

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or a personification of the university's mission, surrounded by various symbols including a crown, a lion, and architectural elements like columns and a castle. The Latin motto "SICUT ERAT ORBIS CONSPICUA CAROLINA AC CADIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO EN LA EMPRESA CONSULTORA GEORECURSOS S.A Y
DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL DE LA FINCA
LAGUNILLA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

EDUARDO FERNANDO PALOMO BARRIOS

GUATEMALA, AGOSTO 2012

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO EN LA EMPRESA CONSULTORA GEORECURSOS S.A Y
DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL DE LA FINCA
LAGUNILLA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

EDUARDO FERNANDO PALOMO BARRIOS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2012

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

RECTOR MAGNIFICO

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Anan Isabel Fion Ruiz.
VOCAL QUINTO	Br. Luis Roberto Orellana Lopez.
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, agosto 2012

Guatemala, julio de 2012

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

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación: **ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EN LA EMPRESA CONSULTORA GEORECURSOS S.A Y DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL DE LA FINCA LAGUNILLA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**, 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”

Eduardo Fernando Palomo Barrios

ACTO QUE DEDICO

A:

- Dios Esa fuerza generadora de amor, paz y fortaleza, que tantas bendiciones me ha dado en la vida.
- Mis Padres Marco Antonio Palomo Garrido y Blanca Estela Barrios de Palomo. Gracias por ayudarme cada día a cruzar con firmeza el camino de la superación, porque con su sacrificio, apoyo y aliento hoy he logrado uno de mis grandes anhelos.
- Mis hermanos Mibsan Gabriela Palomo de Mathew y Carlos Alfonso Palomo Barrios. Gracias por el cariño y ejemplo que siempre he recibido de ustedes, mis queridos hermanos.
- Mis abuelitos María Antonieta Garrido de Palomo, Francisco Palomo Minera (†), Porfirio Morales Gonzales, Marcelina Gonzales Cruz de Morales. Son el ejemplo de una vida de trabajo arduo con valores que a pesar de las adversidades salieron avante para formar la gran familia que somos ahora, los quiero mucho.
- Mis sobrinos Daniel, Jacobito e Isaac. Porque llenan cada día de alegrías nuestras vidas.
- Mi Novia Mónica Hidalgo: Gracias por ser la luz de mi camino, el apoyo incondicional y el amor de mi vida. Te amo.
- Mis Familiares A todos mis tíos: Cada uno me ha enseñado cosas que me han servido en la vida.

A todos mis primos, por los buenos momentos compartidos.

Mis Amigos

Las personas con las que he compartido a lo largo de mi vida, mis alegrías y tristezas.

Amigos de la cuadra: Harry, Kevin, Archie, Ema, Luis y Neto, también a los que ya no veo que me enseñaron a jugar fut a otro nivel.

Amigos de la U: Del Cid, Roque, Pavel, Alejandro, Mauricio Franco, Juan Carlos Pérez, Luis Alberto Hernández, Luis Esturado Cordón, Viryil, Kikin y Dimitri Pinto.

Memorables Fat Tuesday: Antonio Castellanos e Ignacio Flores.

A la plantilla de jugadores del mejor equipo de la USAC "Agronomía A" del cual formo parte orgullosamente.

También a los amigos del equipo del Colegio de ingenieros agrónomos por brindarme su amistad.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Dios

Por todas las bendiciones que me ha dado, mi familia, mi hogar, Todo.

Mi Familia

Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes, sólo deseo que entiendan que el logro mío, es el logro de ustedes, que mi esfuerzo es inspirado en el cariño y resguardo que me dan.

Facultad de Agronomía

Gracias a esta tan gloriosa facultad que me abrió las puertas y me dio los conocimientos tan valiosos que me servirán en mi vida profesional.

Universidad de San

Carlos de Guatemala

La principal casa de estudios superiores de la nación, con principios y valores que marcaron mi pensamiento.

AGRADECIMIENTOS

- GEORECURSOS S.A Gracias por darme la oportunidad de crecer, aprender y compartir con ustedes: Ing. Manuel Aragón, Boris, Henry, Ana, Rosa, Joel, Miguel y Chiri.
- Finca Lagunilla Por su valiosa cooperación en la realización de mi investigación: Ángel, Tranquilino y Cesar Emilio.
- Mi Asesor Ing. Rolando Lara por brindarme la mano con sus enseñanzas y su asesoría.
- Personas especiales Yoly (†) Por todas las enseñanzas que nos dejó, la recordamos con mucho cariño.
Haydecita: Gracias por su apoyo, espero que se recupere pronto.
Baloo: Por los buenos relatos y platicas sobre literatura.
- Familia Hidalgo Galindo por su apoyo y su confianza.

RESUMEN

ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EN LA EMPRESA CONSULTORA GEORECURSOS S.A Y DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL DE LA FINCA LAGUNILLA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.

El presente trabajo está integrado por tres capítulos, el primer capítulo de diagnóstico detalla las actividades, áreas de trabajo y funcionamiento en que se desarrolla la empresa Georecursos. S.A, empresa consultora con sede en la ciudad de Guatemala, que trabaja en el manejo de los recursos naturales para su aprovechamiento y conservación a nivel nacional enfatizando sus actividades en los departamentos de Alta Verapaz y Jalapa.

Producto de los resultados obtenidos en el primer capítulo se determinaron los tópicos a trabajar en los capítulos II y III, en el capítulo II se desarrollo la investigación principal "Determinación de la recarga hídrica potencial de la finca La Lagunilla, Jalapa, Jalapa", Finca que es manejada por la empresa Georecursos S.A para el manejo forestal de bosques de producción, protección y viveros forestales. El tema de investigación surge de la necesidad de establecer la situación hídrica de la finca, ya que si bien la finca cuenta con nacimientos de agua propios sus estiajes han decrecido en los últimos años, lo que conlleva a serias limitaciones de tan vital recurso. Los objetivos de la investigación fueron determinar la cantidad de agua que potencialmente se infiltra en los suelos de la finca, las áreas con mayor recarga hídrica potencial y de estas que por sus características de suelo, pendiente y cobertura son susceptibles a perder sus buenas características de recarga hídrica denominando a estas como áreas críticas.

El desarrollo de la investigación fue dictado por la metodología de balances hídricos de suelos generado por Schosinsky y Losilla en el año 2,000 y adaptado para Guatemala por la Facultad de Agronomía de la USAC en el año 2,003 y utilizada por el INAB en el proyecto de conservación de ecosistemas forestales estratégicos. La metodología consistió en la delimitación de unidades de trabajo o mapeo diferenciadas por su cobertura vegetal, suelos y material geológico, en cada unidad se realizó pruebas "in situ" de

infiltración y muestreo de suelos (análisis físico de suelos) información complementaria con temperatura y precipitación para la determinación de la recarga hídrica potencial.

Se estimó que la recarga hídrica potencial de finca es de 1,754,447.90 m³ anuales representando el 14 % de la precipitación pluvial de finca, los valores más altos de recarga hídrica potencial de la finca se presentan en las partes más altas (1,700 a 1,900 msnm) y estas representan el 22 % del área total de finca, de estas 30.14 ha son críticas, susceptibles a perder esta buena característica, ubicándose en la parte alta norte de la finca, por consiguiente, en estas áreas deben ser aplicadas actividades de conservación de suelos para conservar sus buenas características de recarga hídrica.

Por último, en el tercer capítulo se desarrollaron los servicios más importantes prestados en la empresa Georecursos S.A durante el período del ejercicio profesional supervisado –EPS- comprendido de febrero a noviembre del 2,009. Estos servicios se derivaron de las necesidades encontradas en las principales áreas de trabajo de la empresa, realizándose los mismos en las fincas La Laguna y El Incienso, ubicadas en el departamento de Jalapa, consistieron en la elaboración de un plan de manejo forestal para los bosques y plantaciones forestales ubicadas en la finca La Laguna y la elaboración y desarrollo de la primera fase de un plan de mejoramiento genético forestal para la finca El Incienso.

A lo largo del presente trabajo se describe con mayor detalle las actividades descritas anteriormente.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
CAPÍTULO I.....	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1 Descripción geográfica del Departamento de Guatemala	3
1.2.2 Área Específica del Diagnóstico	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 METODOLOGIA.....	5
1.4.1 Fase de Gabinete.....	5
1.4.2 Fase de campo I	5
1.4.3 Fase de campo II	5
1.4.4 Fase de gabinete II	5
1.5 RESULTADOS	6
1.5.1 Descripción	6
1.5.1.1 Razón Social:	6
1.5.1.2 Georecursos S. A.	6
1.5.1.3 Servicios.....	6
1.5.1.4 Ubicación geográfica y política.....	7
1.5.1.5 Organización	7
1.5.1.6 Organigrama.....	8
1.5.1.7 Proceso del flujo de trabajo.....	8
1.5.2 Regiones de trabajo	9
1.5.2.1 Región norte	9
1.5.2.2 Región oriente	12
1.5.3 Priorización de Fincas y Proyectos:.....	14
1.5.4 Análisis de Problemáticas en Fincas prioritarias	15
1.5.5 Priorización de los posibles problemas.....	17
1.5.6 Árboles de problemas y soluciones	18
1.5.7 Descripción de la problemática.....	22
1.5.7.1 Finca Lagunilla, aldea San José, Jalapa	22
1.5.7.2 Finca El Incienso, Aldea la Puente, Jalapa.....	22
1.5.7.3 Finca La Laguna, Aldea La Laguna, Jalapa.....	23
1.6 CONCLUSIONES	24
1.7 BIBLIOGRAFÍA.....	25
CAPÍTULO II.....	26
2.1 PRESENTACIÓN	27
2.1.1 Planteamiento del problema	29
2.2 MARCO CONCEPTUAL	30
2.2.1 Desarrollo Sostenible	30
2.2.1.1 Sostenibilidad Social.....	30
2.2.1.2 Sostenibilidad Económica	30
2.2.1.3 Sostenibilidad Ecológica	30
2.2.1.4 Sostenibilidad Técnica	31
2.2.2 Agua	31
2.2.3 Hidrología Forestal.....	31
2.2.3.1 Ciclo Hidrológico Forestal	32
2.2.4 Recarga Hídrica	33
2.2.4.1 Natural.....	33

Contenido	Página
2.2.4.2	Inducida..... 33
2.2.5	Recarga Hídrica Potencial 33
2.2.6	Acuífero 33
2.2.6.1	Por el tipo de flujo 34
2.2.6.2	Por la presión del agua 34
2.2.6.3	Por la extensión y continuidad de saturación..... 34
2.2.7	Manantiales 34
2.2.8	Factores que afectan la recarga hídrica..... 34
2.2.8.1	Factor clima 35
2.2.8.2	Factor Suelo 37
2.2.8.3	Factores de cobertura vegetal..... 38
2.2.8.4	Factor Topografía 39
2.2.8.5	Factor Geológico 39
2.2.8.6	Escurrimiento..... 40
2.3	MARCO REFERENCIAL..... 41
2.3.1	Descripción de la finca Lagunilla 41
2.3.2	Ubicación geográfica y política..... 41
2.3.2.1	Área total y colindancias 41
2.3.2.2	Vías de Acceso y Comunicación 41
2.3.2.3	Características Biofísicas..... 43
2.3.2.4	Características Físico-mecánicas..... 47
2.3.2.5	Hidrología 48
2.3.2.6	Vegetación 48
2.3.2.7	Uso Actual 49
2.3.2.8	Demografía..... 50
2.4	OBJETIVOS 52
2.4.1	Objetivo general..... 52
2.4.2	Objetivos específicos 52
2.5	METODOLOGÍA..... 53
2.5.1	FASE DE GABINETE INICIAL..... 53
2.5.1.1	Recopilación de información básica 53
2.5.1.2	Identificación y levantado (mapeo) de áreas de recarga hídrica 53
2.5.2	FASE DE CAMPO..... 54
2.5.2.1	Verificación en campo de mapas preliminares..... 55
2.5.2.2	Recopilación de información climática..... 55
2.5.2.3	Determinación de la evapotranspiración potencial..... 55
2.5.2.4	Pruebas de infiltración 56
2.5.2.5	Determinación de grados de humedad y densidad aparente 56
2.5.3	FASE DE GABINETE FINAL 57
2.5.3.1	Balance hídrico de suelos 57
2.5.3.2	Determinación de la precipitación efectiva..... 57
2.5.3.3	Obtención del valor de precipitación efectiva..... 58
2.5.3.4	Relación infiltración de agua en suelos y la intensidad de lluvia (Kfc) 58
2.5.3.5	Factor de pendiente del terreno (Kp)..... 59
2.5.3.6	Factor de cobertura vegetal del terreno (Kv) 59
2.5.3.7	Ecuación de precipitación efectiva 60
2.5.3.8	Cálculo de balance hídrico de suelos 60
2.5.3.9	Elaboración de mapa de recarga hídrica 60
2.5.3.10	Determinación de áreas críticas de recarga hídrica 60
2.5.3.11	Criterios para determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural 61
2.5.4	FLUJOGRAMA DE LA METODOLOGÍA..... 65
2.6	RESULTADOS 66
2.6.1	Información climática..... 66
2.6.2	Temperatura media mensual..... 66

Contenido	Página	
2.6.3	Isotermas.....	67
2.6.4	Precipitación Pluvial Media Mensual.....	70
2.6.5	Isoyetas	71
2.6.6	Unidades de mapeo	74
2.6.6.1	Factores	74
2.6.6.2	Unidades de mapeo.....	82
2.6.7	Infiltración Básica.....	84
2.6.8	Análisis de suelos:	88
2.6.9	Evapotranspiración	89
2.6.10	Balance Hídrico de suelos.....	91
2.6.11	Resumen del balance hídrico de suelos	95
2.6.12	Zonas críticas de recarga hídrica.....	95
2.6.13	Nacimientos	98
2.7	CONCLUSIONES.....	100
2.8	RECOMENDACIONES.....	101
2.9	BIBLIOGRAFIA.....	102
2.10	ANEXOS	104
CAPÍTULO III.....		117
3.1	PRESENTACIÓN	118
3.2	SERVICIO 1	120
3.2.1	OBJETIVO.....	120
3.2.2	METODOLOGÍA	120
3.2.2.1	Fase de campo.....	120
3.2.2.2	Fase de Gabinete	120
3.2.2.3	Fase Final.....	120
3.2.3	RESULTADOS.....	121
3.2.3.1	Datos generales.....	121
3.2.3.2	Resumen del plan de manejo.....	121
3.2.3.3	Datos Biofísicos.....	122
3.2.3.4	Inventario forestal	125
3.2.3.5	Planificación del manejo forestal	127
3.2.3.6	Silvicultura	128
3.2.3.7	Corta permisible anual	130
3.2.3.8	Regeneración del bosque	132
3.2.3.9	Reforestación	132
3.2.3.10	Protección forestal	132
3.2.4	EVALUACIÓN.....	133
3.3	SERVICIO 2	134
3.3.1	Objetivo	134
3.3.2	Metodología	134
3.3.2.1	Fase de gabinete 1	134
3.3.2.2	Fase de Campo 1	134
3.3.2.3	Fase de gabinete 2	135
3.3.2.4	Fase de Final.....	135
3.3.3	Resultados.....	135
3.3.3.1	Mejoramiento genético forestal	136
3.3.3.2	Árbol candidato.....	136
3.3.3.3	Árbol plus o madre.....	136
3.3.3.4	Parámetros de selección de árboles	136
3.3.4	EVALUACIÓN.....	143
3.3.4.1	Bibliografía	144

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro. 1 Resumen de las fincas y proyectos de Georecursos S.A en la región norte (Alta Verapaz).....	11
Cuadro. 2 Resumen de las fincas y proyectos de Georecursos S.A en la región oriente (Jalapa).....	14
Cuadro. 3 Matriz de priorización de fincas de acuerdo a la presencia e importancia de Georecursos en la finca.....	15
Cuadro. 4 Matriz de análisis FODA de la finca Lagunilla.....	16
Cuadro. 5 Matriz de análisis FODA de la finca El Incienso.....	16
Cuadro. 6 Matriz de análisis FODA de la finca El Incienso.....	17
Cuadro. 7 Matriz de priorización de posibles limitantes o problemas por finca prioritaria.....	17
Cuadro. 8 Ubicación geográfica de los principales mojones de la finca Lagunilla en coordenadas geográficas Datum WGS84.....	41
Cuadro. 9 Clasificación climática de la finca Lagunilla.....	43
Cuadro. 10 Clasificación Fisiográfica de la finca Lagunilla.....	44
Cuadro. 11 Pendiente en porcentaje de la Finca Lagunilla.....	44
Cuadro. 12 Características del suelo.....	48
Cuadro. 13 Resumen del Inventario Forestal finca Lagunilla 2008 (1).....	49
Cuadro. 14 Especies en el sotobosque.....	49
Cuadro. 15 Uso Actual de la tierra.....	50
Cuadro. 16 Capacidad de uso de la tierra para la finca Lagunilla.....	50
Cuadro. 17 Población de las aldeas aledañas a la finca Lagunilla.....	51
Cuadro. 18 Valores de coeficientes (Kp) según niveles de pendientes.....	59
Cuadro. 19 Valores de coeficientes (Kv) según tipo de cobertura vegetal.....	59
Cuadro. 20 Matriz de criterios de geología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).....	62
Cuadro. 21 Matriz de criterios de infiltración básica para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).....	62
Cuadro. 22 Matriz de criterios de recarga anual para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).....	63
Cuadro. 23 Matriz de criterios de pendiente para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).....	63
Cuadro. 24 Criterios de susceptibilidad de áreas a ser consideradas áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).....	64
Cuadro. 25 Ubicación en coordenadas UTM WGS 84 y altura (msnm) de las estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio.....	66
Cuadro. 26 Variación de la temperatura media mensual en °C a diferentes intervalos de altitud (msnm) ...	67
Cuadro. 27 Área en hectáreas y porcentajes del material geológico que se presenta en la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	75
Cuadro. 28 Área en hectáreas y porcentajes de los suelos (Serie de suelos de Simmons) que se encuentran en la finca Lagunilla Jalapa, Jalapa.....	77
Cuadro. 29 Área en hectáreas y porcentaje del tipo de cobertura de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	79
Cuadro. 30 Ubicación, descripción y extensión en hectáreas de las unidades de mapeo para la determinación de áreas de recarga hídrica de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	82
Cuadro. 31 Valores de infiltración Básica (cm/hr) por prueba de infiltración y unidad de mapeo de la finca Lagunilla Jalapa, Jalapa.....	84
Cuadro. 32 Valores de infiltración Básica (cm/hr) por prueba de infiltración y unidad de mapeo de la finca Lagunilla Jalapa, Jalapa.....	85
Cuadro. 33 Resultados de los análisis físicos de suelos por unidad de mapeo.....	88
Cuadro. 34 Evapotranspiración potencial media anual por unidad de mapeo en (mm/mes), finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	90
Cuadro. 35 Valores en mm de lámina, de las variables que intervienen en el balance hídrico de suelos de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	92
Cuadro. 36 Valores de volumen en m ³ por unidad de mapeo de las variables que intervienen en el balance hídrico de suelos de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	93
Cuadro. 37 Resumen del Balance hídrico de suelos de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	95

Cuadro	Página
Cuadro. 38 Criterios ponderados (Cook, 2000 modificado) para la zonificación de áreas críticas de recarga hídrica y resultados de susceptibilidad de las unidades de mapeo a disminuir su capacidad de recarga hídrica potencial.	96
Cuadro. 39 Nacimientos encontrados en la finca Lagunilla, coordenadas de ubicación proyectadas en UTM Wgs-84 Zona 16 N y altitud en msnm.	98
Cuadro. 40A. Temperaturas (máxima, mínima y media) en °C de las estaciones Meteorológicas.	104
Cuadro. 41A. Temperaturas medias mensuales (°C) de acuerdo a su altitud (msnm).	104
Cuadro. 42A. Precipitación pluvial media mensual y anual por estación meteorológica.....	105
Cuadro. 43A. Variación de la precipitación pluvial media mensual en mm, a diferentes intervalos de altitud (msnm).	105
Cuadro. 44A. Isoyetas, precipitación media mensual (mm) de acuerdo a su altitud (msnm).	105
Cuadro. 45A. Evapotranspiración potencial media mensual y anual en (mm) por Unidades de Mapeo.	106
Cuadro. 46A. Prueba de infiltración 1, Unidad de mapeo Qv.C.1 C (c).....	107
Cuadro. 47A. Prueba de infiltración 2, unidad de mapeo Qv.C.1 C (c).	108
Cuadro. 48A. Prueba de infiltración 3, unidad de mapeo Qv.C.1 C (c).	109
Cuadro. 49A. Balance Hídrico de suelos unidad Qv.C.1 C (c).	110
Cuadro. 50A. Prueba de infiltración 17, unidad de mapeo Qv.C.CH (a).	111
Cuadro. 51A. Prueba de infiltración 18, unidad de mapeo Qv.C.CH (a).	112
Cuadro. 52A. Prueba de infiltración 19, unidad de mapeo Qv.C.CH (a).	113
Cuadro. 53A. Balance Hídrico de suelos unidad Qv.C.2 CH (a).	114
Cuadro. 54A. Análisis físico de suelos.	115
Cuadro. 55A. Análisis físico de suelos.	116
Cuadro. 56 Ubicación de finca y uso actual de la tierra.	121
Cuadro. 57 Resumen del inventario forestal.	121
Cuadro. 58 Resumen por estratos en extensión de área (has) y porcentual.	122
Cuadro. 59 Resumen de actividades durante el plan de manejo.	122
Cuadro. 60 Inventario forestal del bosque natural de la finca La Laguna.	126
Cuadro. 61 Inventario de plantaciones forestal de la finca La Laguna.	127
Cuadro. 62 Actividades de aprovechamiento forestal, volumen residual y volumen a extraer.	127
Cuadro. 63 Actividades de aprovechamiento en plantaciones forestales.	128
Cuadro. 64 Actividades silviculturales por rodal y año de trabajo del bosque y plantaciones forestales.	129
Cuadro. 65 Método de regeneración del bosque por rodal.	132
Cuadro. 66 Requerimiento de planta para reforestación por rodal y turno de actividades.	132
Cuadro. 67 Valoración de la rectitud del fuste de árboles seleccionados.	136
Cuadro. 68 Valoración de la presencia de poda natural en árboles seleccionados.	137
Cuadro. 69 Valoración del ángulo de inserción de ramas en los árboles seleccionados.	137
Cuadro. 70 Información y valoración de los 50 árboles candidatos seleccionados con sus coordenadas UTM Wgs-84.	139
Cuadro. 71 Árboles plus o madres seleccionados con sus datos dasométricos y valoración.	141

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura. 1 Representación gráfica de la estructura organizativa de la empresa	8
Figura. 2 Representación gráfica del flujo del trabajo en la empresa.....	8
Figura. 3 Árbol de problemas para la problemática encontrada en la finca La Lagunilla.	19
Figura. 4 Árbol de soluciones para la problemática encontrada en la finca La Lagunilla.	19
Figura. 5 Árbol de problemas para la problemática encontrada en la finca El Incienso.....	20
Figura. 6 Árbol de solución para la problemática encontrada en la finca El Incienso.	20
Figura. 7 Árbol de problemas para la problemática encontrada en la finca La Laguna.	21
Figura. 8 Árbol de solución para la problemática encontrada en la finca La Laguna.....	21
Figura. 9 Mapa de Ubicación de La Finca Lagunilla, Jalapa.	42
Figura. 10 Síntesis del desarrollo para la obtención de unidades de mapeo para el estudio de la estimación de áreas de recarga hídrica potencial.	54
Figura. 11 Flujograma del proceso que se utilizó para la elaboración del balance hídrico de suelos.	57
Figura. 12 Flujograma de la etapa de obtención de las áreas críticas de recarga hídrica.	64
Figura. 13 Flujograma integrado de las etapas en que consistió la investigación para la obtención de la recarga hídrica potencial de la finca Lagunilla, Jalapa.	65
Figura. 14 Gráfica lineal comparativa de Temperatura media mensual en °C de las estaciones meteorológicas por mes.	67
Figura. 15 Gráfica del comportamiento de las Temperaturas medias mensuales (°C) de acuerdo a su altitud (msnm).	68
Figura. 16 Mapa de temperaturas promedio de la Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.	69
Figura. 17 Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial media mensual por estación meteorológica.	70
Figura. 18 Gráfica que representa la relación Altitud-Precipitación Pluvial (media mensual en mm) para algunos meses del año.	71
Figura. 19 Estación Meteorológica tipo B "Potrero Carrillo" de donde se obtuvieron algunos de los datos climáticos utilizados para la investigación.....	72
Figura. 20 Mapa de isoyetas de precipitación anual media en (mm) de la Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa. .	73
Figura. 21 Mapa Geológico (tipo de rocas) de la Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	76
Figura. 22 Fotografía del Bosque de protección y Plantaciones forestales que se encuentran en la Finca Lagunilla.	79
Figura. 23 Mapa de serie de suelos (Simmons) de la Finca Lagunilla Jalapa, Jalapa.....	80
Figura. 24 Mapa de cobertura vegetal de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.	81
Figura. 25 Mapa de unidades de Mapeo Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.	83
Figura. 26 Velocidad de infiltración en cm/min de la unidad de mapeo I.A.4 mediante el método de Porchet, se puede observar que la línea de tendencia se estabiliza al final de la prueba (Infiltración básica).....	86
Figura. 27 Mapa de ubicación Pruebas de infiltración mediante el método del "Porchet" realizadas en la finca Lagunilla.	87
Figura. 28 Proceso de las pruebas en campo para la obtención de la infiltración básica mediante el método de Porchet.....	88
Figura. 29 Proceso de la toma de muestras de suelos, identificado y tamizado para su análisis de propiedades físicas en el laboratorio de suelos de la FAUSAC.....	89
Figura. 30 Mapa de Recarga hídrica potencial de la Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.	94
Figura. 31 Mapa de áreas Críticas de recarga hídrica de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.....	97
Figura. 32 Mapa de nacimientos y aforos Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.	99
Figura. 33 Árboles seleccionados (rectitud de fuste y autopoda), árbol registrado con su código en campo.....	138
Figura. 34 Mapa de selección de árboles candidatos y plus de la finca El Incienso, Municipio de Jalapa, Departamento de Jalapa.	142

CAPÍTULO I
DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA GEORECURSOS S.A,
CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA.

