se realizó el caminamiento, por ambos proyectos, a través de las zonas de donde iba el aprovechamiento, así como verificar los límites de los proyectos.

- **2da fase de gabinete**

Se procedió a descargar los puntos tomados con el GPS, a una plataforma SIG, para luego crear los polígonos actualizados de extracción de los proyectos y cuantificarlos y geoposicionarlos en el lugar que corresponden dentro de la finca Saquichaj.

3.3.3 Resultados

Los resultados de la actualización de áreas de aprovechamiento de los proyectos se muestran en el cuadro 7. Donde se ve claramente cuál era el área de los polígonos a un principio de su aprovechamiento y cuál es el área en estos momentos del aprovechamiento. (Ver figura 7).

Cuadro 3.7. Áreas de los proyectos actualizados.

Proyectos	Área (ha) al inicio del aprovechamiento	Área (ha) 2011
Saquichaj fase	375.3	125.1
131 ha	131	104.3

En el cuadro se nota claramente que en proyecto Saquichaj fase hay una diferencia de 250.2 ha. Lo cual hace que quede únicamente 125.1 ha para aprovechamiento de las especies allí establecidas. Esta diferencia tan grande se debe a que este proyecto es el que mayor actividad de aprovechamiento tiene, y esto debido a que es el proyecto más maduro; de 31 años.

Viendo el área del proyecto 131 ha. Vemos claramente que también hay un cambio de 26.7 ha, esto se debe a que este proyecto se acaba de empezar a aprovechar, ya en tiene 15 años de su establecimiento. Entonces de las 131 ha establecidas al inicio quedan en la actualidad 104.3 ha.

En la figura 7, podemos observar en donde están ubicados los proyectos en la finca y el área que tienen de cobertura en la actualidad.

3.3.4 Evaluación

1. Se realizó el caminamiento llevando el GPS, el recorrido era a través de las zonas donde se está realizando el aprovechamiento, y a simple vista se observaba que los límites del proyecto ya habían cambiado, por el simple rastro de árboles que van quedando luego de realizar un aprovechamiento.
2. Al momento de hacer los polígonos en una plataforma SIG, se notó de manera cuantitativa la diferencia de áreas en ambos proyectos. Y el que hasta el momento le queda menos área de aprovechamiento es al proyecto Saquichaj fase, esto debido a la edad que tiene (31 años), mientras que el proyecto 131 ha apenas ha avanzado 26.7 ha.