1.1 PRESENTACIÓN

El diagnóstico es una herramienta que se elabora con el objetivo de describir la situación actual de una comunidad, empresa o persona, constituye una herramienta sencilla y de gran utilidad con fines de conocer los problemas que impiden un mejor crecimiento, sobrevivencia o desarrollo. Para este caso el objeto de estudio es la empresa Georecursos S. A. ubicada en la zona 9 de la ciudad de Guatemala del departamento de Guatemala.

Georecursos S.A es una empresa privada que presta servicios de asesoría, consultoría, administración y manejo de los recursos naturales renovables con enfoque productivo y sostenible, su campo de trabajo abarca todo el territorio nacional.

Con este diagnóstico se pretende visualizar y detectar las áreas de trabajo que componen el funcionamiento de la empresa a su vez identificarlas de acuerdo a su importancia dentro del proceso operacional de la empresa.

En base a la información obtenida en el diagnóstico se podrán establecer posibles problemáticas con el fin de manejarlas y erradicarlas de la mejor manera para mejorar el funcionamiento de la empresa.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Descripción geográfica del Departamento de Guatemala

El departamento de Guatemala se encuentra situado en la región I o metropolitana, su cabecera departamental es Guatemala y tiene una extensión territorial de 2,253 Kilómetros cuadrados. Sus alturas oscilan entre los 930 y 2,100 metros sobre el nivel del mar, con un clima generalmente templado.

Se ubica en la latitud 14°38'29 " y en la longitud 90°30'47". Limita al norte con Baja Verapaz; al sur con Escuintla y Santa Rosa, al este con El Progreso, Jalapa y Santa Rosa; al oeste con Sacatepéquez y Chimaltenango.

Tiene 17 municipios con un total de 2,541,581 habitantes, con un total de 619,636 viviendas.

1.2.2 Área Específica del Diagnóstico

Las oficinas de Georecursos S.A se encuentran instaladas en la 10 calle de la zona 9 de la ciudad metropolitana, se tiene acceso al lugar por varias rutas, las más conocidas son por la 7ma avenida de la zona 9 proveniente de la zona 4 y 1, también por la calzada Roosevelt utilizando el paso a desnivel de la Castellana que dirige al Parque de la Industria.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Elaborar un diagnóstico de la empresa Georecursos S. A. en Guatemala, Guatemala.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir las áreas operativas de la empresa en el proceso productivo.
- Conocer las principales regiones geográficas de trabajo de la empresa a nivel nacional.
- Identificar las principales debilidades de las actividades productivas en las regiones geográficas de trabajo en que se desarrolla la empresa Georecursos S.A.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Fase de Gabinete

En esta fase se recopiló información secundaria ya establecida por parte de la empresa como por ejemplo currículo de la empresa, misión y visión, proyectos, planes de manejo, proyectos PINFOR, estudios de impacto ambiental, base de datos de sistemas de información geográfica de proyectos entre otros documentos.

Por otra parte se observaron las áreas operativas en las cuales está dividida la empresa y la jerarquía funcional de la empresa.

Todo esto con el fin de crear un marco general y crear un plan de diagnóstico primario.

1.4.2 Fase de campo I

Con la información secundaria ya establecida se procedió a realizar una fase de campo en donde se verificó y se estableció las principales regiones de trabajo.

Esta fase se caracterizó por haber realizado diferentes visitas programadas a las principales fincas y proyectos que actualmente se están trabajando en la empresa en donde se observó e identificó las principales regiones y áreas de trabajo prioritarias de la empresa.

1.4.3 Fase de campo II

Como instrumento de trabajo para la recopilación de información se diseñó un formato de entrevista para identificar las principales debilidades o limitaciones en las actividades de trabajo que se desarrollan en las ya identificadas fincas prioritarias para la empresa.

1.4.4 Fase de gabinete II

En esta fase se organizó toda la información recopilada en las tres fases anteriores, conjuntamente con el personal técnico se clasificaron los datos y se ingresaron a matrices de priorización determinando primero los principales proyectos o fincas de trabajo y

segundo las principales debilidades de estas áreas, obtenidas en la fase de campo II analizándolas por separado y proponiendo las posibles alternativas de solución.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Descripción

1.5.1.1 Razón Social:

Georecursos S. A.

1.5.1.2 Georecursos S. A.

Es una empresa privada creada en 1991, constituida como una sociedad anónima, que presta servicios de asesoría, consultoría y administración de los recursos naturales renovables con un enfoque productivo y sostenible constituidos sobre las bases legales actuales del país.

1.5.1.3 Servicios

- Manejo forestal
 - a) Elaboración de Inventarios forestales.
 - b) Elaboración y ejecución de planes de manejo forestales.
 - c) Gestión y ejecución de proyectos de reforestación.
 - d) Identificación de alternativas de comercialización e industrialización de los productos provenientes del bosque sean natural o plantaciones.
- Planificación de proyectos productivos (RNR).
- Administración de fincas forestales.
- Comercialización de productos naturales renovables.
- Evaluación y elaboración de estudios de impacto ambiental (EIA).
- Servicio de sistemas de información geográfica y cartografía temática digital.
- Proyectos de investigación y consultorías asociadas al sector forestal y de los RNR.

1.5.1.4 Ubicación geográfica y política

La ubicación de las instalaciones de Georecursos S.A se encuentran en el departamento de Guatemala, este se encuentra situado en la región I o región Metropolitana, su cabecera departamental es Guatemala, limita al Norte con el departamento de Baja Verapaz; al Sur con los departamentos de Escuintla y Santa Rosa; al Este con los departamentos de El Progreso, Jalapa y Santa Rosa; y al Oeste con los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango. Se ubica en la latitud 14°38' 29" y longitud 90°30' 47", el departamento cuenta con una extensión territorial de 2,253 kilómetros cuadrados.

La dirección específica es 10 calle 0-34 zona 9 edificio Eurorepuestos 4to nivel, en las coordenadas siguientes:

Latitud Norte 14° 36'18.8''

Longitud Oeste 90° 31'36.4''

1.5.1.5 Organización

La organización de la empresa se distribuye de la siguiente manera:

A. Gerencia técnica y administrativa:

Tiene a su cargo el funcionamiento del departamento técnico y administrativo, desempeñando funciones de supervisión general de proyectos y diseño de estrategias de administración y obtención de nuevos proyectos.

B. Departamento Administrativo:

Este departamento realiza el trabajo del manejo insumos para la empresa y para las diferentes actividades del departamento técnico, manejo de fondos, contabilidad, manejo de compras y ventas de los proyectos productivos.

C. Departamento técnico:

En el departamento técnico se realiza todas actividades referentes a los procesos productivos de los proyectos tales como inspección de trabajo de campo, consultorías, manejo de trabajadores de fincas, elaboración de documentos entre otras actividades.

1.5.1.6 Organigrama

Jerárquicamente la organización se encuentra distribuida de la siguiente manera:

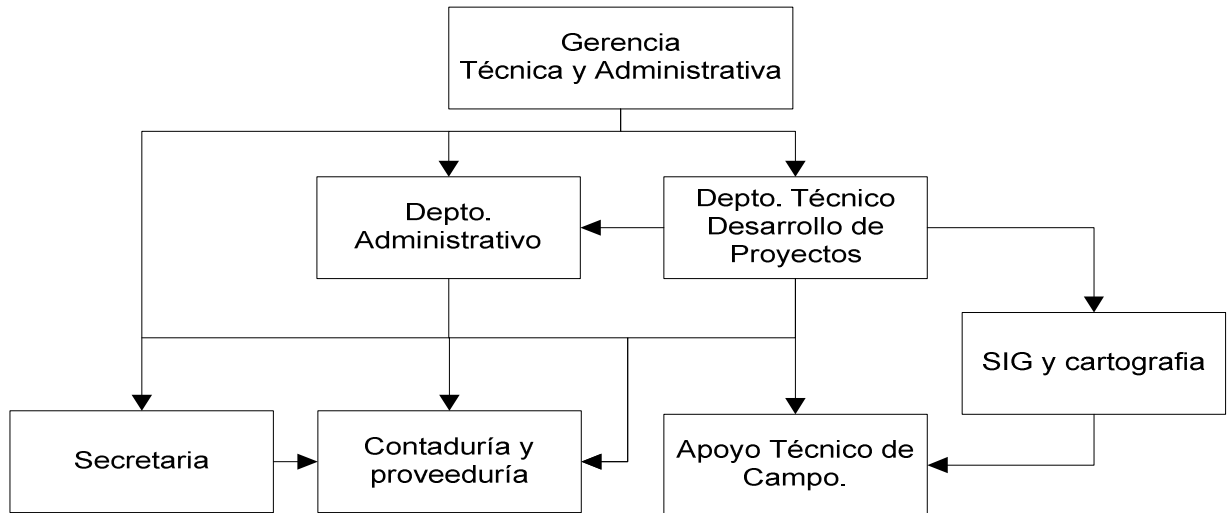


Figura. 1 Representación gráfica de la estructura organizativa de la empresa

1.5.1.7 Proceso del flujo de trabajo

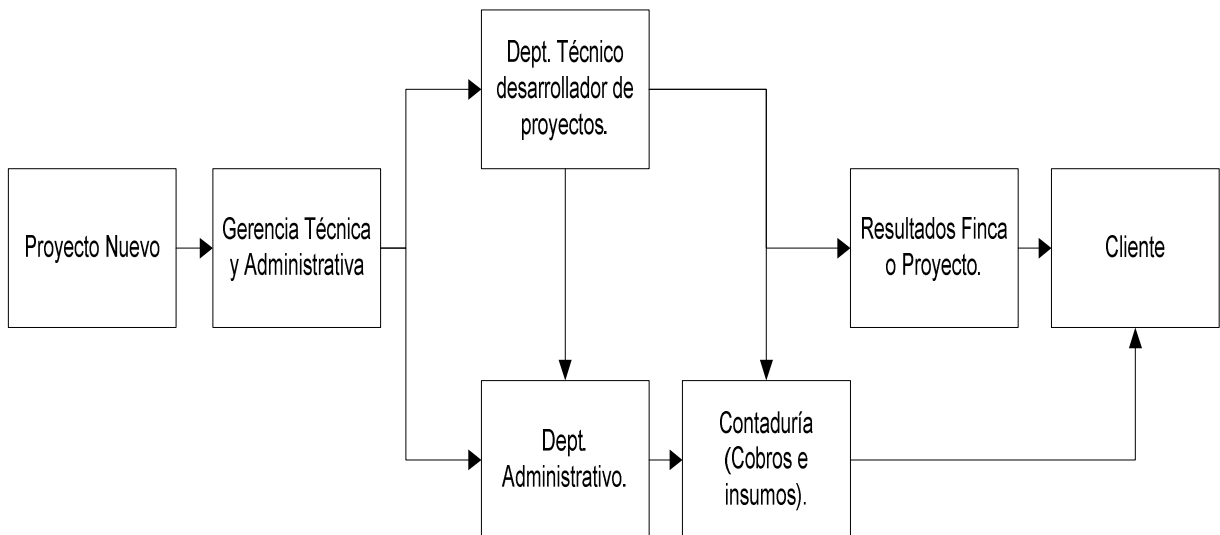


Figura. 2 Representación gráfica del flujo del trabajo en la empresa

1.5.2 Regiones de trabajo

La empresa labora en todo el territorio nacional, por lo que se procedió agrupar en regiones de acuerdo a su posición geográfica en la que se encuentran las fincas o proyectos.

1.5.2.1 Región norte

Concentrando todas sus actividades en el departamento de Alta Verapaz, este departamento se encuentra situado en la región II o región Norte en la república de Guatemala, su cabecera departamental es Cobán y limita al Norte con el departamento de Petén; al Sur con los departamentos de Zacapa y Baja Verapaz; y al Este con el departamento de Izabal; y al Oeste con el departamento del Quiché. Se ubica en la latitud norte $15^{\circ}28'07''$ y longitud oeste $90^{\circ}22'36''$. Cuenta con una extensión territorial de 8,686 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental se encuentra a una altura de 1,300 metros sobre el nivel del mar, su topografía es en extremo variada, con montañas y cimas que exceden de 3,000 metros de elevación y tierras bajas que descienden hasta los 300 msnm.

Cobán se encuentra a una distancia de 219 kilómetros aproximadamente, de la ciudad capital, se habla el español aunque en este departamento predominan los idiomas indígenas como el Quekchí, Pocomchí y Achí (8).

D. Fincas y Proyectos región norte.

Finca Saguachil

Ubicada en el municipio de Cobán en el departamento de Alta Verapaz, tiene una extensión de 894.52 has. El casco de la finca se encuentra en las coordenadas latitud norte $15^{\circ}31'30''$ y longitud oeste $90^{\circ}36'59''$. En esta finca se tienen 150 has en proyectos de bosques naturales de protección con especies arbóreas predominantes como Canxán, Sangre, San Juan y Santa María y 350 has en proyectos de plantaciones forestales con la especie *Pinus maximinoii* bajo la modalidad de proyectos PINFOR (1).

Finca Catalji

Ubicada en el municipio de Cobán en el departamento de Alta Verapaz, tiene una extensión de 45 ha. El casco de la finca se encuentra localizado en las siguientes coordenadas latitud norte 15°28'85" longitud oeste 90°30'70". En esta finca cuenta con 32 ha en proyectos de plantaciones forestales con la especie *Pinus maximinoii* y bosques naturales de protección bajo la modalidad de proyectos PINFOR (5).

Finca Mocca

Ubicada en el municipio de La Tinta en el departamento de Alta Verapaz, tiene una extensión de 990 ha. El casco de la finca se encuentra localizado en las coordenadas latitud norte 15°19'10" longitud Oeste 89°54'13". En esta finca se tiene 450 ha en proyectos de manejo de plantaciones forestales para su aprovechamiento, plantaciones forestales con las especies *Pinus caribaea* y *Cibyxtas donnell smithii* y bosques naturales de protección bajo la modalidad de proyectos PINFOR.

Finca Sepamac

Ubicada en el municipio de Senahú en el departamento de Alta Verapaz, tiene una extensión de 1,283 ha, el casco de la finca se localiza en las coordenadas latitud norte 15°30'19" longitud oeste 89°40'02". En esta finca se tienen 300 ha de manejo de plantaciones forestales para su aprovechamiento, proyectos de plantaciones forestales con las especies *Pinus caribaea*, *Cibyxtas donnell smithii* y *Swietenia macrophylla* bajo la modalidad de proyectos PINFOR.

Finca Chijocom

Ubicada en el municipio de Cobán en el departamento de Alta Verapaz, tiene una extensión de 70 ha, se encuentra localizada en las coordenadas latitud norte 15°29'57" longitud oeste 90°22'04", En esta finca se tienen 50 ha con proyectos de plantaciones forestales con la especie *Pinus maximinoii* bajo la modalidad PINFOR y ensayos de mejoramiento genético forestal CAMCORE con la misma especie.

Finca Chimelb

Ubicada en el municipio de Lanquín en el departamento de Alta Verapaz, tiene una extensión de 5,403 ha. El casco de la finca se encuentra en las siguientes coordenadas: latitud norte 15°34'35" y longitud oeste 90°02'05", la topografía del terreno es ondulada presentando pendientes variadas, en esta finca se tienen 740 ha en proyectos de plantaciones forestales con la especie *Pinus caribaea* y bosques naturales de protección en las partes altas, bajo la modalidad de proyectos PINFOR (11).

Finca El Sostén

Ubicada en el municipio de San Juan Chamelco en el departamento de Alta Verapaz, tiene una extensión de 45 ha. El casco de la finca se encuentra en las siguientes coordenadas: latitud norte 15°22'46" y longitud oeste 90°20'9", en esta finca se tiene un proyecto de plantación forestal con las especies *Pinus maximinoii* y *Pinus chiapensis* bajo la modalidad de proyectos PINFOR (6).

Finca Santa Anita

Ubicada en el municipio de Cobán en el departamento de Alta Verapaz, tiene una extensión de 30 ha, el casco de la finca se encuentra en las siguientes coordenadas: latitud norte 15°28'36" y longitud oeste 90°24'46", es esta finca se tienen 2.07 ha con un ensayo de mejoramiento genético forestal CAMCORE con la especie *Pinus chiapensis*.

Cuadro. 1 Resumen de las fincas y proyectos de Georecursos S.A en la región norte (Alta Verapaz).

Finca	Departamento	Municipio	Área Finca	Proyectos	Área Proyectos	Latitud	Longitud
Saguachil	Alta Verapaz	Cobán	894 ha	PINFOR	500 ha	15°31'30"N	90°36'59"O
Catalji	Alta Verapaz	Cobán	45 ha	PINFOR	32 ha	15°19'10"N	89°54'13"O
Mocca	Alta Verapaz	La Tinta	990 ha	PINFOR	450 ha	15°19'10"N	89°54'13"O
Sepamac	Alta Verapaz	Senahú	1283 ha	PINFOR	300 ha	15°30'19" N	89°40'02"O
Chijocom	Alta Verapaz	Cobán	70 ha	PINFOR/CAMCORE	50 ha	15°29'57"N	90°22'04"O
Chimelb	Alta Verapaz	Lanquín	5,405 ha	PINFOR	740 ha	15°34'35"N	90°02'05"O
El Sostén	Alta Verapaz	San Juan Chamelco	45 ha	PINFOR	35 ha	15°22' 46"N	90°20'9"O
Santa Anita	Alta Verapaz	Cobán	30 ha	CAMCORE	2.07 ha	15°28'36"N	90°24'46"O

1.5.2.2 Región oriente

Concentrando sus actividades en el Departamento de Jalapa, este departamento se encuentra situado en la región IV o Sur Oriente en la República de Guatemala, su cabecera departamental es Jalapa y limita al Norte con los departamentos de El Progreso y Zacapa; al Sur con los departamentos de Jutiapa y Santa Rosa; y al Este con el departamento de Chiquimula; y al Oeste con el departamento de Guatemala. Se ubica en la latitud 14° 38' 02" y longitud 89° 58' 52". Cuenta con una extensión territorial de 2,063 kilómetros cuadrados. La cabecera departamental se encuentra a una altura de 1,400 metros sobre el nivel del mar pero esta es variada debido a la topografía del departamento ya que en las partes más altas puede llegar hasta los 3,000 msnm generalmente el clima es templado, siendo frío en las partes elevadas.

La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 110 kilómetros aproximadamente, de la ciudad capital (8).

E. Fincas y Proyectos región oriente

a. Finca La Lagunilla

Ubicada en el municipio de Jalapa en el departamento de Jalapa, tiene una extensión de 935.13 ha, el casco de la finca se encuentra localizado en las siguientes coordenadas latitud norte 14°41'50" longitud oeste 89°57'04". En esta finca se tienen 348.96 ha de manejo de bosque natural para su aprovechamiento, 138 ha de bosque natural de protección, 371 ha de plantaciones forestales con la especie de *Pinus ocarpa* y *Cupresus lucitanica* todos estos proyectos anteriores bajo la modalidad de proyectos PINFOR, también se tienen proyectos de producción de energía renovable, manejo y conservación de material genético por medio de CAMCORE (2).

Finca Agua Blanca

Ubicada en el municipio de Jalapa en el departamento de Jalapa, tiene una extensión de 404.7 ha, el casco de la finca se encuentra en las siguientes coordenadas: Latitud norte 14°44'40" y longitud oeste 89°56'53". Tiene una altitud promedio de 1,830 msnm, se encuentra en una zona de vida de Bosque húmedo Subtropical templado. Esta finca tiene 252.20 ha en manejo y aprovechamiento de bosque natural, plantaciones forestales con la especie *Pinus ocarpa* bajo la modalidad de PINFOR y plantaciones voluntarias.

Finca La Soledad

Ubicada en el municipio de Mataquescuintla en el departamento de Jalapa, tiene una extensión de 206.97 ha, Se encuentra en las siguientes coordenadas 14°31'09" longitud oeste 90°08'21", en esta finca se tienen 200 has de aprovechamiento forestal de bosque natural bajo regeneración natural y plantaciones forestales de *Pinus ocarpa* y *Cupresus lucitanica* bajo la modalidad de PINFOR y compromiso de reforestación (4).

Finca La Laguna

Ubicada en el municipio de Jalapa en el departamento de Jalapa, tiene una extensión de 195.01 ha, el casco de la finca se encuentra en las siguientes coordenadas: Latitud norte 14°42'57" y longitud oeste 89°55'58", esta finca cuenta con 45 ha de bosque natural bajo aprovechamiento y 10 ha de plantaciones voluntarias y de compromiso con la especie de *Pinus ocarpa* (9).

Finca Valle de Pasiones

Ubicada en el municipio de Jalapa en el departamento de Jalapa, tiene una extensión de 207.56 ha, el casco de la finca se encuentra en las siguientes coordenadas: latitud norte 14°44'24" y longitud oeste 89°56'12", esta finca cuenta con 60 ha de bosque natural bajo aprovechamiento y 5 ha de plantación forestal de *Pinus ocarpa* bajo la modalidad de proyecto PINFOR (10).

Finca el incienso

Ubicada en el municipio de Jalapa en el departamento de Jalapa, tiene una extensión 791.65 ha, el casco de la finca se encuentra en las siguientes coordenadas: Latitud norte 14°45'15" y longitud oeste 90°0'46", en esta finca se tienen 710 ha de bosque natural bajo aprovechamiento selectivo de *Pinus ocarpa* y *Quercus sp*, 30 ha de plantaciones forestales con la especie *Pinus ocarpa* bajo la modalidad de compromiso de reforestación (7).

Cuadro. 2 Resumen de las fincas y proyectos de Georecursos S.A en la región oriente (Jalapa).

Finca	Departamento	Municipio	Area Finca	Proyectos	Area Proyectos	Latitud	Longitud
Lagunilla	Jalapa	Jalapa	935.13 ha	M. Forestal/PINFOR	857.96 ha	14°41'50" N	89°57'04"O
Agua Blanca	Jalapa	Jalapa	404.7 ha	M. Forestal/PINFOR	252.20 ha	14°44'40"N	89°56'53"N
La Soledad	Jalapa	Mataquescuintla	206.97 ha	M. Forestal/PINFOR	169.05 ha	14°31'09"N	90°08'21"O
Laguna	Jalapa	Jalapa	195.01 ha	Manejo Forestal	45 ha	14°42'57"N	89°55'58"O
V. Pasiones	Jalapa	Jalapa	207.56 ha	M, Forestal/PINFOR	65 ha	14°44'24"N	89°56'12"O
El Incienso	Jalapa	Jalapa	791.65 ha	M. Forestal/PINFOR	710 ha	14°45'15"N	90°0'46"O

1.5.3 Priorización de Fincas y Proyectos:

Georecursos está trabajando en 14 fincas entre labores de administración total, administración parcial, establecimiento y manejo de plantaciones forestales.

Para objeto de estudio se escogerán 3 fincas prioritarias, de acuerdo a la importancia que representan para la empresa.

Cuadro. 3 Matriz de priorización de fincas de acuerdo a la presencia e importancia de Georecursos en la finca.

OBJETO DE PRIORIZACIÓN	CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN		TOTAL ***
	Presencia de la empresa en la finca *	Importancia actual de la finca para la empresa **	
Finca La Lagunilla.	10	8	18
Finca El Incienso	10	8	18
Finca La Laguna	8	6	14
Finca El Sostén	4	6	10
Finca Chimelb	4	5	9
Finca Valle de Pasiones	5	3	8
Santa Anita	3	3	6
Finca Mocca	3	3	6
Finca Chijocom	3	3	6
Finca Agua Blanca	1	3	4
Finca La Soledad	1	3	4
Finca Sepamac	1	3	4
Finca Catalji	1	3	4

* Rango de puntuación para presencia de la empresa en la finca.

- (8 - 10) Administración total
- (7 - 5) Administración Parcial
- (4 - 1) Admón. proyectos forestales

**Rango de importancia de la finca para la empresa.

- (8 - 10) Muy importante
- (7 - 5) Importante
- (4 - 1) Importante (proyectos temporales)

*** Total máximo sobre 20 y mínimo sobre 0

1.5.4 Análisis de problemáticas en fincas prioritarias

De acuerdo a las entrevistas realizadas con el personal técnico y a los recorridos de campo en las fincas prioritarias se determinaron las problemáticas mediante un análisis FODA.

Finca Lagunilla:

Cuadro. 4 Matriz de análisis FODA de la finca Lagunilla.

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Personal Técnico calificado. • Mano de obra disponible. • Abundantes recursos naturales (Agua y Bosque). • Acceso viable a la finca en la mayoría del año. • Cercanía a la cabera municipal de jalapa y a ruta al atlántico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mercado local poco explorado. • Área potencial para el manejo de grandes extensiones de bosque natural y plantaciones forestales. • Aumento de la demanda de productos forestales provenientes de manejos forestales sostenibles. • Incentivos forestales y de conservación de agua.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Desconocimiento de la situación actual del recurso hídrico. • Suelos con altas pendientes. • Reducción del flujo hídrico en épocas de verano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variabilidad del clima. • Incidencia de incendios forestales. • Presión social del agua. • Presión de la frontera agrícola.

Finca El Incienso

Cuadro. 5 Matriz de análisis FODA de la finca El Incienso.

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Personal Técnico calificado. • Área extensa de trabajo. • Recursos forestal (materia prima abundante) • Riqueza en genética forestal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento genético • Demanda de productos forestales sostenibles provenientes de manejos forestales sostenibles. • Incentivos forestales y conservación de agua.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de genética forestal escasa en el proceso productivo. • Suelos con altas pendientes. • Caminos Internos no viables en invierno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variabilidad del clima. • Incidencia de incendios forestales. • Presión social sobre el recurso bosque.

Finca La Laguna

Cuadro. 6 Matriz de análisis FODA de la finca El Incienso.

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Personal Técnico calificado. • Recursos forestal (materia prima abundante) • Recurso Hídrico abundante. • Diversidad de producción (forestal, agrícola y animal). 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de productos forestales sostenibles. • Sistemas Silvopastoriles. • Ecoturismo.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Sin manejo del recurso boscoso y plantaciones forestales. • Poca previsión en el manejo de los incendios forestales. • Caminos Internos no viables en invierno. • Áreas con anegamiento en invierno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incidencia de incendios forestales. • Presión social sobre el recurso bosque. • Incidencia de plagas y enfermedades en plantaciones y bosque.

De acuerdo a los análisis FODA anteriores, se pudo extraer diferentes problemáticas o debilidades de cada finca prioritaria, las problemáticas encontradas fueron analizadas en una matriz de priorización en donde se evaluó su importancia con respecto a Georecursos, La finca, social y para los recursos naturales.

1.5.5 Priorización de los posibles problemas**Cuadro. 7** Matriz de priorización de posibles limitantes o problemas por finca prioritaria.

Posibles Problemas	Criterio de priorización				Total
	Georecursos *	finca**	Social***	Recursos****	
Finca La Lagunilla: - Desconocimiento de la situación actual del recurso hídrico.	8	10	10	10	38
Finca El Incienso - Conservación de genética forestal escasa en el proceso productivo	10	8	8	10	36
Finca La Laguna - Bosque natural y plantaciones forestales sin manejo silvícola.	8	7	6	8	32

Rangos para los criterios de priorización de los posibles problemas o limitaciones.

***Importancia para Georecursos**

Muy importante	(10 - 7)
Importante	(6 - 4)
Poco importante	(3 - 1)

****Importancia para la finca**

Muy importante	(10 - 7)
Importante	(6 - 4)
Poco importante	(3 - 1)

*****Importancia Social**

Muy importante	(10 - 7)
Importante	(6 - 4)
Poco importante	(3 - 1)

******Importancia para los RN.**

Muy importante	(10 - 7)
Importante	(6 - 4)
Poco importante	(3 - 1)

1.5.6 Árboles de problemas y soluciones

Desconocimiento del recurso actual del recurso hídrico.

Para la determinación de causa-efecto de la posible limitante o problema en la finca La Lagunilla.

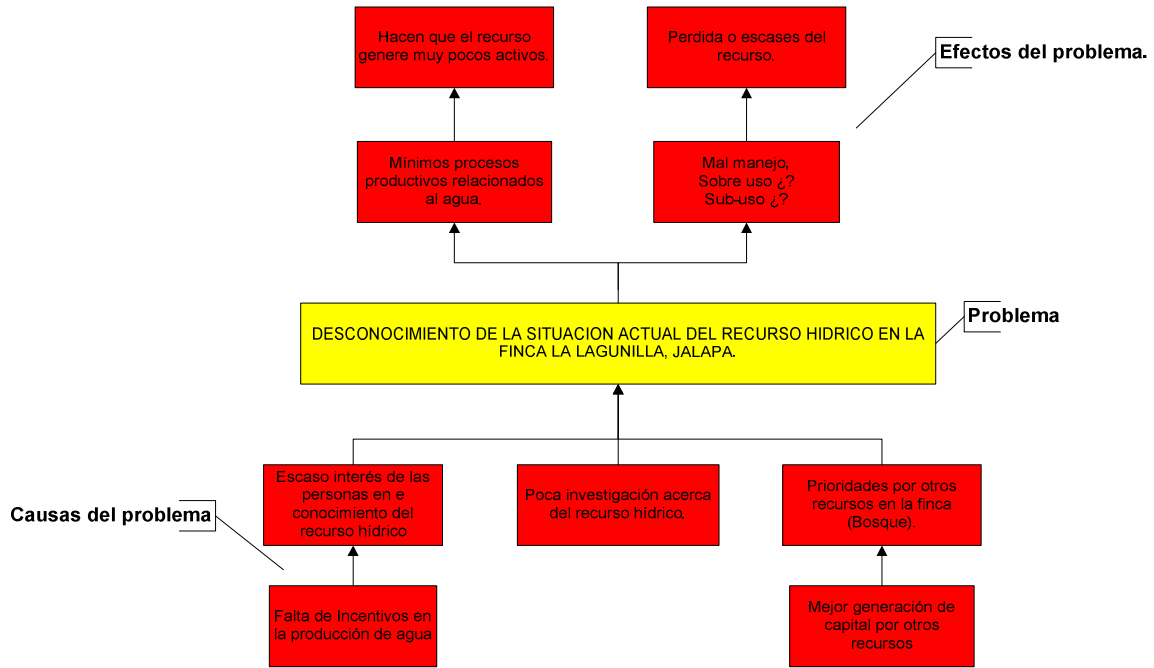


Figura. 3 Árbol de problemas para la problemática encontrada en la finca La Lagunilla.

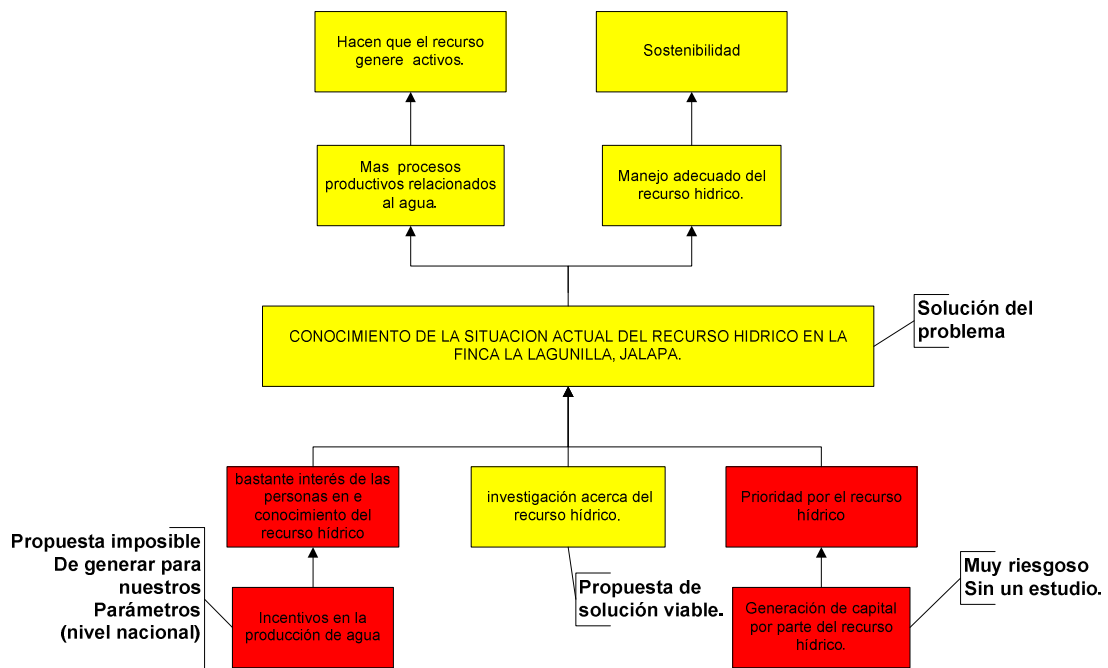


Figura. 4 Árbol de soluciones para la problemática encontrada en la finca La Lagunilla.

Conservación genética escasa en el proceso productivo.

Para la determinación de causa-efecto de la posible limitante o problema en la finca El Incienso.

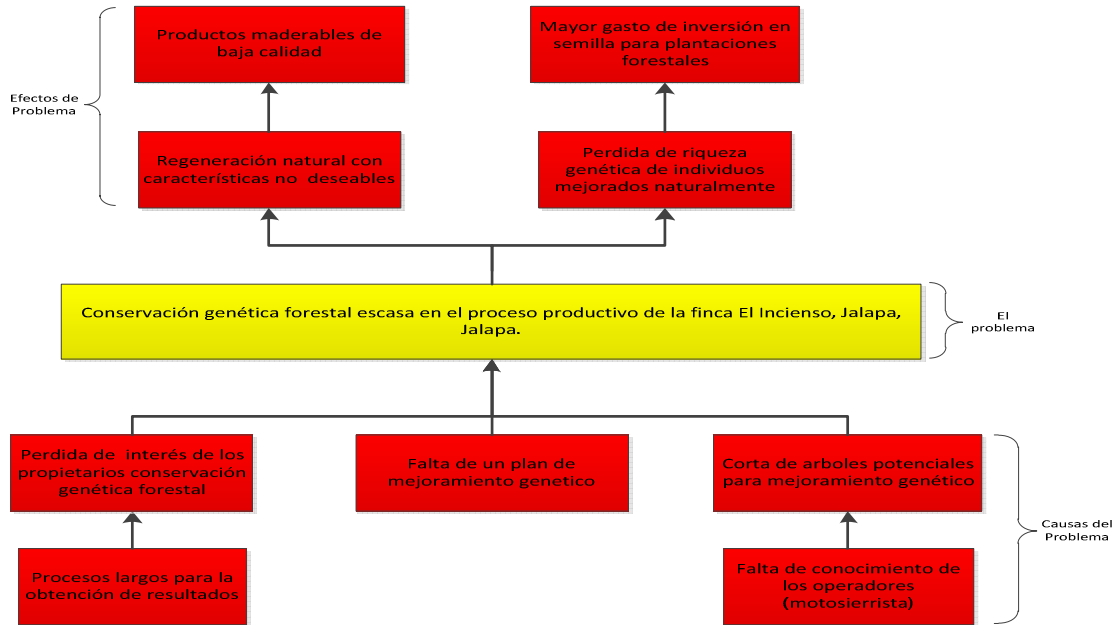


Figura. 5 Árbol de problemas para la problemática encontrada en la finca El Incienso.

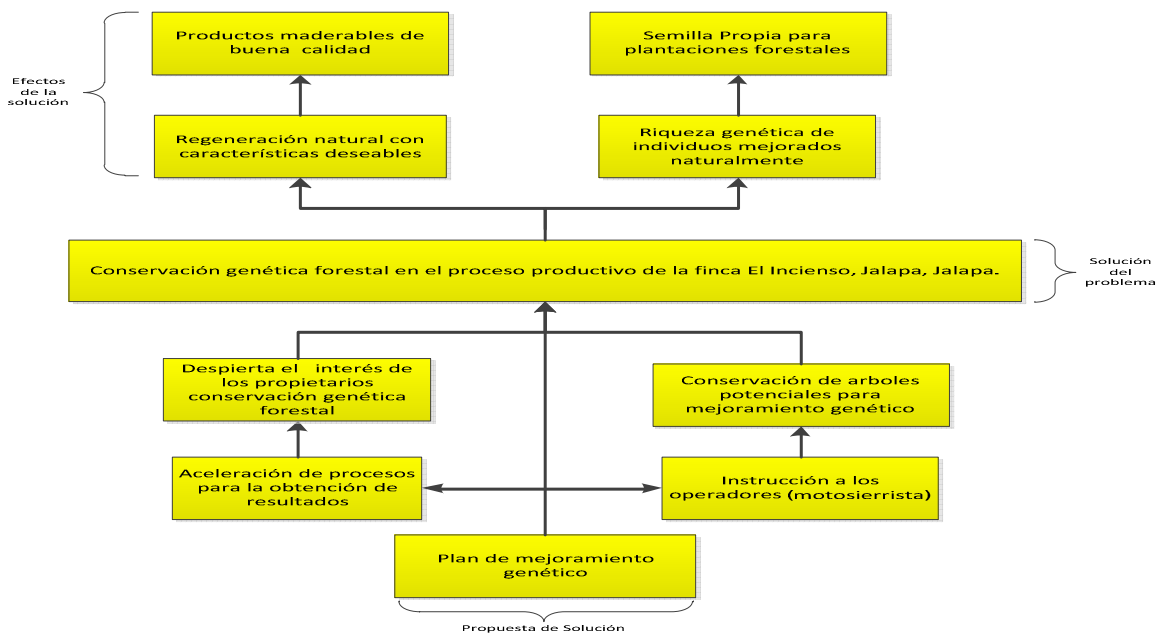


Figura. 6 Árbol de solución para la problemática encontrada en la finca El Incienso.

Conservación genética escasa en el proceso productivo.

Para la determinación de causa-efecto de la posible limitante o problema en la finca La Laguna.

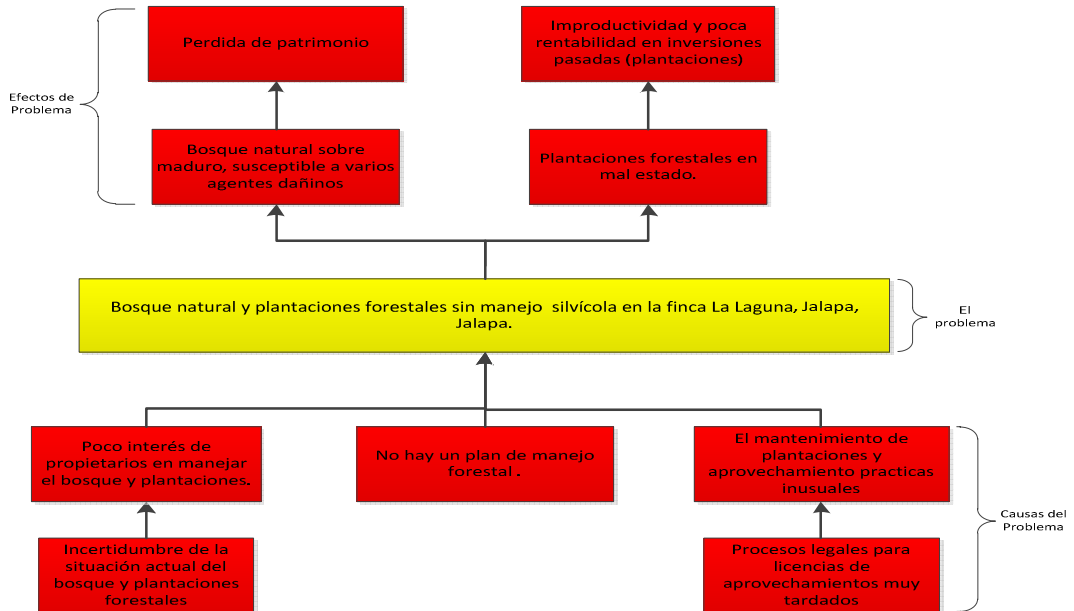


Figura. 7 Árbol de problemas para la problemática encontrada en la finca La Laguna.

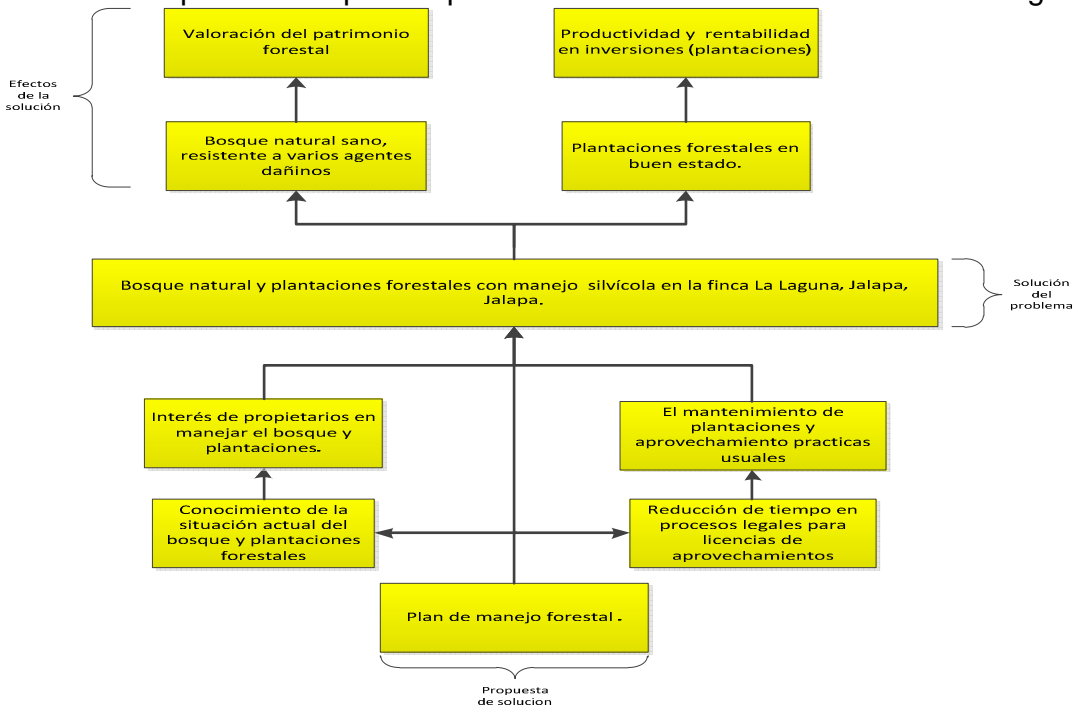


Figura. 8 Árbol de solución para la problemática encontrada en la finca La Laguna.

1.5.7 Descripción de la problemática

1.5.7.1 Finca Lagunilla, aldea San José, Jalapa

Desconocimiento de la situación actual del recurso hídrico.