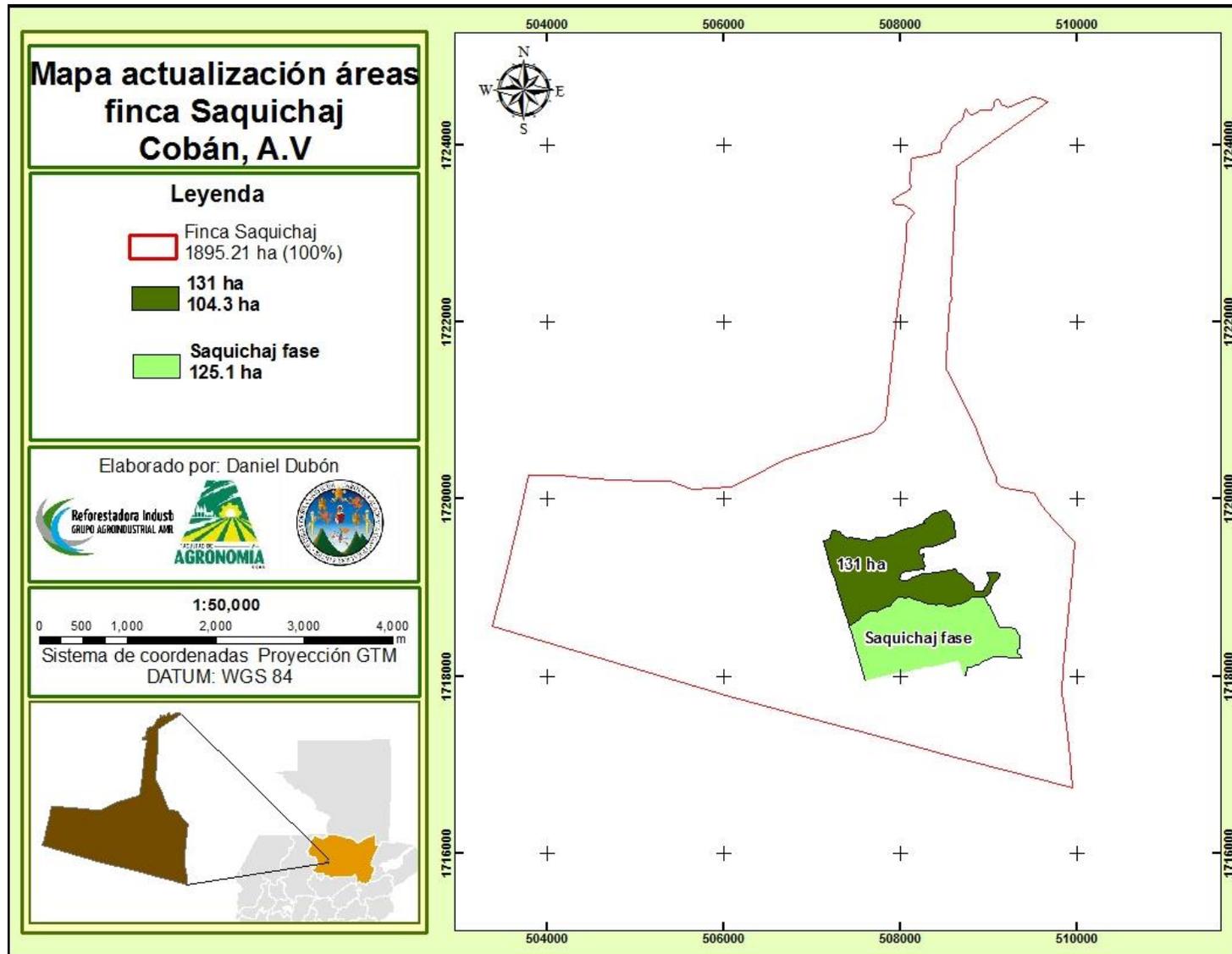


Figura 3.7. Mapa de actualización de áreas de extracción, F. Saquichaj Cobán A.V.

3.4 Ingreso de proyecto Cobán 2011, a PINFOR

3.4.1 Objetivos

- **General**
 - Realizar documento del proyecto Cobán 2011, para solicitar ingreso a los beneficios del programa de incentivos forestales.

- **Específicos**
 1. Realizar un ECUT del área
 2. Llenar formulario de ingreso a los beneficios del programa de incentivos forestales
 3. Llenar formulario para planes de reforestación por incentivos forestales
 4. Llenar formulario para estudio de capacidad de uso de la tierra

3.4.2 Metodología

- **Fase de campo**

Se realizó un recorrido por el nuevo proyecto, para obtener información de pendientes, profundidad efectiva, limitaciones de drenaje, limitaciones de pedregosidad; información necesario para el estudio de capacidad de uso de la tierra (ver anexo 1).

Al mismo tiempo se iba identificando las especies que existían en el lugar para realizar un inventario forestal. Y con ello tener información para promover el cambio de uso de la tierra en el nuevo proyecto.

- **Fase de gabinete**

Ya contando con la información recabada en campo, se procedió a llenar los formularios necesarios para ingresar el nuevo proyecto a los incentivos forestales PINFOR. Los formularios que se llenaron fueron:

- Formulario de ingreso a los beneficios del programa de incentivos forestales
- Formulario para planes de reforestación por incentivos forestales
- Formulario para estudio de capacidad de uso de la tierra

3.4.3 Resultados y discusión

Se logró obtener la información necesaria para llenar los tres formularios y se ingresó el proyecto de reforestación Cobán 2011, con el área total que se había ingresado al programa de incentivos forestales – PINFOR. En el cuadro siguiente se ve el área que ocupa el proyecto.

Cuadro 3.8. Área de proyecto de Cobán 2011, Cobán A.V.

Nombre del proyecto	Área cubierta por el proyecto
Cobán 2011	99.96 ha

3.4.4 Evaluación

1. Se llenaron los 3 formularios con la información recaba en campo, y se ingresó la papelería completa para que el nuevo proyecto fuera tomado en cuenta en el programa de incentivos forestales PINFOR, del INAB.

3.5 Bibliografías

1. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000a. Clasificación de tierras por capacidad de uso – manual técnico (en línea). Guatemala. Consultado 20 abr 2006. Disponible en: <http://www.inab.gob.gt/inab.htm>
2. _____. 2000b. Programa de incentivos forestales, ficha informativa. Guatemala. 11 p.
3. _____. 2003. Resumen de resultados de inventario forestal nacional – documento (en línea). Guatemala. Consultado 20 abr 2006. Disponible en: <http://www.inab.gob.gt/inab.htm>
4. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1991. Plan maestro de riego y drenaje: hidrogeología-disponible de agua subterránea. Guatemala. 72 p. (Proyecto PNUD/OSP/GUA/88/003).
5. _____. 2006. Cartografía digital de la república de Guatemala. Escala 1: 250,000. 1 CD.
6. REFINSA (Reforestadora Industria SA, GT). 2000. Proyecto de reforestación Saj'quiché, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, solicitud de ingreso a los beneficios del programa de incentivos forestales – PINFOR-. Guatemala. 39 p.
7. _____. 2008. Plan de manejo forestal, región de Cobán, Alta Verapaz. Guatemala. 58 p.
8. Suarez Urrutia, J. 2001. Situación actual de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC. 32 p.