La finca Lagunilla posee nacimientos de agua y lagunetas en toda su extensión, por lo que durante todo el año posee corrientes permanentes de agua, la finca se encuentra situada en la parte alta de la microcuenca del río La Martina, afluente del río Jalapa, debido a esta situación la finca desempeña un papel importante como zona de recarga hídrica y producción de agua para aldeas como Llano La Puerta y La Lagunilla que dependen directamente del caudal producido de la finca para su sobrevivencia.

El agua dentro de la finca tiene diversos usos: consumo humano, generación de energía eléctrica, consumo animal equino, riego de viveros.

El no contar con información cuantitativa y cualitativa del recurso hídrico no permite la planificación racional del uso y la conservación que permita asegurar la permanencia del recurso hídrico en la finca y en la región, ya que la región oriental, es la zona más propensa a sequías y desertificación en el país, causando la pérdida de fuentes de agua.

1.5.7.2 Finca El Incienso, aldea la Puente, Jalapa.

Conservación de genética forestal escasa en el proceso productivo.

La Finca El Incienso cuenta con una extensión de 790.10 ha de las cuales el 90% es de bosque de *Pinus ocarpa* y *Quercus sp*, que serán sometidas a manejo forestal en un lapso de 10 años divididos en 10 turnos de actividades de un año cada turno, siguiendo las normativas técnicas del INAB dentro del plan de manejo forestal realizado para la finca se tienen contempladas actividades de protección contra incendios, áreas de protección de quebradas y cauces de ríos, corta selectivas de estratos maduros entre otras actividades que favorecen al bosque y hacen sostenible el aprovechamiento del mismo, sin embargo se necesita la selección de árboles plus (Madres) que por sus características genéticas superiores no sean cortados para que estos puedan diseminar semilla de buenas características y así mejorar genéticamente el bosque mediante su regeneración natural.

Por lo que es necesario determinar los tipos de árboles plus por sus características fenotípicas (rectitud de fuste, estado fitosanitario adecuado, autopoda de ramas y conformación adecuada de copa) sean marcados en campo antes de que las actividades de aprovechamiento sean efectuadas, así mismo llevar un registro de los árboles escogidos y geoposicionarlos.

1.5.7.3 Finca La Laguna, aldea La Laguna, Jalapa.

Bosque natural y plantaciones forestales sin manejo silvícola.

La Finca La Laguna cuenta con 45 ha de bosque natural de *Pinus Ocarpa* y 10 ha de plantaciones forestales de la misma especie, sin manejo silvícola alguno, la necesidad de un manejo forestal de la finca está encausada de dos maneras: la necesidad económica de los propietarios de recibir ingresos monetarios provenientes de la finca y la necesidad biológica del bosque y las plantaciones forestales de manejo silvícola, ya que se han deteriorado siendo objeto de ataque de plagas, reducción significativa del crecimiento de los árboles, incendios forestales y pérdida de bosque por acción de los lugareños.

Por lo descrito anteriormente, se tiene la necesidad de realizar un plan de manejo forestal que contenga las acciones necesarias para darle mantenimiento a las plantaciones forestales y aprovechar de manera sostenible el bosque, asegurando así su permanencia y obteniendo ingresos económicos.

1.6 CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de la empresa Georecursos S. A. en la ciudad de Guatemala. Obteniendo información necesaria para establecer el estado actual de sus áreas operativas y sus áreas de trabajo a nivel nacional.
- Las áreas operativas de la empresa en el proceso productivo son tres (administrativa, comercialización y técnica) cada una de estas áreas realiza actividades específicas, sin embargo tienen una relación bidireccional en las tareas que se realizan.
- Se conocieron las principales áreas de trabajo y fincas en las que opera la empresa Georecursos S.A, estas son: zona norte (Alta Verapaz), zona Oriente (Jalapa).
- La principales problemáticas que se encontraron en las fincas prioritarias de trabajo fueron:
 - a) Finca Lagunilla, aldea San José, Jalapa.
Desconocimiento de la situación actual del recurso hídrico.
 - b) Finca El Incienso, Aldea la Puente, Jalapa.
Conservación de genética forestal escasa en el proceso productivo.
 - c) Finca La Laguna, Aldea La Laguna, Jalapa.
Bosque natural y plantaciones forestales sin manejo silvícola.
- Para contribuir con la solución de las problemáticas encontradas se planteó como parte de los servicios la elaboración de un plan de manejo forestal para la finca La Laguna, identificación y registro de arboles plus en el bosque de la finca El Incienso y como investigación principal la determinación de la recarga hídrica potencial de la finca Lagunilla.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Aragón, M. 2006. Plan de reforestación finca Saguachil, Coban, Alta Verapaz. Guatemala, Georecursos. 36 p.
2. _____. 2008. Inventario forestal finca Lagunilla, Jalapa. Guatemala, Georecursos. 43 p.
3. FAO, IT. 2004. Estado y tendencias de la ordenación forestal en 17 Países de América Latina (en línea) Roma, Italia. Consultado el 2 de Julio del 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/j2628s/j2628s00.htm>
4. Georecursos, GT. 2007. Inventario y plan de manejo forestal de la finca La Soledad, Mataquescuintla, Jalapa. Guatemala. 50 p.
5. _____. 2008. Mapa de proyectos forestales finca Catalji, Cobán, Alta Verapaz. Guatemala. Esc. 1:25,000.
6. _____. 2,009. Mapa de rodales de extracción y plantaciones forestales finca El Incienso, Jalapa. Guatemala. Esc. 1:50,000.
7. _____. 2009. Mapa de uso actual de la tierra finca El Sostén, San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Guatemala. Esc. 1:10,000.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, GT) 2001. Memoria técnica mapa fisiográfico y geomorfológico de la república de Guatemala a escala 1:250,000. 109p. (PDF).
9. Rodas, S. 2008. Mapa plantaciones de compromiso y bosque natural finca rustica 4188 y 538, escala 1:20,000, Jalapa, INAB. Guatemala.
10. Sagastume, J. 2007. Plan de manejo forestal de la finca Valle de Pasiones. Jalapa, Guatemala, Bioenlaces. 25 p.
11. Salguero, B. 2007. Fortalecimiento de las actividades forestales de la finca Chimelb, San Agustín Lanquín, Alta Verapaz, desarrolladas por la consultora forestal Georecursos S.A. Guatemala. Tesis de Ing. Agr. Guatemala, USAC. 124 p.

CAPÍTULO II

**DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL DE LA
FINCA LAGUNILLA, JALAPA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

**DETERMINATION OF HYDRIC RECHARGE POTENTIAL OF THE FARM
LAGUNILLA, JALAPA, JALAPA, GUATEMALA, C.A.**

2.1 PRESENTACIÓN

El agua es un líquido vital, que juega un papel de mucha importancia tanto en las actividades humanas como para los sistemas naturales, de manera que la salud de los seres humanos, la vida silvestre y los ecosistemas dependen de suministros adecuados y permanentes de agua. El 70% de la superficie de la tierra está cubierta de agua, el 97.7% es agua salada y solo el 2.3% es dulce y de este último solo el 1% es consumible puesto que la mayor parte del agua dulce del mundo está congelada en los casquetes polares (Consejo mundial del agua, 2009). Con esto nos damos cuenta que el agua es un recurso finito y frágil.

En muchos países del mundo el recurso hídrico es muy escaso, propiciado principalmente por el mal manejo que se le ha dado a los recursos naturales a lo largo del tiempo. La escasez de agua conlleva una amplia gama de conflictos que van desde la pobreza y enfermedades hasta guerras por el control de fuentes de agua existentes.

En Guatemala la disponibilidad del recurso hídrico supera ampliamente el uso actual e incluso el uso potencial, por lo que el volumen de agua disponible supera las necesidades actuales, a pesar de esto su distribución varía tanto temporal como geográficamente es por eso que se ve seriamente comprometido en ciertas zonas del país como la denominada “corredor seco” que abarca algunas áreas de los departamentos de El Progreso, Zacapa, Jalapa, Jutiapa, Chiquimula y Baja Verapaz, así también existen problemas de escases en el Petén y la Costa Sur que son atribuidos al cambio climático, el avance de la frontera agrícola y la pérdida de los bosques en áreas de recarga hídrica (Perfil ambiental nacional, IARNA 2008).

Si bien el manejo racional del recurso hídrico como tal es de suma importancia debe entenderse que para la conservación y sostenibilidad del mismo es necesario integrar suelo, agua y bosque en una sola planificación. Entidades gubernamentales en los últimos años han trabajado este tema en publicaciones como: El papel del bosque en el ciclo

hidrológico (PAFG, INAB 1997), Consideraciones Técnicas y Propuesta de Normas de Manejo Forestal para la Conservación de Suelo y Agua (INAB 2003), Tierras forestales de captación y regulación hidrológica (INAB 2005), Proyecto delimitación de zonas críticas de recarga hídrica (INAB en proceso), entre otras.

La Finca Lagunilla está dedicada a la actividad forestal por medio de la producción de plántulas de especies forestales, manejo de bosques de protección y producción (madera y carbón) y plantaciones forestales.

Desde hace 20 años en la finca se han aplicado los principios del manejo sostenible de los recursos que se encuentran en ella ya que la extracción de madera se hace de manera selectiva y se reproduce por regeneración natural dejando siempre cobertura boscosa, así mismo es una fuente generadora de empleos directos en la región.

La finca se encuentra en la región oriental del país, en el departamento de Jalapa. Según el perfil ambiental de Guatemala elaborado por el IARNA en el 2008 a nivel nacional esta región se presenta con mayor amenaza por desertificación y susceptibilidad alta a las sequías. En contrariedad a su entorno y principalmente por aplicar técnicas silviculturales sostenibles la finca cuenta con manantiales permanentes, estos manantiales son de mucha importancia para la finca Lagunilla en sus actividades productivas pero también representa la única fuente de agua para las aldeas aledañas Llano la Puerta y Lagunilla, aproximadamente 2,000 personas (INE 2002). Debido a esto es necesario establecer parámetros científicos de áreas de recarga hídrica que ayuden al personal técnico encargado de la finca Lagunilla a planificar las actividades de manejo tomando en cuenta las zonas importantes de recarga hídrica con el fin de conservar y utilizar permanentemente el recurso hídrico.

2.1.1 Planteamiento del problema

El recurso hídrico (agua) es de vital importancia para la vida, el agua es utilizada en nuestro país para diversos fines, entre los más importantes están para la agricultura, uso industrial y especialmente para consumo humano.

Localizándose en el departamento de Jalapa en la parte alta de la micro cuenca del río La Martina y ocupando un 30% del área total de la micro cuenca, la finca Lagunilla se caracteriza por poseer manantiales que producen caudales de estiaje bajos, pero permanentes, los cuales sirven para las actividades diarias productivas (consumo de agua potable, servicios, consumo animal, producción de energía hidráulica y riego) por otro lado las aldeas Llano la Puerta, Lagunilla y San Antonio cubren sus necesidades en un 100% de este recurso proveniente de la finca.

Debido a la zona en la que se encuentra ubicada la finca (altamente vulnerable a sequías y desertificación) tiene una tendencia acelerada a la pérdida de los recursos naturales; un ejemplo de esto es que la finca representa un aproximado del 80% de la cobertura boscosa total de la micro cuenca (Elaboración propia, ortofoto IGN 2006).

En el año 2009 el caudal proveniente de estos manantiales se ha reducido como consecuencia de la irregularidad de la precipitación ligada al cambio climático que a nivel global se está dando, causando problemas para la finca y a los pobladores de las aldeas aledañas al no contar con suministros adecuados de agua.

La identificación y el manejo adecuado de las áreas de recarga hídrica puede proporcionar una alternativa inicial para conservar y mantener de manera permanente el recurso hídrico de suma importancia particular y social.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Desarrollo Sostenible

Se concibe como el proceso de mejorar la calidad de vida de las presentes generaciones, esto por medio de un desarrollo económico, una democracia política, equidad y equilibrio ecológico, todo esto sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras.

Una vez comprendido lo anterior podemos sintetizar que el desarrollo sostenible se cumple mediante cuatro dimensiones: sostenibilidad social, sostenibilidad económica, sostenibilidad ecológica y sostenibilidad técnica (5).

2.2.1.1 Sostenibilidad Social

Está ligada a la equidad como elemento prioritario. La equidad, en un proceso de desarrollo que permite a todos los sectores de la población:

- Distribución equitativa de la riqueza, acceso y control de los medios de producción y los recursos naturales;
- Acceso y control de los procesos de toma de decisiones (en la familia, en la comunidad, en la sociedad).
- Igualdad de acceso a los servicios sociales como salud, educación, comunicación e información.

2.2.1.2 Sostenibilidad Económica

Es el desarrollo de las fuerzas productivas de una sociedad: esto implica no solamente el crecimiento de la producción, de la productividad y de las capacidades productivas, sino también el desarrollo de la eficiencia económica de los diferentes actores del proceso productivo (5).

2.2.1.3 Sostenibilidad Ecológica

Se refiere al uso de los recursos naturales. Estos son limitados y por lo tanto no pueden ser explotados indiscriminadamente. Se prioriza entonces la conservación de los

ecosistemas en su calidad y sus funciones, a través de un manejo racional que evite su depredación o agotamiento (5).

2.2.1.4 Sostenibilidad Técnica

Es la equidad en el acceso y el control de la tecnología. Esto significa la apropiación de las técnicas y la capacidad de generar innovaciones por parte de todos los actores del desarrollo (5).

2.2.2 Agua

El agua es un recurso natural muy familiar para el ser humano y sumamente importante para toda la vida sobre la Tierra, ya que constituye entre el 70% y el 90% del peso de la mayor parte de los seres vivos, sin ella sería imposible la existencia de las plantas, los animales y el ser humano. (10).

El Agua se define como un líquido incoloro, inodoro e insípido, que está formado por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno, se considera como el disolvente universal que a su vez se presenta en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Dentro de esto, su propiedad más importante es que es más densa en su estado líquido que en el sólido y alcanza su máxima densidad (3.98 °C) algunos grados centígrados por arriba de su punto de congelación. Su punto de ebullición es a 100 °C y el de fusión a 0 °C a una presión equivalente a la atmosférica al nivel del mar (10).

2.2.3 Hidrología Forestal

La hidrología forestal o hidrología de bosques, es la ciencia que se ocupa del estudio del comportamiento del ciclo hidrológico bajo el ámbito de los ecosistemas forestales, así como la dinámica en el mismo en función de las variantes de condiciones dentro de estos ecosistemas, producto de su manipulación (uso, remoción, restauración). La hidrología forestal se enfoca en las influencias de la vegetación sobre el clima, el agua y el suelo, así como las acciones de restauración hidrológica forestal, la corrección de torrentes y la protección de cuerpos de agua (17).

El principal papel del bosque dentro del ciclo hidrológico es en materia de almacenamiento de agua, básicamente porque bajo el mismo, se favorece la infiltración del agua de lluvia y el escurrimiento se ve disminuido, ambas situaciones favorecen la estabilidad de los suelos y la posibilidad de almacenamiento y futuro aprovechamiento de aguas sub-superficiales. En materia de producción de agua (calidad y cantidad), el rendimiento y la calidad es menor con otro tipo de cobertura. La calidad del agua bajo cobertura forestal está mejor garantizada (16).

2.2.3.1 Ciclo Hidrológico Forestal

La lluvia es la principal entrada de agua a los bosques, una pequeña parte de la lluvia llega hasta el suelo del bosque como precipitación interna y escurrimiento por los tallos, otra porción sustancial es interceptada por el dosel del bosque, la cual se evapora posteriormente hacia la atmósfera durante e inmediatamente después de la precipitación; el resto alcanza la superficie del suelo como goteo de la copa. La precipitación y el goteo de la copa se toman como una sola variable y se denominan precipitación interna.

Si la precipitación interna y el escurrimiento por el tallo, llegan al piso del bosque y exceden la capacidad de infiltración del suelo, el exceso de agua que no es absorbida por el suelo es escorrentía directa que forma afluentes efímeros, debido a que generalmente la capa de suelo orgánica tiene gran capacidad de absorción en la mayoría de los bosques el volumen de la lluvia interna y el escurrimiento por los tallos se infiltrará en el suelo. Una parte del agua infiltrada es absorbida por la vegetación y retorna a la atmósfera por procesos de transpiración. La humedad producto del agua infiltrada que no es aprovechada por las plantas que permanece en el suelo drena hacia los mantos acuíferos denominando a este proceso recarga hídrica a medida que el acuífero llegue a su punto de saturación buscare puntos de descarga o salidas a la superficie llamados manantiales que proporcionarán un flujo permanente superficial creando redes hídricas (ríos).

Los procesos de transpiración y evaporación subliman hacia la atmósfera en espera de precipitar para volver a formar las lluvias y seguir con el ciclo (2).

2.2.4 Recarga Hídrica

Se le llama recarga hídrica al proceso que permite que el agua alimente un acuífero mediante un proceso donde un flujo de agua desciende en el suelo hasta alcanzar el nivel freático incrementando el nivel de agua almacenada en el acuífero (11).

La recarga hídrica puede ser:

2.2.4.1 Natural

Cuando la recarga se produce por infiltración de la precipitación pluvial (lluvias) o de un curso de agua (ríos y lagos) (11).

2.2.4.2 Inducida

Cuando las actividades del hombre como riegos y drenajes proporcionan cantidades significantes de agua al suelo (11).

2.2.5 Recarga Hídrica Potencial

La recarga hídrica potencial hace referencia a su forma de estimación, es decir que se le denomina así a la cantidad de agua que infiltra a la zona insaturada del suelo, que puede ser medible mediante un balance hídrico de suelos y que potencialmente puede llegar a los acuíferos, pero que una vez el agua en esta zona también puede llegar a ser absorbida por las raíces más profundadas de plantas o escurrir en nacimientos efímeros, básicamente es la cantidad de agua que potencialmente puede abastecer un acuífero por las características (precipitación pluvial, cobertura vegetal, suelos, temperatura) in situ del área en estudio, pero que se verá afectada ya en el subsuelo por las características geológicas existentes.

2.2.6 Acuífero

Se denomina acuífero aquel estrato o formación geológica que permite la circulación del agua por sus poros o grietas (14).

Los acuíferos se pueden clasificar por su flujo, presión del agua, extensión y la continuidad de saturación.

2.2.6.1 Por el tipo de flujo

Acuíferos en medios porosos (flujos en medios porosos) y acuíferos en medios fracturados (flujo fisural) (7).

2.2.6.2 Por la presión del agua

Acuífero libre (no tiene capa confinante sobreyacente), acuífero semilibre (se presentan algunas capas confinantes), acuífero semiconfinado (tiene un acuitado como capa sobreyacente) y acuífero confinado (tiene dos capas confinantes, superior e inferior) (7).

2.2.6.3 Por la extensión y continuidad de saturación

Acuífero colgado y acuífero regional y principal (7).

2.2.7 Manantiales

Es la zona en la superficie del terreno en la cual brota agua en cantidades apreciables procedente de un acuífero o un embalse subterráneo; los manantiales son los desagües naturales por los cuales sale la infiltración o la recarga que reciben los acuíferos (13).

2.2.8 Factores que afectan la recarga hídrica

La oportunidad que tiene un acuífero de recargarse depende de las interacciones que se pueden suscitar entre: el tipo de suelos (textura del suelo), la formación geológica existente (tipo de acuífero), el tipo de vegetación existente (cobertura del suelo), la topografía (pendiente) y el clima (precipitación efectiva) (4).

No toda la infiltración alcanza la zona saturada (agua subterránea) pues en mayor o menor proporción una parte queda en la zona superior (agua edáfica) y vuelve a la atmósfera por los fenómenos de evapotranspiración. El volumen de agua que alcanza la zona saturada, a veces se denomina lluvia eficaz (4).

2.2.8.1 Factor clima

A. Precipitación

Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes, como agua, nieve y hielo. La precipitación constituye la entrada primordial del sistema hidrológico y es el factor principal que controla la hidrología de una región. El conocimiento de los comportamientos y patrones de la lluvia en el tiempo y en el espacio es esencial para entender procesos como la variación de la humedad del suelo, recarga de acuíferos y caudal en los ríos.

Durante un evento de precipitación dos aspectos condicionan la infiltración: La duración y la intensidad (14).

Una lluvia moderada de larga duración favorece la infiltración, las lluvias intensas saturan muy rápidamente el suelo, perdiéndose rápidamente en escorrentía superficial, por otra parte las lluvias intensas compactan el suelo y favorecen la erosión reduciendo la habilidad del suelo para absorber el agua, entonces para fines de infiltración es mejor que llueva constantemente y no unos pocos eventos de lluvia intensa (9).

B. 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 recargar al acuífero (15).

La precipitación efectiva se ve afectada principalmente por cuatro factores:

a. Intensidad de Precipitación

Al aumentar la intensidad de precipitación hasta el grado de rebasar la velocidad de infiltración del suelo, entonces el agua comienza a perderse por escurrimiento y no es aprovechada por el cultivo y/o acuífero (1).

b. La Velocidad de Infiltración en el suelo

Está íntimamente relacionada con la intensidad de precipitación y depende de las características físicas del suelo, tales como la textura, estructura, compactación y del contenido de humedad, pues al aumentar éste la cantidad de agua infiltrada disminuye.

c. Cobertura Vegetal

El follaje, fustes y tallos obstaculizan el escurrimiento por lo cual aumenta el tiempo de contacto suelo-agua y por consiguiente habrá mayor infiltración del agua de lluvia.

d. Topografía

Sobre una superficie plana el agua se infiltra, cosa que no ocurre en topografías accidentadas donde el agua comienza a escurrir hacia las partes bajas y planas (7).

C. Evapotranspiración

La evapotranspiración (ET) es la combinación de dos procesos: Evaporación y transpiración. La evaporación es el proceso físico mediante el cual el agua se convierte a su forma gaseosa. La evaporación del agua a la atmósfera ocurre en la superficie de ríos, lagos, suelos y vegetación. La transpiración es el proceso mediante el cual el agua fluye desde el suelo hacia la atmósfera a través del tejido de la planta, el término solo es aplicado correctamente a una determinada área cubierta de vegetación, cuando no exista vegetación, sólo podrá hablarse de evaporación. (6).

a. Evaporación

Es el resultado del proceso físico, por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando, directamente, a la atmósfera en forma de vapor. Todo tipo de agua en la superficie está expuesta a la evaporación (6).

b. Transpiración

Es el resultado del proceso físico – biológico, por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, a través del metabolismo de las plantas, y pasa a la atmósfera. En sentido amplio, en el concepto, se incluirá, también, el agua pérdida por la planta en forma (goteo

o exudación), que puede alcanzar valores relativamente importantes, especialmente cuando las condiciones ambientales para que se produzca la transpiración no son favorables. Asimismo debe de incluirse el agua que la planta incorpora a su estructura en el periodo de crecimiento (4).

2.2.8.2 Factor Suelo

A. Textura

En el estudio físico de un suelo interesan dos aspectos: La textura o proporción relativa en que se presentan los distintos materiales sólidos que lo componen (arena, limo y arcilla). Esta proporción se expresa en porcentaje del peso de materiales comprendidos en un intervalo de tamaños, respecto al peso de la muestra seca. La estructura, es la disposición relativa de estos materiales, en las condiciones naturales de un determinado suelo (18).

B. Densidad aparente

La densidad aparente es de vital importancia en el análisis del balance hídrico. Normalmente el material sólido que compone un suelo tiene una densidad real del orden de 2.5 gr/cc, pero el volumen que ocupa realmente en el terreno es mucho mayor y surge el concepto de densidad aparente, pues el volumen aumenta debido a la cantidad de poros del suelo, los cuales están llenos de aire o de agua (18).

C. Grado de saturación del suelo (contenido de humedad)

El componente líquido en el suelo es generalmente el agua, que al atravesar la superficie del terreno se distribuye dentro de él, quedando sometida a varias fuerzas, de cuya intensidad depende el menor o mayor grado de fijación al material sólido. También existe agua formando parte de la composición química de las rocas y agua en forma de vapor (9).

La capacidad de los suelos para retener el agua es una característica muy importante en el balance hídrico, mientras menor sea la capacidad de los suelos para retener el agua infiltrada, mayores serán las posibilidades de que esta agua pase a formar parte de la humedad de estratos inferiores, hasta alcanzar la zona saturada (acuíferos) (14).

D. Capacidad de campo:

Es el grado de humedad de una muestra que ha perdido su agua gravitacional. Este concepto es de gran importancia en agricultura pues, transcurrido un tiempo después de un riego o de una lluvia, queda en el terreno, parte de la cual podrá ser aprovechada por la vegetación para sus funciones biológicas (18).

E. Punto de marchitez permanente:

Es el grado de humedad de un suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que la fuerza de succión de las raíces es menor que la retención del agua por el terreno y en consecuencia las plantas no pueden extraerla. Al igual que la capacidad de campo es un concepto eminentemente agronómico, pero que juega un importante papel en los fenómenos como la evapotranspiración de indiscutible influencia sobre el ciclo hidrológico (18).

F. Capacidad de infiltración

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo en un determinado tiempo, atraviesa la superficie del terreno y ocupa parcial o totalmente los poros del suelo o las formaciones geológicas subyacentes, llegando hasta sus capas inferiores saturadas. Es decir alcanzando el nivel freático e incrementando el volumen acumulado (4).

2.2.8.3 Factores de cobertura vegetal**A. Profundidad radicular**

La profundidad radicular determina en gran parte la lámina de agua aprovechable para los cultivos. Depende del tipo de cultivo, condiciones del suelo y clima.

Para la mayoría de plantas, las raíces que absorben agua se encuentran dentro de los primeros 30 cm.

B. Intercepción vegetal

Gran cantidad de lluvia que cae durante la primera parte de una tormenta, es depositada en la cobertura vegetal como intercepción. Aún cuando el efecto de la cobertura no tiene mayor importancia en las avenidas más grandes, la intercepción debida a algunos tipos de vegetación puede representar una porción de lluvia considerable anual.

La capacidad de almacenamiento por intercepción es generalmente satisfecha en las primeras horas de una tormenta, de manera que un alto porcentaje de la lluvia durante las tormentas de corta duración es interceptada. Después que la vegetación esté saturada, la intercepción cesará a no ser porque una cantidad apreciable de agua puede evaporarse a partir de la enorme superficie mojada de la vegetación (13).

2.2.8.4 Factor Topografía

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 lento lo que dará un mayor tiempo para que esta se infiltre, caso contrario en condiciones accidentadas el agua cae y debido a la inclinación del terreno se desplaza a mayor velocidad pasando más rápido a formar parte del agua de escorrentía.

La pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial y, si son menos fuertes, retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración. En algunas áreas pareciera que las pendientes moderadas ofrecen condiciones mejores para infiltración que las enteramente planas. Estas últimas desarrollan a menudo suelos herméticos (14).

2.2.8.5 Factor Geológico

La disposición de los diferentes materiales geológicos pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica. Una cuenca cuyas características climáticas, de suelo y de cobertura vegetal favorezcan la infiltración de agua en el suelo, pero si existe una capa de material impermeable, no permitirá el paso del agua a mayor profundidad, y se generará un flujo sub-superficial que alimentará un río o cauce cercano o bien daría lugar a manantiales cercanos a la zona de recarga (14).

Los materiales geológicos con rocas metamórficas predominantes, se consideran materiales poco permeable por lo cual se ve reducida la capacidad de recarga de acuíferos profundos, a menos que estos materiales se encuentren fuertemente fracturados o meteorizados, materiales geológicos como aluviones, materiales volcánicos fracturados y calizas fracturadas, favorecen la infiltración y percolación del agua (14).

2.2.8.6 Escurrimiento

Se entiende por escurrimiento al flujo superficial, subsuperficial y al flujo subterráneo que proviene de la precipitación, los cuales son captados por los cauces de los ríos (12).

A. Componentes de la escorrentía.

El camino que sigue una gota de agua desde el momento en el cual alcanza la tierra hasta cuando llega al cauce de una corriente es incierto. Ya que se pueden dar tres situaciones principales:

a. Esorrentía superficial:

Comprende el exceso de la precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie de la tierra ó el volumen de agua que avanza sobre la superficie de la tierra hasta alcanzar un canal o dando lugar a la formación de barrancos, arroyos y ríos.

b. Esorrentía subsuperficial:

La porción de agua que se infiltra a través de la superficie de la tierra puede moverse lateralmente en las capas superiores del suelo hasta llegar al cauce de la corriente. Se mueve más lentamente que la esorrentía superficial y alcanza las corrientes posteriormente.

c. Esorrentía subterránea:

Se forma por infiltración del agua en el terreno y luego percola, formando los acuíferos, la cual circula por conductos, constituyendo ríos subterráneos. Parte de esta circulación aflora en fuentes y manantiales, los que también dan lugar a la formación de arroyos y ríos. Lo que viene a constituir el caudal base de los ríos (14).

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Descripción de la finca Lagunilla

2.3.2 Ubicación geográfica y política

La finca Lagunilla se encuentra en el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, encontrándose el casco en la Latitud Norte 14° 42' 01'' y Longitud Oeste 89° 57' 02'' coordenadas geográficas Datum WGS84.

Cuadro. 8 Ubicación geográfica de los principales mojones de la finca Lagunilla en coordenadas geográficas Datum WGS84.

Mojón	Latitud Norte	Longitud Oeste
El Mineral	14° 42' 25''	89° 55' 54''
La Brea	14° 43' 40''	89° 58' 20''
Chupagorrión	14° 42' 40''	89° 57' 48''
Terrerito	14° 41' 39''	89° 55' 49''
La Cuchilla	14° 41' 49''	89° 56' 56''

2.3.2.1 Área total y colindancias

La finca tiene un área total de 9,351,300 m², equivalentes a 935.13 hectáreas. Colinda al Norte con Finca Potrero Carrillo y Josefina del Valle; al Sur con los Hermanos Morán y Comunidad Güisiltepeque y al Oeste con Faustino Ramírez y Hermanos Jiménez.

2.3.2.2 Vías de Acceso y Comunicación

De la Ciudad de Guatemala se toma la Ruta al Atlántico CA-9, 61 km hasta llegar a Sanarate, en donde se siguen 42 km por la ruta que dirige hacia el departamento de Jalapa, al llegar a centro de Jalapa se toma el camino (terracería) que dirige a la aldea Llano La Puerta que colinda con Finca Lagunilla. Ver Fig. 7. Mapa de Ubicación de la Finca (pag 51).

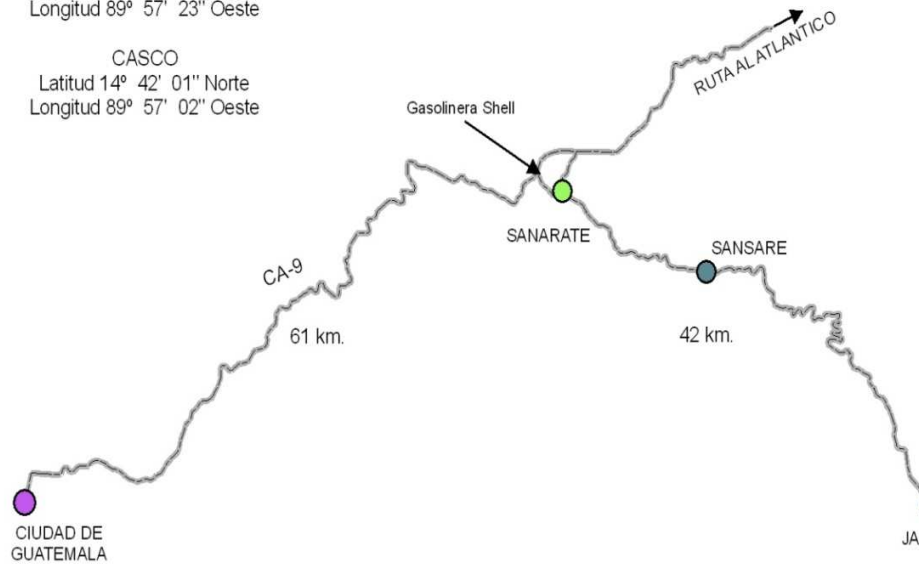
La finca cuenta internamente con 38 km. de caminos primarios y 18 km. de caminos secundarios, en buenas condiciones, y cuentan con comunicación por radios.

UBICACIÓN DE LA FINCA LAGUNILLA, ALDEA SAN JOSE, JALAPA.

COORDENADAS GEOGRAFICAS
WGS-84

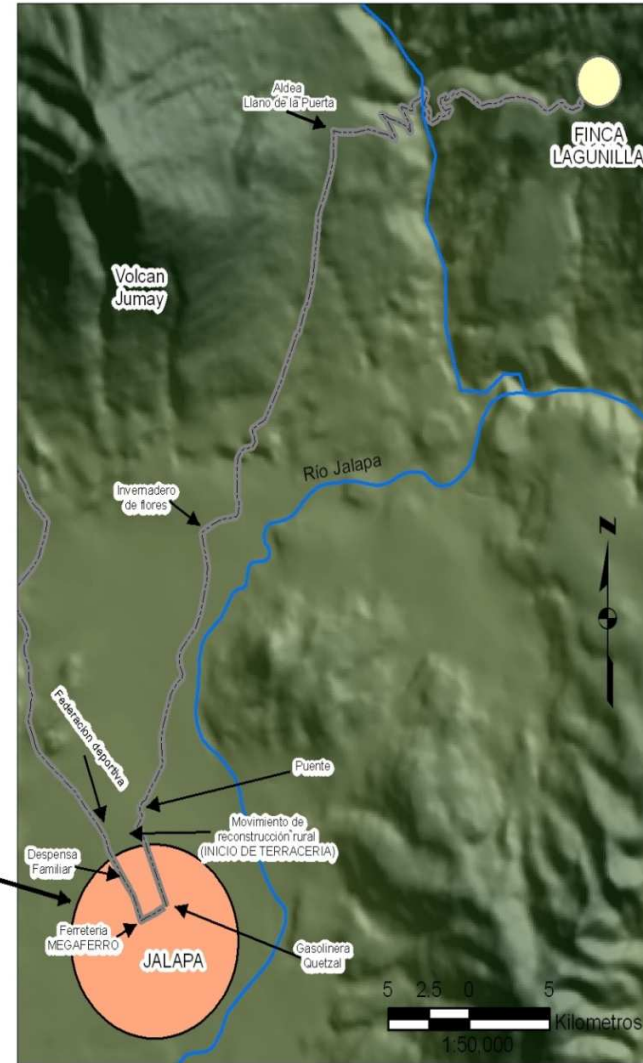
AREA PARA HELIPUERTO
Latitud 14° 41' 48" Norte
Longitud 89° 57' 23" Oeste

CASCO
Latitud 14° 42' 01" Norte
Longitud 89° 57' 02" Oeste



INDICACIONES PARA LLEGAR (Vehículo 4WD):

Al entrar al boulevard de Jalapa provenientes de Sanarate, se encuentra la federación deportiva y la Despensa Familiar, al llegar a la ferretería MEGAFERRO cruzar en frente a mano izquierda luego al tope nuevamente a mano izquierda. Se pasara por el Movimiento de reconstrucción rural iniciando en este punto la terracería, luego un puente y a mano izquierda se vera el aeropuerto. Al pasar otra quebrada hasta llegar al cruce del invernadero de flores, tomando la derecha se sigue la malla e inicia el asenso al lado del Jumay. Al llegar a la aldea Llano de la puerta (Ver rotulos) se cruza a mano derecha pasando una puerta de madera luego a 800 metros una puerta de metal roja e inicia el descenso pasando dos quebradas, luego se llega a la finca donde hay una puerta de madera y garita. El tiempo aproximado de Jalapa a la finca es de 40 minutos y de Guatemala a Jalapa 2 horas.



Encargado de la finca: Ángel Rodas 5528-7204
Encargado de seguridad Luís Aguilar 55287206

Figura. 9 Mapa de Ubicación de La Finca Lagunilla, Jalapa.

2.3.2.3 Características Biofísicas

A. Clima

De acuerdo al Atlas Nacional de Guatemala, el área se define como B'b'Cⁱ_o, esto basado en el sistema de clasificación de Thornthwaite, que se expresa como un clima semicálido con invierno seco pero benigno.

Cuadro. 9 Clasificación climática de la finca Lagunilla

Símbolo	Jerarquía de temperatura	Tipo de variación de la temperatura	Jerarquías de humedad	Tipo de distribución de la lluvia
B' b' C ⁱ _o	Semicálido	Con invierno benigno	Semiseco	Con invierno seco, con otoño seco

Fuente: Instituto Geográfico Nacional. 1966. Atlas Nacional de Guatemala

La temperatura promedio en la zona es de 20.8 °C, oscilando en un mínimo de 18.7 °C y una máxima de 21.9 °C. La precipitación promedio anual es de 1,450 mm distribuidos en los meses de Mayo a Octubre.

B. Zona de Vida

La zona de vida que se encuentra en la finca es la de Bosque Húmedo Subtropical templado bh-S(t). Esta zona de vida es muy extensa y posee muchas asociaciones diferentes. Abarca desde Joyabaj, Quiché en el Noroeste de Guatemala pasando por San Raymundo, hasta llegar a la meseta central; luego sigue para el Sureste por Casillas, Nueva Santa Rosa y Santa Rosa de Lima en el departamento de Santa Rosa. Abarca la mitad del departamento de Jutiapa. Se encuentra esta Zona en Jalapa y en Chiquimula. La superficie total es de 12,320 Kilómetros cuadrados, lo que representa un 11.32 % de la superficie del país. Las especies indicadoras de esta zona son *Pinus oocarpa*, *Curatella americana*, *Quercus spp.*, *Byrsonima crassifolia*

C. Fisiografía y Relieve

La finca se encuentra dentro de la clasificación de Tierras Altas Volcánicas, en donde las erupciones volcánicas lanzaron gran cantidad de material de tipo basalto y riolitas, las cuales cubrieron las formaciones de tierra preexistentes; y formaron un complejo montañoso fallido y plegado por las tensiones locales. La finca tiene una altitud promedio de 1,700 msnm, ubicada la menor (1,450 msnm) al Sur de la propiedad en el mojón Torrерito y la mayor altura en el mojón La Brea (1,920 msnm). En el cuadro 11, se muestra la clasificación de las pendientes y el área en hectáreas y en porcentajes.

Cuadro. 10 Clasificación Fisiográfica de la finca Lagunilla

Región Fisiográfica	Gran Paisaje	Paisaje	Elementos
Tierras Altas Volcánicas	Complejo Montañoso del Jumay	Cerros y conos volcánicos	Planicie intercolinares
		Planicie de las Montañas Volcánicas Orientales	Mesetas Colinares
			Quebradas
			Ladera

Debido a sus características fisiográficas la topografía de la finca es irregular contando en su mayoría con pendientes mayores del 26 %, a continuación se presenta en el cuadro 7 los rangos de pendientes, el área que abarcan y su porcentaje en relación a su extensión de área total.

Cuadro. 11 Pendiente en porcentaje de la Finca Lagunilla.

Pendientes %	Área (has)	Área %
< 12	161.99	17
12-26	89.82	10
26-36	256.50	27
36-55	226.05	24
> 55	200.79	21
TOTAL	935.13	100

Los rangos de pendientes del cuadro anterior se clasificaron en base a la matriz de tierras altas volcánicas (INAB, 2,000).

D. Suelo

La finca posee tres tipos de suelos según Simmons: Las series Marajuma, Pinula y Chixocol. (Ver Mapa pag. 80).

Serie Marajuma: Estos suelos son profundos, bien drenados, desarrollados sobre esquistos, en un clima húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas, en la parte central de Guatemala.

Perfil del suelo: Marajuma franco limoso

- a. En las áreas vírgenes existe en la superficie una capa de materia orgánica que consiste de ramitas y hojas recién caídas, que están descompuestas o parcialmente descompuestas. En algunos lugares esta capa alcanza un espesor de 10 cm, siendo el promedio de 5 cm.
- b. El suelo superficial, a una profundidad alrededor de 5 cm, es franco limoso, micáceo y friable, de color café oscuro. La estructura es granular fina. La reacción es mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0
- c. El subsuelo, a una profundidad de unos 50 cm, es franco limoso micáceo y friable, de color café rojizo claro o amarillo rojizo. La estructura es cúbica poco desarrollada, teniendo los agregados alrededor de 2 mm. de arista. La reacción es medianamente ácida, pH 5.5 a 6.0
- d. El subsuelo más profundo, a una profundidad alrededor de un metro, es arcilla micácea friable, de color café rojizo claro o amarillo rojizo. La estructura es cúbica fina, teniendo los agregados de 2 a 3 mm. de arista. La reacción es de fuerte a medianamente ácida, pH alrededor de 5.5.
- e. El substrato es esquisto micáceo descompuesto y suave.

Ocupan relieves escarpados, siendo la inclinación mayor de 60% en muchas partes. Están desarrollados sobre esquisto que tiene un contenido variable de mica.

Serie Pínula: Los suelos son profundos, bien drenados, desarrollados sobre toba volcánica en un clima seco o húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas y superiores en el sureste de Guatemala. La vegetación natural consiste de encino y pino, aunque la mayor parte del área ha sido limpiada y cultivada (19).

Perfil del suelo: Pinula franco limoso gravoso

- a. El suelo superficial, a una profundidad alrededor de 25 cm, es franco limoso café a café oscuro. El contenido de materia orgánica es alrededor del 5 al 10%. La estructura es granular. La masa está compuesta del 20 al 40% de grava, que consiste de fragmentos de toba o andesita. La reacción es de fuerte a medianamente ácida, pH alrededor de 5.5.
- b. El subsuelo, a una profundidad alrededor de 60 cm, es franco arcillo arenoso gravoso o arcilla, de color café claro. La estructura es cúbica poco desarrollada. La reacción es de fuerte a medianamente ácida, pH alrededor de 5.5.
- c. El subsuelo más profundo, a una profundidad alrededor de 100 cm, es franco arcillo arenoso masivo café claro. Carece de estructura. Está en una zona de intemperización y el espesor varía de 10 a más de 50 cm. La reacción es de fuerte a medianamente ácida, pH alrededor de 5.5.
- d. El substrato es toba o brecha de toba dura y de color claro.

Ocupan declives bastante inclinados, en casi todos los lugares mayor del 30% de inclinación, a elevaciones entre 1,200 y 2,100 msnm.

Serie Chixocol: son suelos poco profundos, mal drenados desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea cementada, en un clima moderadamente templado, húmedo-sec. Ocupan un relieve casi plano en los valles intramontañosos (19).

Perfil del suelo: Chixocol franco limoso

- a. El suelo superficial, a una profundidad cerca de 10 o 15 centímetros es franco limoso, friable, de color, gris oscuro o café grisáceo y esta moteado con café de de oxido ferrico, la estructura es cubica poco desarrollada a laminar, ph alrededor de 6.
- b. El suelo superficial, a una profundidad cerca de 25 cm, es franco arenoso fino a franco arenoso muy fino, débilmente cementado de color gris y tiene unas concreciones oscuras de forma irregular. No exhibe ninguna estructura, con ph de 5.
- c. El subsuelo, a una profundidad de 45 cm, es arcilla o franco arcilloso, de color café grisáceo que es muy duro cuando esta seco. La estructura es columnar, ph alrededor de 5.
- d. El substrato es ceniza volcánica blanca de grano fino, firmemente cementada a una profundidad cerca de 80 cm, ph de 6.

Ocupan terrenos casi planos en bolsones y en depresiones intramontañosas, se encuentra en elevaciones entre 1,200 y 2,000 msnm (19).

E. Geología

El material geológico se conforma de rocas sedimentarias y volcánicas del período cuaternario, que incluye coladas de lava, material lahárico y tovas volcánicas. La propiedad colinda con las faldas del volcán Jumay, el cual permanece inactivo, y que posee una altura de 2,176 msnm.

2.3.2.4 Características Físico-mecánicas

La profundidad promedio de los suelos es de 25 cm con texturas en su mayoría Franco arcillosa y un contenido alto de materia orgánica, en el cuadro 8 se presentan datos de textura del suelo, contenido de materia orgánica y ph. (1).

Cuadro. 12 Características del suelo.

Elementos del paisaje	pH	Prof. (cm)	Textura	M. Orgánica
Planicie intercolinares	Ácidos	25	Franco arcillosa	Alta
Mesetas colinares	Neutros	20	Franco arcillosa	Media
Quebradas	Neutro	30	Franco Arenoso	Excesiva
Ladera	Ácidos	Poca	Arenosa	Poca

2.3.2.5 Hidrología

En la finca se forman tres quebradas que alimentan a la Quebrada La Martina, y la cual desemboca en el Río Jalapa, siendo este un afluente del Río Motagua que desemboca en el Golfo de Honduras.

La Quebrada La Lagunilla se forma de las quebradas Las Vigas, Cuchilla Alta y Cuchilla Baja; la Quebrada Seca mantiene un pequeño caudal, únicamente en época de lluvia; la Quebrada Chupagorrión la forman las Quebradas El Maestrillo y La Brea, éstas mantienen un caudal pequeño durante todo el año.

2.3.2.6 Vegetación

A. Bosque

En la vegetación predominante de la finca destacan los géneros *Pinus* y *Quercus*. Para el género *Pinus* se encuentran tres especies *P. oocarpa*, *P. maximinoii* y *P. tecunumanni*; para el caso del *Quercus* se encuentran cinco especies; *Q. tristis*, *Q. aata*, *Q. polymorpha*, *Q. crispifolia* y *Quercus* sp. La dominancia del *Pinus oocarpa* en la composición del bosque es significativa, ya que este se desarrolla en quebradas donde existen los mejores suelos y altos niveles de humedad y es por esto, que logra diámetros entre 50 a 60 cm y alturas promedio de 35 metros (1).

La finca es manejada en diferentes sectores que se dividen en rodales, en total Lagunilla posee 75 rodales, lo cual permite un ordenamiento en su aprovechamiento forestal (1).

Cuadro. 13 Resumen del Inventario Forestal finca Lagunilla 2008 (1).

Rodales	Área (Ha)	Volumen Pino (m³)	Volumen Encino (m³)
Protección	139.60	8,181.28	2,937.78
Regeneración	55.55	989.03	90.50
Plantación	83.66	2,707.50	265.00
Bosque	324.60	18,641.25	7,693.35
Totales	603.41 has.	30,519.06 m³	10,986.63 m³

B. Sotobosque

El sotobosque se desarrolla con limitantes del factor luz, el sotobosque se compone de especies arbustivas y herbáceas que crecen bajo las especies dominantes (*Pinos y Quercus*)

Cuadro. 14 Especies en el sotobosque.

Nombre Común	Nombre Científico
Jarrito	<i>Androsace septentrionalis</i>
Hoja de Queso	<i>Senecio petasioides</i>
Chispa	<i>Pteridium aquinilinum var. latiusculum</i>
Mora	<i>Rubus sp., Morus nigra</i>
Uña de Gato	<i>Zanthoxylum fagara</i>
Zarza	<i>Rubus idacus</i>
Madroño o madrón	<i>Arbutus xalapiensis</i>
Orozus silvestre	<i>Glycyrrhiza lepidota</i>

2.3.2.7 Uso Actual

La finca Lagunilla es una finca forestal, es por esto que el 52.03% de su área está dedicado al manejo del bosque, el 39.70% es de plantaciones forestales de *Pinus Ocarpa* y el 6.60% está destinado a regeneración natural de pino y encino. A continuación se presenta el cuadro resumen del uso actual de la tierra de la finca Lagunilla. (1).

Cuadro. 15 Uso Actual de la tierra.

Uso	Área (Ha)	Porcentaje %
Infraestructura	15.61	1.67
Bosque	487.93	52.03
Plantaciones Forestales (Pino)	371.65	39.70
Regeneración natural	61.84	6.60
Total	935.13	100

Según la matriz para determinar la capacidad de uso de la tierra de la región de Tierras Altas Volcánicas, basado en la metodología del Instituto Nacional de Bosques –INAB-, la finca Lagunilla tiene una Capacidad de uso dividida en cinco categorías (1).

Cuadro. 16 Capacidad de uso de la tierra para la finca Lagunilla.

Categoría	Área (has)	Porcentaje (%)
Agricultura sin limitaciones	293.54	16.56
Agroforestería con cultivos anuales	86.81	15.06
Agroforestería con cultivos permanentes	14.20	51.55
Sistemas silvopastoriles	410.01	12.68
Tierra forestales de producción	130.57	4.14
Total	935.13	100

2.3.2.8 Demografía

La finca no cuenta con poblados en su interior, pero colinda con los poblados Llano de la Puerta, El Mojon, San Antonio, La Lagunilla o Potrero del Burro, Güisiltepeque; A continuación se detallan el número de habitantes por poblado.

Cuadro. 17 Población de las aldeas aledañas a la finca Lagunilla.

Poblado	Habitantes
Llano de la Puerta	228
San Antonio	420
El Mojon	223
La Lagunilla	1,874
Güsiltepeque	1,129
TOTAL	4,429

Fuente: XI Censo de Población, VI de Habitación 2002.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo general

- Determinar las principales zonas de recarga hídrica potencial de la finca Lagunilla.

2.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el balance hídrico de suelos de la finca Lagunilla.
- Estimar la recarga hídrica potencial de la finca Lagunilla.
- Zonificar las áreas de recarga hídrica potencial y críticas de la finca Lagunilla.
- Mapear las corrientes permanentes y nacimientos que se encuentran dentro de la finca.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 FASE DE GABINETE INICIAL

2.5.1.1 Recopilación de información básica

Se recopiló la información existente sobre recursos naturales del área, informes de vegetación, suelo, recursos hídricos, caracterizaciones, estudios relacionados realizados con anterioridad (geología, hidrología de superficie y aguas subterráneas).

Además, se adquirieron mapas topográficos a escala 1:50,000 del área de estudio, así como mapas geológicos.

Se consultaron mapas temáticos como el mapa de series de suelos a nivel de reconocimiento de Simmons, mapas de zonas de vida, mapa de cuencas hidrográficas.

2.5.1.2 Identificación y levantado (mapeo) de áreas de recarga hídrica

Se elaboraron los mapas de suelos de la finca; para esto se utilizó la capa de serie de suelos de Charles Simmons digitalizada por el INAB. Mediante la utilización de un sistema de información geográfico se realizó la agrupación de estas áreas con similares características de suelos lo que vino a constituir la primera capa de análisis para la generación de las unidades de mapeo.

Para la generación de un segundo grado de análisis, se utilizó la capa de geología digitalizada por el INAB del Atlas temático de Guatemala a nivel de reconocimiento. Esta segunda capa, combinada con la primera, nos permitió ir definiendo las unidades de mapeo que tengan en común un mismo tipo de suelos, pero diferente material geológico.

La tercera capa de análisis, está constituida por el mapa de cobertura vegetal del área de estudio, obtenido del mapa de uso de finca elaborado por Aragón (2008). Posteriormente, se definieron las unidades de mapeo, para lo cual se realizó la unión de las capas (serie de suelos, geología y cobertura) constituyendo cada uno de ellos una capa de análisis. Para el

efecto, se utilizó el programa Arcgis 9.3, por la facilidad de análisis al momento de tener áreas con alto grado de variabilidad.

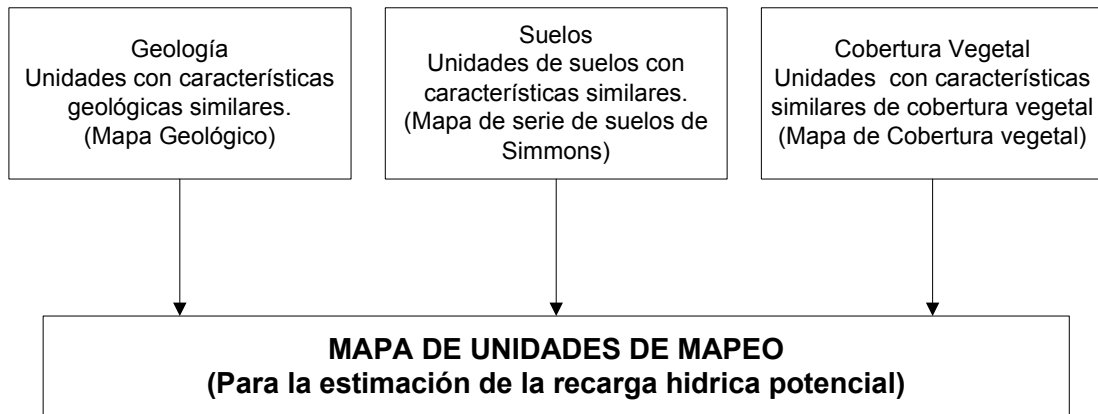


Figura. 10 Síntesis del desarrollo para la obtención de unidades de mapeo para el estudio de la estimación de áreas de recarga hídrica potencial.

Como resultado se obtuvieron unidades de mapeo en las que se consideran los efectos de cada una de las capas descritas, viniendo a constituir el mapa de unidades de mapeo de la finca para el estudio de recarga hídrica.

Cuando alguna de las características (suelos, geología y uso actual), no presentó suficiente variabilidad en el área de estudio, de tal manera que no aportó mayor información para la determinación de las unidades, se descartó.

La definición de unidades de mapeo no fue un proceso rígido, debido a que las unidades resultantes que no tuvieron representatividad debido a su escasa área en relación al área total, fueron absorbidas por la unidad de mapeo cercana y de mayor extensión, para ser analizada en conjunto.

2.5.2 FASE DE CAMPO

Básicamente se generó la información necesaria para poder llevar a cabo el balance hídrico de suelos involucrando los aspectos suelos, clima y cobertura vegetal.

2.5.2.1 Verificación en campo de mapas preliminares

Se comprobaron los límites de los mapas temáticos principalmente el mapa de cobertura vegetal para esto se utilizó un GPS Navegador.

La comprobación de los mapas se realizó por medio de un caminamiento en toda el área tomando puntos estratégicos de los linderos reales de cobertura y posteriormente analizándolos en el mapa preliminar ya generado en la fase de gabinete inicial haciendo las correcciones necesarias con los datos de campo.

2.5.2.2 Recopilación de información climática

Se localizaron las estaciones meteorológicas cercanas a la finca, tabulando principalmente los datos medios mensuales de precipitación pluvial, temperatura, humedad relativa, evaporación de tanque y brillo solar, dependiendo de la categoría de la estación meteorológica. Se estableció la localización exacta y la altitud de las estaciones con la finalidad de realizar los análisis respectivos de la información.

2.5.2.3 Determinación de la evapotranspiración potencial

Se tabularon los registros de temperatura máxima, mínima y media, por estación de forma diaria y mensual. Posteriormente, se calculó la evapotranspiración mensual por el método de Hargreaves, diseñado para la región centroamericana. Este método se basa en las ecuaciones siguientes:

$$ETP = 0.0075 \times TMF \times RSM = \text{mm/mes}$$

$$TMF = 1.8 \times TMC + 32$$

$$RSM = 0.075 \times RMM \times S^{1/2} \quad \mathbf{S = (S_d/24) \times 100}$$

$$RMM = RS \times \text{No. días del mes}$$

donde:

TMF = Temperatura media mensual (°F)

TMC = Temperatura media mensual (°C)

RSM = Radiación solar incidente mensual

RMM = Radiación mensual extraterrestre (mm/mes)

RS = Radiación solar extraterrestre (mm/día), (dato de tabla).

S = Brillo solar mensual en %

S_d = Duración máxima media diaria de horas de brillo solar, (dato de tabla).

La evapotranspiración media mensual por unidad de muestreo se obtiene trazando isopletras para cada mes del año.

2.5.2.4 Pruebas de infiltración

Se realizaron pruebas de infiltración para cada una de las distintas unidades de mapeo definidas, con el fin de determinar la capacidad de infiltración de cada una de ellas. Para las pruebas de infiltración se utilizó el **Método de Porchet o cilindro invertido** este método se considera preciso y versátil en el campo, es conocido también como el de cilindro excavado en el suelo o cilindro invertido. Consistió en excavar en el suelo un agujero cilíndrico de radio R, el cual se llenó de agua hasta una altura conocida "h", en el cual se midió un cambio en el tiempo (dt) para suponer la capacidad de infiltración (f) en ese intervalo como constante.

$$f = (R/2(t_2 - t_1)) * \ln ((2h_1 + R)/(2h_2 + R))$$

Por lo tanto, para determinar f, bastó con medir pares de valores (h₁, t₁), (h₂, t₂), de forma que t₂ y t₁ no difieran demasiado y entrar con ellos en la expresión dada.

El procedimiento para la realización de la prueba consistió en limpiar el área, hacer el agujero, agregar agua en él hasta alcanzar humedad cercana al punto de saturación del suelo, luego colocando nivel de referencia para la toma de las profundidades, se aplica agua y se toman los datos h y t, a intervalos pequeños.

Las boletas de campo de las pruebas de infiltración están contenidas en los anexos del estudio.

2.5.2.5 Determinación de grados de humedad y densidad aparente

Para este aspecto, se tomaron muestras de suelos en los mismos puntos donde se efectuaron las pruebas de infiltración. Dicha muestra está constituida por el material extraído del agujero de la prueba de infiltración y en una cantidad de 0.5 kilogramos aproximadamente. Esta muestra, se llevó al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía (FAUSAC) en donde se le realizó análisis de partículas primarias del suelo, densidad aparente y grados de humedad del suelo (Capacidad de campo y Punto de marchitez permanente).

De esta manera, fue posible estimar la cantidad de agua de precipitación pluvial, que luego de infiltrarse en el suelo se percola por fuerzas gravitacionales a estratos más profundos. El agua que se percola de esta forma es la que recarga los acuíferos.

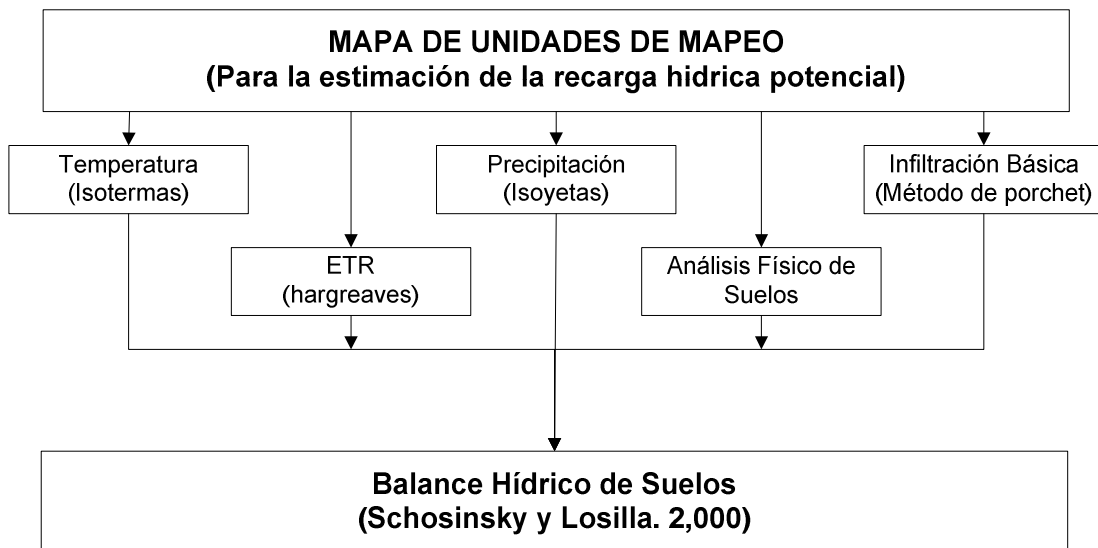


Figura. 11 Flujograma del proceso que se utilizó para la elaboración del balance hídrico de suelos.

2.5.3 FASE DE GABINETE FINAL

2.5.3.1 Balance hídrico de suelos

Consistió básicamente en el análisis de la información recopilada en la fase de gabinete inicial y generada en la fase de campo en la que se determinó el volumen total de la recarga hídrica potencial que se da en la finca, considerando los siguientes aspectos;

2.5.3.2 Determinación de la precipitación efectiva

La determinación de la precipitación efectiva se hizo en base a registros de precipitación obtenidos en las tres estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio. Con los datos de los registros de precipitación se estableció un valor de precipitación media anual, mientras que su área de variación en el espacio se estimó a través de Isoyetas.

Desde el punto de vista de recarga a los acuíferos, la **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 o para recargar al acuífero.

Existen varios factores que intervienen en la determinación de la precipitación efectiva, entre ellos se mencionan principalmente los siguientes; Intensidad de la precipitación, la velocidad de la intensidad de infiltración en el suelo, la cobertura vegetal y la topografía. A partir de estos factores existen diversos métodos para calcular la precipitación efectiva.

2.5.3.3 Obtención del valor de precipitación efectiva

Para determinar la precipitación efectiva, se utilizó el método desarrollado por Schosinsky & Losilla (2000). El método se basa en la utilización de una ecuación resultante de correlación estadística en análisis de bandas de pluviógrafo. Considera la velocidad de infiltración del suelo como el factor principal que condiciona la cantidad de precipitación pluvial que puede infiltrarse. Esta depende básicamente de las características físicas del suelo como lo son la textura, estructura, compactación y contenido de humedad, las que se consideran independientes de la localidad en la que se encuentre dicho suelo.

El método considera tres aspectos: i) Relación entre la infiltración de agua en el suelo y la intensidad de lluvia (K_{fc}) (fracción que infiltra por efecto de textura del suelo, ii) Factor de pendiente del terreno (K_p) (fracción que infiltra por efecto de pendiente) y iii) Factor de cobertura vegetal (K_v) (fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal). La suma de cada uno de los factores indica el valor de coeficiente de infiltración para el respectivo suelo e indica la capacidad del mismo a permitir la infiltración dentro de él. Adicionalmente, se considera la cantidad de agua de lluvia que retiene la vegetación a través de sus hojas y que se evapora sin llegar al suelo y por consiguiente no se infiltra.

2.5.3.4 Relación infiltración de agua en suelos y la intensidad de lluvia (K_{fc})

La ecuación que relaciona la capacidad de infiltración de agua en el suelo (infiltración básica – f_c -) con la intensidad de lluvia generada por Schosinsky & Losilla (2000) es la siguiente:

$$K_{fc} = 0.267 \times \ln(fc) - 0.000154 \times (fc) - 0.723$$

Donde:

K_{fc} = Factor infiltración de agua en el suelo e intensidad de lluvia (adimensional)

fc = Valor de infiltración básica en mm/h. \ln = Logaritmo natural.

2.5.3.5 Factor de pendiente del terreno (K_p)

Los valores de este factor van ligados a los grados de pendiente debido a la influencia de esta con la escorrentía, los niveles propuestos por Schosinsky & Losilla (2000) se presentan en el cuadro 14.

Cuadro. 18 Valores de coeficientes (K_p) según niveles de pendientes.

Valor de pendiente	Coficiente (K_p) propuesto
Muy plana (0.02-0.06%)	0.30
Plana (0.3-0.4%)	0.20
Algo plana (1-2%)	0.15
Promedio (2-7%)	0.10
Fuerte (>7%)	0.06

2.5.3.6 Factor de cobertura vegetal del terreno (K_v)

En este factor y dependiendo de la cobertura vegetal del terreno, los valores que se asignan según el método propuesto por Schosinsky & Losilla (2000), se presentan en cuadro 15.

Cuadro. 19 Valores de coeficientes (K_v) según tipo de cobertura vegetal.

Tipo de cobertura vegetal	Coficiente (K_v) propuesto
Zacate (< 50%)	0.09
Terrenos cultivados	0.10
Con pastizales	0.18
Bosques	0.20
Zacate (>75%)	0.21

2.5.3.7 Ecuación de precipitación efectiva

La ecuación de precipitación efectiva, según Schosinsky & Losilla (2000) es la siguiente:

$$P_{ef} = (1 - K_i) \times C_i \times P$$

Donde:

P_{ef} = Precipitación efectiva (precipitación que infiltra mm/mes).

K_i = Valor de retención vegetal (hojas). Para áreas con bosque, la retención es de 0.20, para cultivos en general 0.12 y para techos de casas, caminos y áreas construidas es de 0.1 a 0.05

C_i = Coeficiente de infiltración ($K_{fc} + K_p + K_v$)

P = Precipitación mensual mm/mes (Dato meteorológico).

2.5.3.8 Cálculo de balance hídrico de suelos

Los cálculos de recarga se realizaron en una hoja de cálculo del programa Excel, en la cual se introdujeron las variables de características físicas del suelo (capacidad de infiltración, densidad aparente), grados de humedad (capacidad de campo y punto de marchitez permanente) y clima (precipitación y evapotranspiración). Con esta información se estimó la recarga potencial de la unidad en lámina de agua.

2.5.3.9 Elaboración de mapa de recarga hídrica

Como resultado final se elaboró un mapa de la finca que contiene los valores de recarga anual (lámina de agua) determinados de cada una de las áreas de mapeo identificadas y analizadas. Se realizaron agrupamientos de áreas con recargas similares.

2.5.3.10 Determinación de áreas críticas de recarga hídrica

Posterior a la determinación de la recarga hídrica natural de cada una de las unidades de mapeo, se identificó aquellas áreas que por sus aportes en láminas de recarga potencial, constituyan áreas principales de recarga hídrica natural, y dentro de estas, aquellas que por sus características específicas, se consideren susceptibles a disminuir su potencial de recarga al ser sometidas a un manejo contrario a su capacidad. A estas áreas se les denominó áreas críticas.

Estas áreas críticas deberán ser objeto de un manejo especial que permita mantener y/o mejorar sus características. Las áreas críticas se reconocieron considerando básicamente condiciones específicas de los siguientes aspectos:

1. Geología
2. Infiltración básica
3. Recarga anual (lamina anual)
4. Pendiente

Basados en la metodología de establecimiento de áreas críticas de recarga a acuíferos (Cook, 2000), para cada uno de estos aspectos se utilizaron criterios o categorías a las cuales se les asignó un código o valor específico.

Las áreas fueron evaluadas en cada uno de los aspectos y luego la sumatoria de todos los códigos dio como resultado la categoría en la cual se ubicó dicha área.

2.5.3.11 Criterios para determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural

A. Geología

Los códigos son asignados con base a las características del material geológico en función de su permeabilidad; así tenemos, que las rocas ígneas o metamórficas no fracturadas poseen permeabilidades bajas lo cual dificulta la recarga a los acuíferos; las rocas fracturadas (ígneas o metamórficas) permiten mejor circulación de agua y por lo tanto tiene mejor permeabilidad favoreciendo la recarga profunda; las arenas finas, basaltos y karst, poseen debido a su granulometría gran cantidad de poros, a través de los cuales circula el agua facilitando la recarga; por último las gravas y arenas gruesas poseen poros de gran tamaño a través de los cuales circula el agua con gran facilidad y se consideran medios adecuados para la recarga hídrica a los acuíferos. A continuación se presentan las puntuaciones que tiene cada material geológico en función de su capacidad de permitir la infiltración.

Cuadro. 20 Matriz de criterios de geología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).

Geología	Código
Rocas ígneas o metamórficas no fracturadas	0
Rocas ígneas o metamórficas fracturadas	1
Arenas finas, basaltos permeables, karst	2
Arenas gruesas y gravas	3

B. Infiltración Básica

La tasa de infiltración tiene influencia en la velocidad con la cual el agua penetra en las primeras capas del suelo, mientras mayor sea esa tasa de infiltración mayor será la oportunidad de las precipitaciones de infiltrar en el perfil del suelo. Los valores más bajos de tasas de infiltración son para suelos de granulometría fina (arcillosos), los cuales causan mayor escorrentía al momento de intensidades de lluvia altas. Mientras que los suelos con alto contenido de arenas gruesas y gravas tienen tasas de infiltración altas, lo cual favorece la infiltración.

A continuación se presenta la ponderación en base a los niveles de infiltración básica.

Cuadro. 21 Matriz de criterios de infiltración básica para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).

Tasa de Infiltración Básica (cm/hr)	Código
< 0.15	0
0.15 – 1.5	1
>1.5 – 15	2
>15	3

C. Recarga hídrica potencial

La recarga hídrica potencial es quizá el criterio o factor con más importancia en la determinación de áreas críticas ya que en cierto grado los demás factores dependen de la cantidad de recarga hídrica potencial del área. El valor de recarga hídrica potencial proviene

como resultado del balance hídrico. A continuación se presenta la ponderación en base a los niveles de recarga hídrica potencial anual en mm/año.

Cuadro. 22 Matriz de criterios de recarga anual para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado)

Recarga H. P. anual (mm/año)	Código
0 – 50	0
50 – 100	1
100 – 150	2
150 – 200	3
>200	4

D. Pendiente

La pendiente es un factor importante pues es determinante al momento de la escorrentía y sus efectos al suelo. Los suelos con relieves más planos no favorecen la escorrentía del agua y permiten un mayor tiempo de contacto del agua con el suelo favoreciendo la infiltración, mientras que suelos de altas pendientes aumentan la velocidad de la escorrentía; por lo tanto, se consideran críticas las áreas que tienen altas pendientes por el grado de degradación que pueden causar y la alteración de las condiciones actuales de recarga de estas áreas.

A continuación se presentan los niveles de pendientes y su ponderación utilizados.

Cuadro. 23 Matriz de criterios de pendiente para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).

Pendiente (%)	Código
0 – 12	0
12 – 26	1
26 – 36	2
36 – 55	3
> 55	4

Finalmente, la sumatoria de los valores asignados en cada uno de los criterios mencionados y en cada una de las unidades de mapeo evaluadas, nos permite definir si estas son consideradas o no como áreas críticas de recarga hídrica natural.

Cuadro. 24 Criterios de susceptibilidad de áreas a ser consideradas áreas críticas de recarga hídrica natural (Cook, 2000 modificado).

Categoría	Rango (Σ de factores)
Baja	0 – 5
Moderada	6 – 9
Alto	10 – 12
Muy alta	13 – 14

En base a estos criterios se pudo determinar el grado de susceptibilidad de las zonas o áreas de mapeo a la disminución de su capacidad de recarga hídrica potencial.

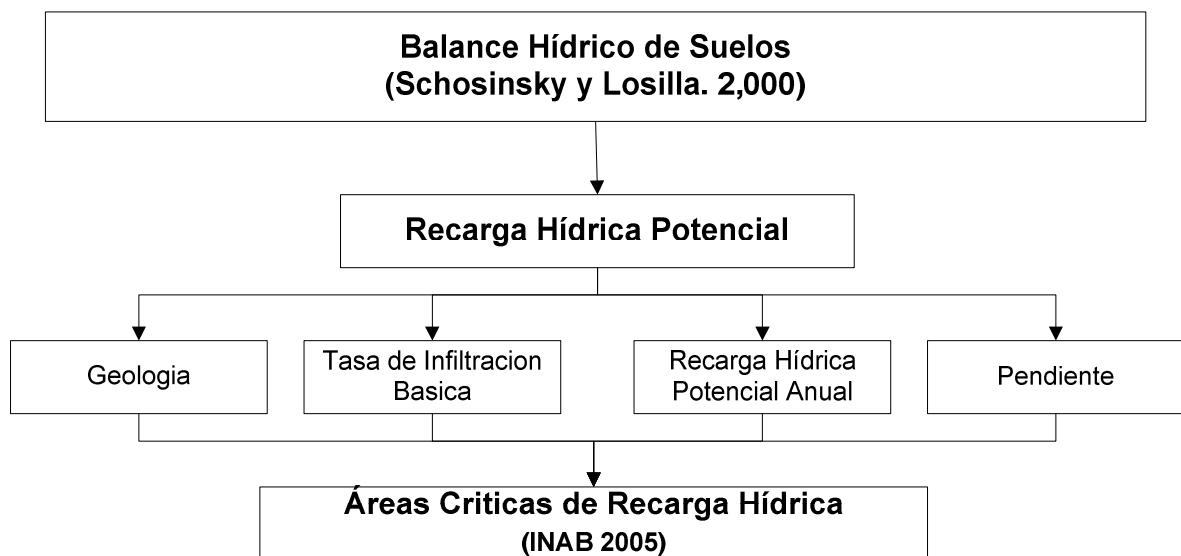


Figura. 12 Flujograma de la etapa de obtención de las áreas críticas de recarga hídrica.

2.5.4 FLUJOGRAMA DE LA METODOLOGÍA

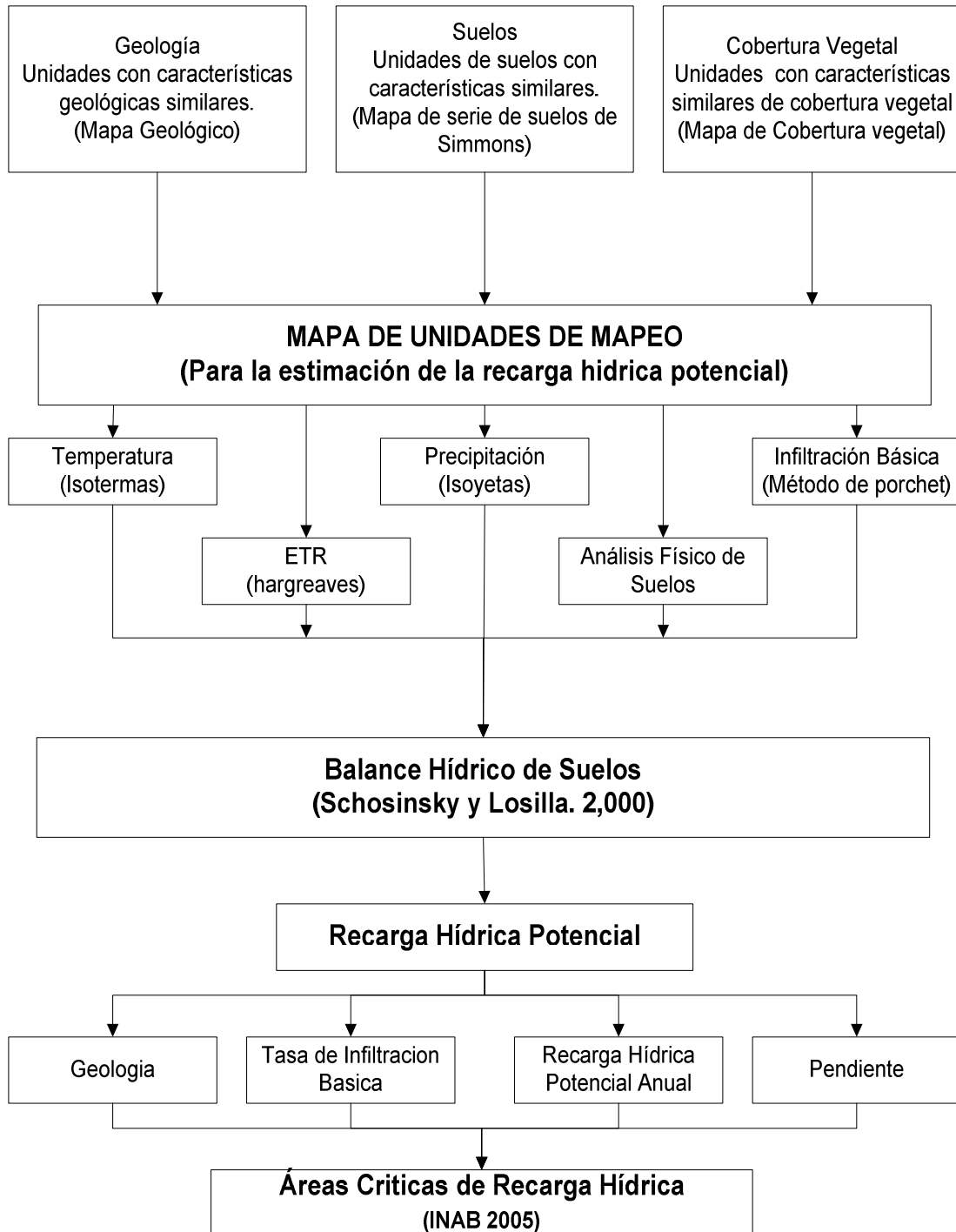


Figura. 13 Flujoograma integrado de las etapas en que consistió la investigación para la obtención de la recarga hídrica potencial de la finca Lagunilla, Jalapa.

2.6 RESULTADOS

2.6.1 Información climática

Los datos climáticos fueron recolectados de cuatro estaciones meteorológicas existentes más cercanas al área de estudio, estas estaciones son:

Cuadro. 25 Ubicación en coordenadas UTM WGS 84 y altura (msnm) de las estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio.

Estación	X	Y	Altitud (msnm)	Años de registro
Floricultura	178550	1623926	1,360	1,998-2,008
Potrero Carrillo	184296	1633902	1,760	1,998-2,008
La Ceibita	190023	1604051	960	1,998-2,008
Albores	182924	1665976	1,400	1,998-2,008

Las estaciones Potrero Carrillo, La Ceibita y Albores son estaciones tipo B a cargo del INSIVUMEH de las cuales se tiene registro de datos climáticos desde el año 1990 hasta el 2008, la estación Floricultura es una estación meteorológica privada de la cual se tienen registros desde el año 1998 hasta el 2008, para evitar variaciones en la manipulación de los datos climáticos se utilizaron para todas las estaciones los datos registrados de 10 años (1,998-2,008).

Las variables climáticas obtenidas fueron Temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa.

2.6.2 Temperatura media mensual

Para el cálculo de la evapotranspiración fue necesaria la obtención de datos de temperatura media, máxima y mínima.

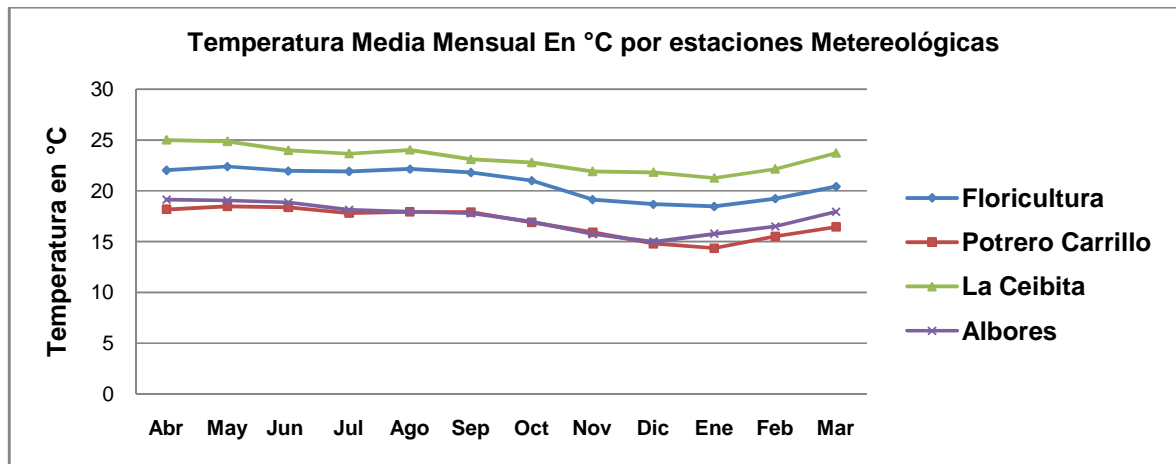


Figura. 14 Gráfica lineal comparativa de Temperatura media mensual en °C de las estaciones meteorológicas por mes.

2.6.3 Isotermas

Con datos de temperaturas medias de las estaciones Potrero Carrillo (1,760 msnm) y Floricultura (1,360 msnm) por medio de un análisis de interpolación se estableció la variación de la temperatura a diferente altitud, estableciendo un gradiente de promedio de 0.67 °C por cada 100 msnm, de manera que el comportamiento de la temperatura decrece al aumentar la altitud. El Cuadro 26 nos muestra el cambio de la temperatura a diferentes intervalos de altitud.

Cuadro. 26 Variación de la temperatura media mensual en °C a diferentes intervalos de altitud (msnm).

Gradiente de altura	Cambio de temperatura (°C)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
(20 msnm)	0.14	0.13	0.14	0.13	0.14	0.12	0.15	0.15	0.14	0.15	0.10	0.13
(100 msnm)	0.69	0.63	0.69	0.66	0.68	0.60	0.73	0.76	0.68	0.74	0.51	0.67
(400 msnm)	2.75	2.51	2.76	2.64	2.74	2.39	2.92	3.03	2.72	2.95	2.06	2.68

Una vez establecidos los gradientes de cambios de temperatura se realizaron los cálculos de temperatura media mensual a diferentes altitudes, para esto se relacionaron datos de altitud (curvas a nivel del área de estudio) y las temperaturas mensuales promedio dando como resultado líneas con un mismo rango de temperatura (isotermas).

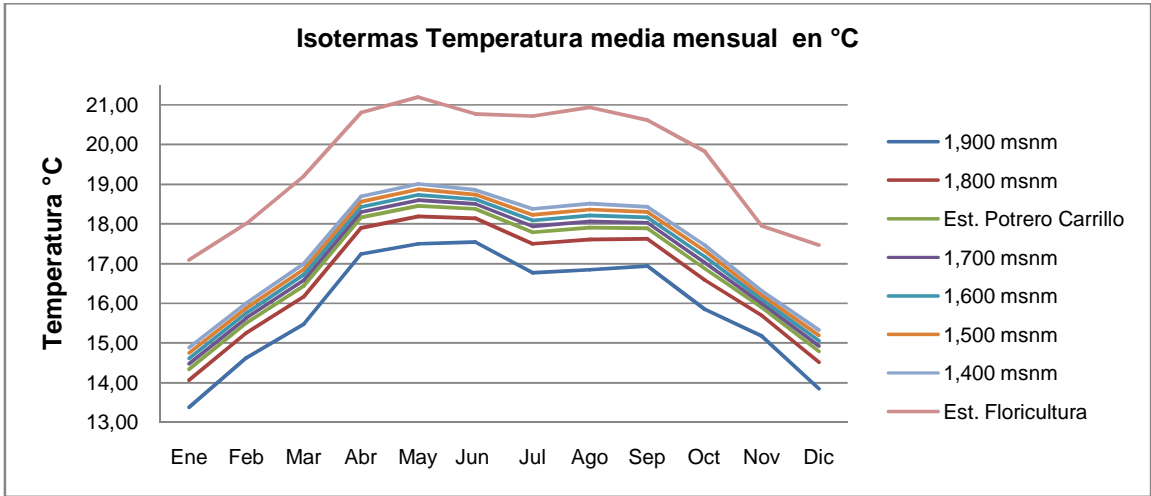


Figura. 15 Gráfica del comportamiento de las Temperaturas medias mensuales (°C) de acuerdo a su altitud (msnm).

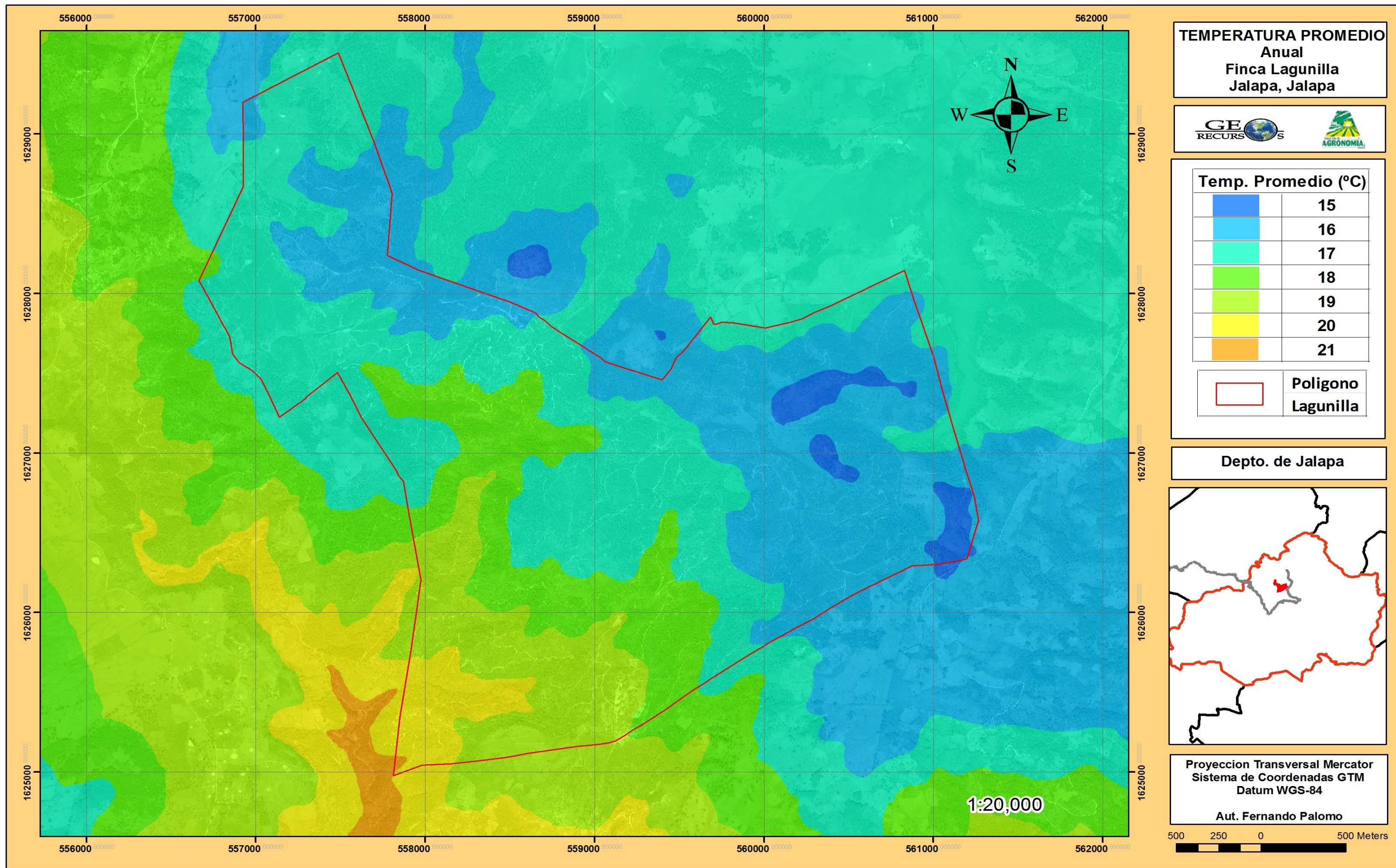


Figura. 16 Mapa de temperaturas promedio de la Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

2.6.4 Precipitación Pluvial Media Mensual

Los datos de precipitación pluvial son de mucha importancia ya que constituyen la principal entrada al ciclo de recarga hídrica; para esto se obtuvieron los registros de precipitación media mensual en milímetros de las estaciones Potrero Carrillo, Floricultura, Albores y La Ceibita.

En la Grafica siguiente observamos la comparación de la precipitación pluvial registrada por las diferentes estaciones meteorológicas, se destaca la estación de Albores por registrar los más altos valores de precipitación pluvial en contrariedad con los valores más bajos registrados por la estación Floricultura, por otra parte se puede observar un mismo parámetro de distribución de la precipitación a lo largo del año en todas estaciones en donde los más altos valores de precipitación pluvial se distribuyen en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

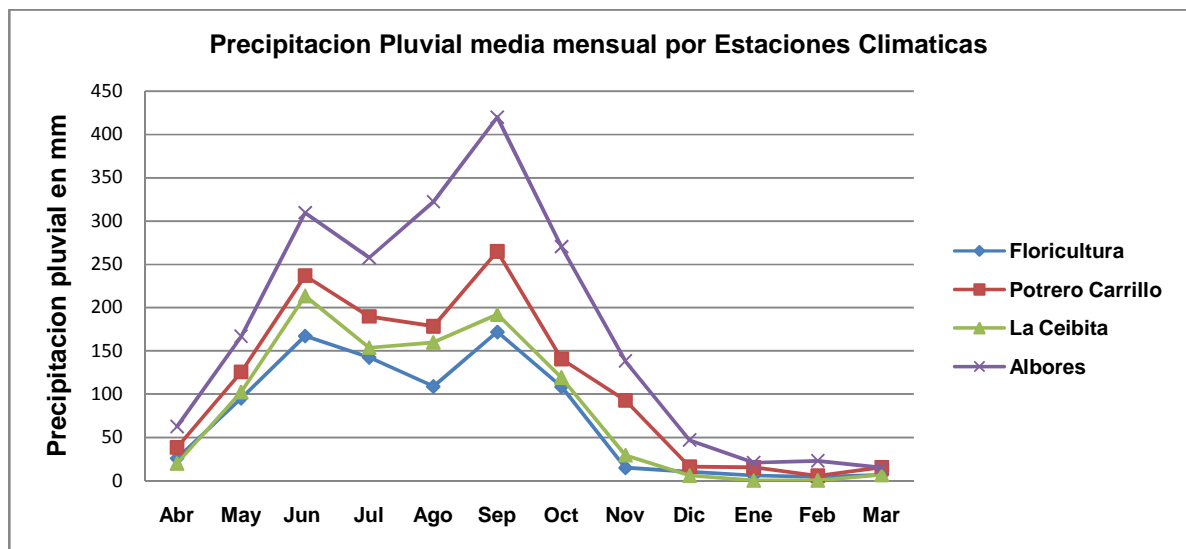


Figura. 17 Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial media mensual por estación meteorológica.

2.6.5 Isoyetas

Con los datos obtenidos del INSIVUMEH y la empresa privada Floricultura de precipitación media mensual de las estaciones Potrero Carrillo (1,760 msnm) y Floricultura (1,360 msnm) se establecieron las variaciones de la precipitación a diferente altitud, estableciendo un gradiente promedio de de 9.56 mm de precipitación pluvial por cada 100 msnm, estableciendo un patrón directamente proporcional en el que a medida que la altitud decrece la precipitación también decrece.

Al realizar el análisis mediante una regresión lineal en donde por ejemplo para el mes de mayo es; **$Pp = 18.46 (\text{altitud}) + 151.01$** , la altitud se toma del mapa de curvas a nivel.

En la grafica siguiente se muestra el patrón de la relación Altitud-precipitación para el área de estudio.

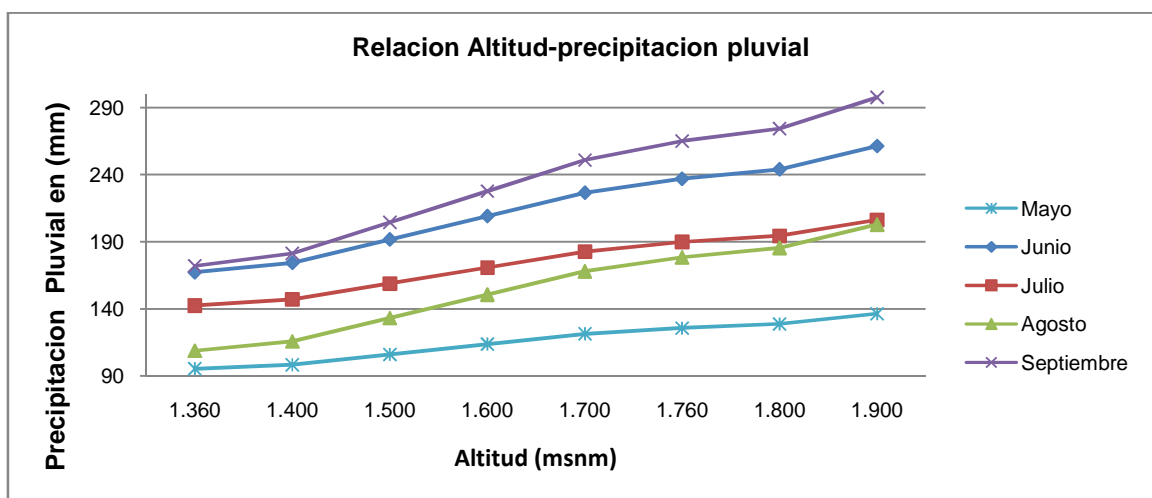


Figura. 18 Grafica que representa la relación Altitud-Precipitación Pluvial (media mensual en mm) para algunos meses del año.

Una vez establecida la variación de la precipitación pluvial media mensual en relación a la altitud, se procedió a la elaboración del mapa de isoyetas, las isoyetas son líneas que nos indican puntos geográficos con un mismo rango de precipitación, para esto se hizo uso del mapa de curvas a nivel introduciendo la variación de lluvia anteriormente establecida.



Figura. 19 Estación Meteorológica tipo B “Potrero Carrillo” de donde se obtuvieron algunos de los datos climáticos utilizados para la investigación.

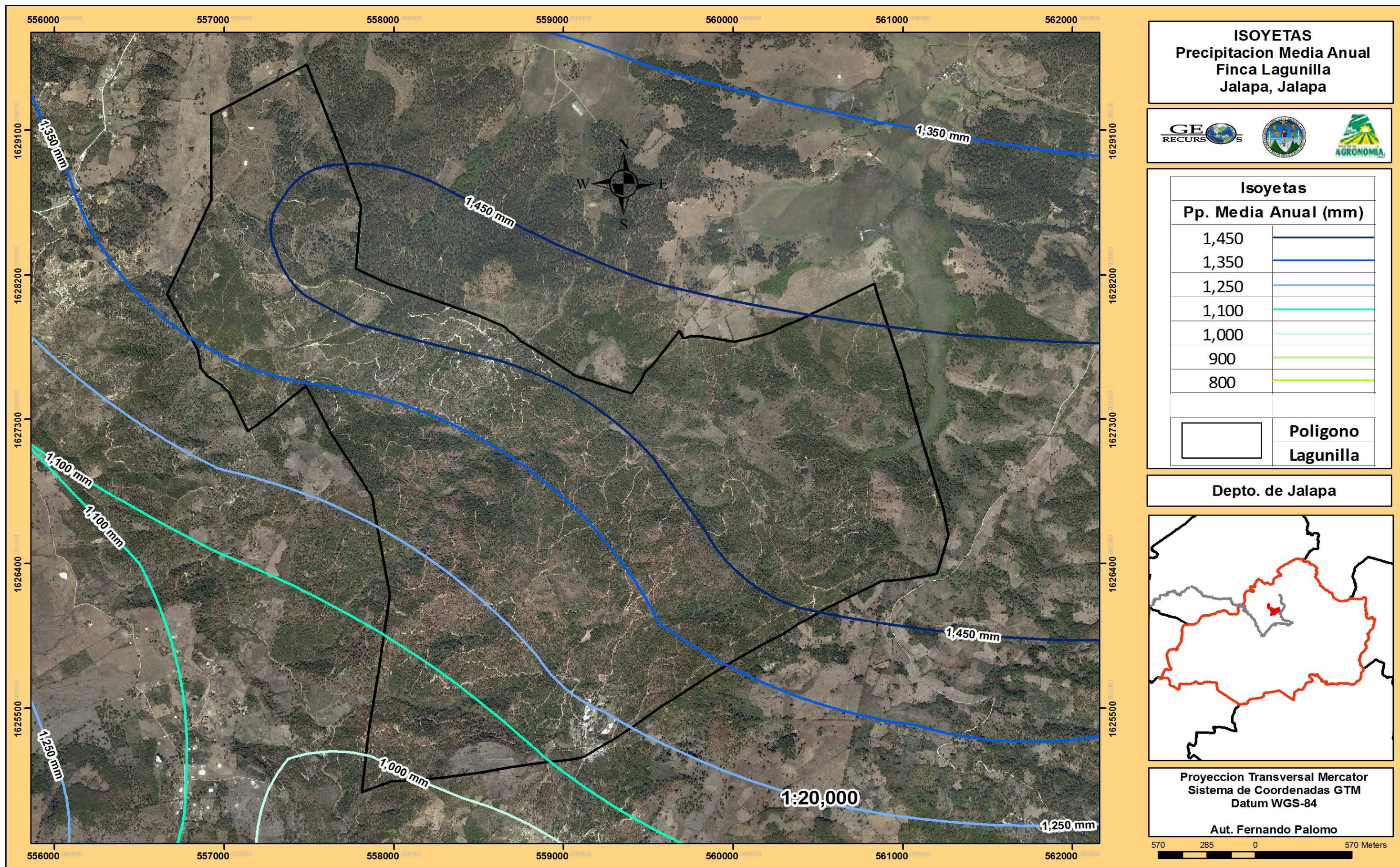


Figura. 20 Mapa de isoyetas de precipitación anual media en (mm) de la Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

2.6.6 Unidades de mapeo

2.6.6.1 Factores

Las unidades de campo se definieron en base a tres factores: Geología, Series de suelos y Cobertura.

A. Geología

En la finca se encontraron tres tipos de material geológico que representan la génesis edáfica del suelo actual, estos materiales geológicos son:

a. Rocas Ígneas y metamórficas (Qv)

Del período cuaternario, rocas volcánicas o extrusivas incluye coladas de lava, material lahárico, tobas y edificios volcánicos que han sufrido cambios (fracturación) después de su solidificación a causa de intemperización, presión o temperatura.

b. Rocas Ígneas y metamórficas (I)

Del período terciario. Rocas plutónicas o intrusivas sin dividir. Incluye granitos y dioritas de edad pre-Pérmico, Cretácico y Terciario que fueron formadas a través de un enfriamiento lento permitiendo así la formación de grandes cristales.

c. Rocas Sedimentarias (Qa)

Formado por aluviones cuaternarios, compuestas por materiales transformados, formadas por la acumulación y consolidación de materia mineral pulverizada, depositada por la erosión.

De acuerdo a su extensión las rocas ígneas y metamórficas del cuaternario (Qv) cubren un 80% de la extensión total de la finca, con 756.77 ha, el resto del área se distribuye en un 18% de rocas ígneas y metamórficas (I), y un 1% de rocas sedimentarias (Qa).

Cuadro. 27 Área en hectáreas y porcentajes del material geológico que se presenta en la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

Geología	Área (ha)	Área (%)
Rocas Ígneas y Metamórficas del Cuaternario. (Qv)	756.77	80.93
Rocas Ígneas y Metamórficas del Terciario. (I)	169.84	18.16
Rocas Sedimentarias (Qa)	8.52	0.91
Totales	935.13	100

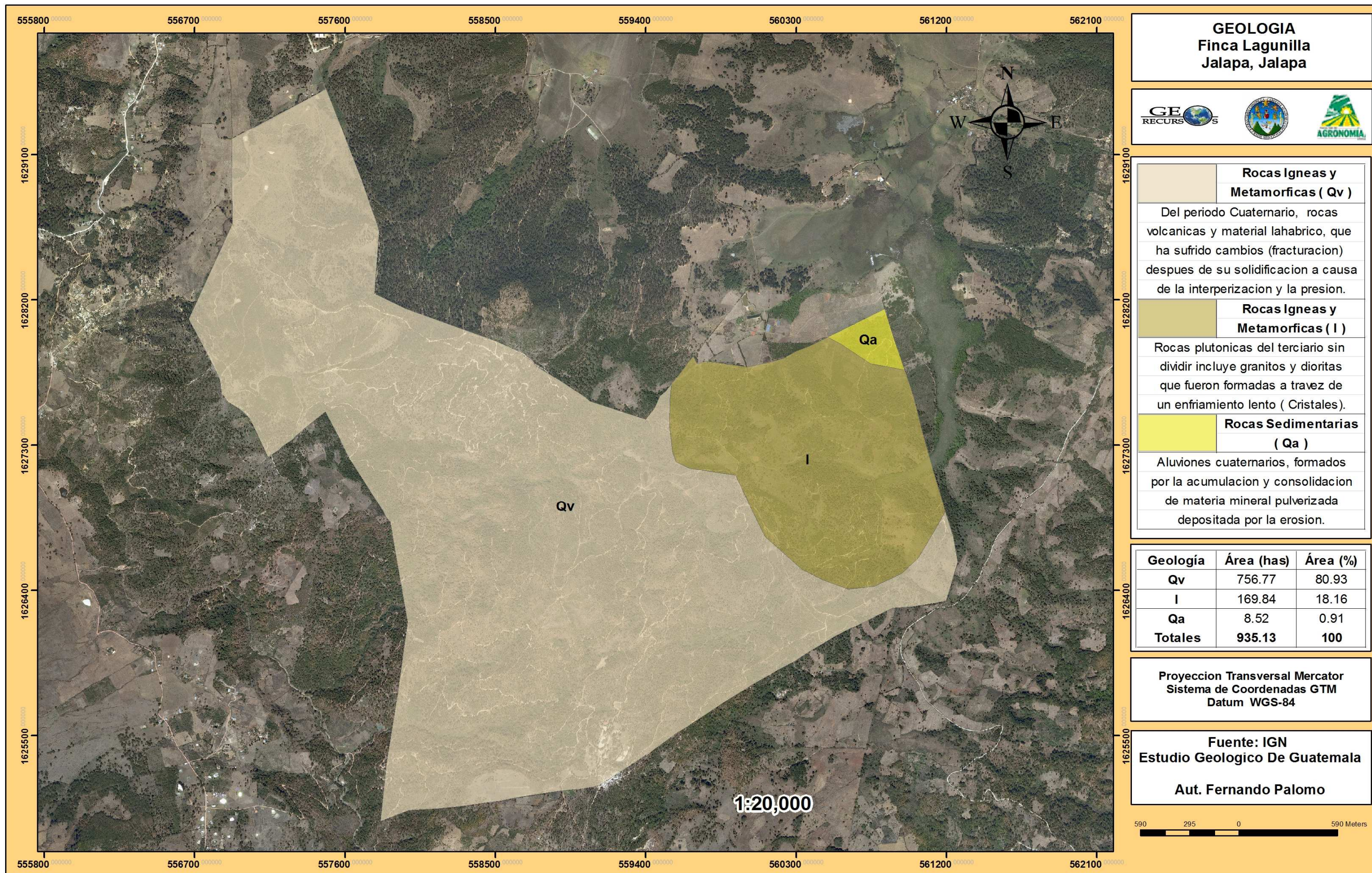


Figura. 21 Mapa Geológico (tipo de rocas) de la Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

B. Series de Suelos

Se encuentran tres series de suelos: Pinula, Marajuma y Chixocol, sus características se describen en la sección 4.1.4.4. La serie Pínula abarca un 62.48 % de la finca con un área de 582 ha, las series Marajuma con un 36.79 % y Chixocol con 0.73 % cubren el resto del territorio de la finca.

Cuadro. 28 Área en hectáreas y porcentajes de los suelos (Serie de suelos de Simmons) que se encuentran en la finca Lagunilla Jalapa, Jalapa.

Serie de suelos	Área (has)	Área (%)
Pinula (Pi)	584.31	62.48
Marajuma (Mj)	343.99	36.79
Chixocol (Chx)	6.83	0.73
Totales	935.13	100.00

C. Cobertura de suelo

La base de la cobertura fue tomada del mapa de rodales de la finca, el cual fue elaborado para el inventario y plan de manejo de la finca aprobado por el INAB en el año 2008. Para realizar el mapa de cobertura se agruparon los rodales que presentaron características y manejo forestal similar, agrupando finalmente en cuatro tipos de cobertura:

a. Bosque mixto disetaneo (pino-encino) bajo manejo

Este tipo de cobertura se caracteriza por tener un bosque mixto de *Pinus Oocarpa* y *Quercus sp*, el bosque presenta individuos de diferentes edades (jóvenes, medianos y maduros) se encuentra bajo un manejo de corta selectiva de arboles maduros o será en el futuro objeto de ello.

Bosque de protección

Se caracteriza principalmente por ser bosque de galería que protege los cauces de agua y manantiales, manteniendo siempre una cobertura densa, se encuentran especies dominantes como *Pinus Oocarpa*, *Liquidambar*, *Arbutus xalapiensis*, *Bursera guammifera*, *Alnus acumminata*, *Inga Vera* y varias especies de *Quercus*, El sotobosque está compuesto por especies como *Glycyrrhiza lepidota*, *Senecio petasioides*, *Pteridium aquinilinum*, *Rubus sp*, *Morus nigra*, *Zanthoxylum fagara* *Androsace septentrionalis* entre otras.

Bosque mixto joven bajo regeneración natural

Se caracteriza por tener principalmente individuos jóvenes de *Pinus oocarpa* y *Quercus sp* resultado de un aprovechamiento forestal de un bosque natural, manejando la masa remanente mediante la estimulación de regeneración natural.

Plantación forestal

Plantaciones forestales de *Pinus oocarpa* que van desde los 3 años hasta los 12 años de edad, que han sido objetos de manejo silvícola (raleo, podas y limpieas), con densidades de 1,111 arb/ha hasta 400 arb/ha.

Infraestructura

Principalmente el casco de la finca compuesto por infraestructura como oficinas, bodegas, casa patronal, caballeriza, potreros, vivero forestal, áreas de agricultura para consumo propio de la finca y carboneras tipo japonesas.

Cuadro. 29 Área en hectáreas y porcentaje del tipo de cobertura de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

Tipo de cobertura	Área (ha)	Área (%)
Bosque mixto disetaneo (pino-encino) bajo manejo	348.96	37.24
Bosque de protección.	138.97	14.83
Bosque mixto joven bajo regeneración natural.	61.84	6.60
Plantación forestal	371.65	39.66
Casco (infraestructura)	15.61	1.67
Totales	935.13	100



Figura. 22 Fotografía del Bosque de protección y Plantaciones forestales que se encuentran en la Finca Lagunilla.

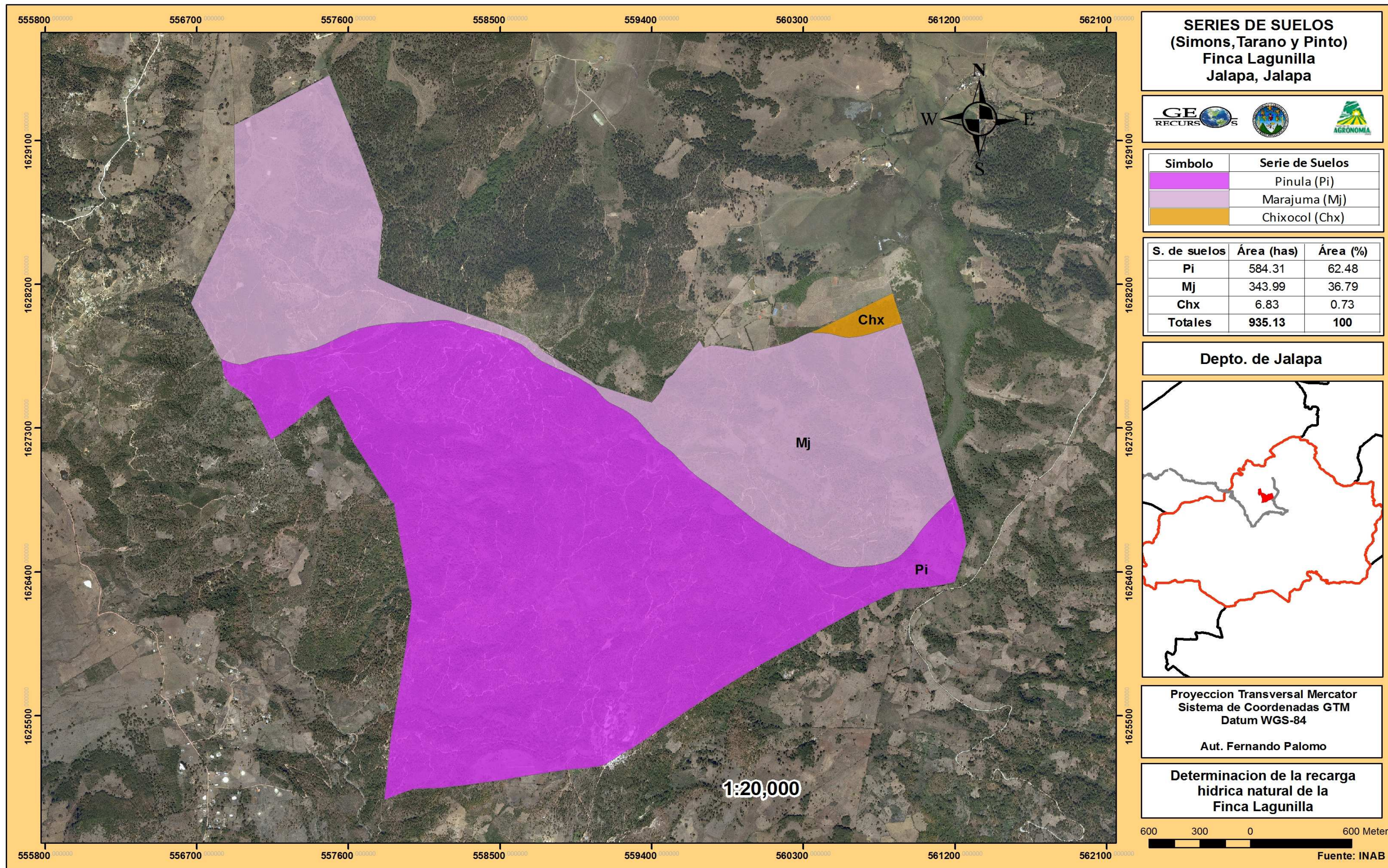


Figura. 23 Mapa de serie de suelos (Simmons) de la Finca Lagunilla Jalapa, Jalapa.

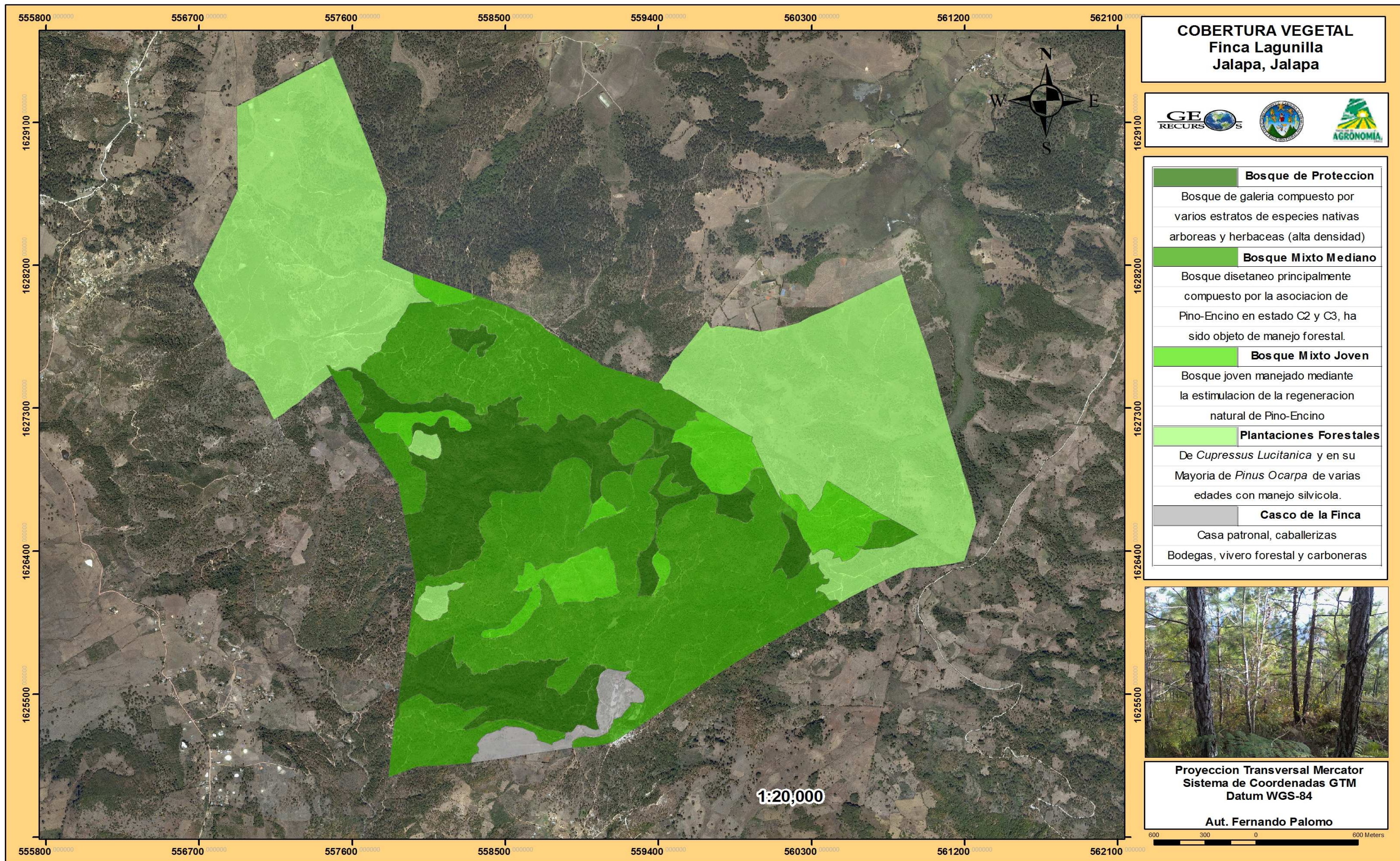


Figura. 24 Mapa de cobertura vegetal de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

2.6.6.2 Unidades de mapeo

Una vez establecidos los factores individuales (Geología, Serie de suelos y cobertura) se definieron las unidades de mapeo concatenando áreas con características similares de factores individuales. Las áreas de mapeo resultantes se detallan en el cuadro siguiente, observando que se definieron 17 unidades de mapeo, siendo la más extensa la unidad Qv.C.1F con 243.52 ha y la menor unidad I.A.4 con 1.40 ha.

Cuadro. 30 Ubicación, descripción y extensión en hectáreas de las unidades de mapeo para la determinación de áreas de recarga hídrica de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa

Unidades de Mapeo	Coordenadas UTM WGS 84		Geología	Serie de Suelos de Simmons	Cobertura	Área (ha)
	X	Y				
I.A.4	183607	1629581	I	Chixicol	Plantaciones forestales	1.40
I.B.1	182692	1628974	I	Marajuma	Bosque bajo manejo	4.58
I.B.3	182827	1628874	I	Marajuma	Regeneración natural	14.43
I.B.4	183135	1629126	I	Marajuma	Plantaciones forestales	148.09
Qa.A.4	183811	1629642	Qa	Chixicol	Plantaciones forestales	5.44
Qa.B.4	183933	1629498	Qa	Marajuma	Plantaciones forestales	3.10
Qv.B.1	182407	1629118	Qv	Marajuma	Bosque bajo manejo	15.27
Qv.B.3	182896	1628679	Qv	Marajuma	Regeneración natural	12.61
Qv.B.4	180647	1630090	Qv	Marajuma	Plantaciones forestales	146.89
Qv.C.1 C	181908	1629153	Qv	Pínula	Bosque bajo manejo	85.59
Qv.C.1 F	182141	1627590	Qv	Pínula	Bosque bajo manejo	243.52
Qv.C2 CH	181985	1628767	Qv	Pínula	Bosque de protección	96.36
Qv.C.2 R	181643	1627170	Qv	Pínula	Bosque de protección	42.61
Qv.C.3	182783	1628588	Qv	Pínula	Regeneración natural	34.81
Qv.C.4 N	180640	1629434	Qv	Pínula	Plantaciones forestales	39.45
Qv.C.4 M	183664	1627890	Qv	Pínula	Plantaciones forestales	27.28
Casco	182193	1627156	Fuera de estudio.			15.61
Totales						935.13

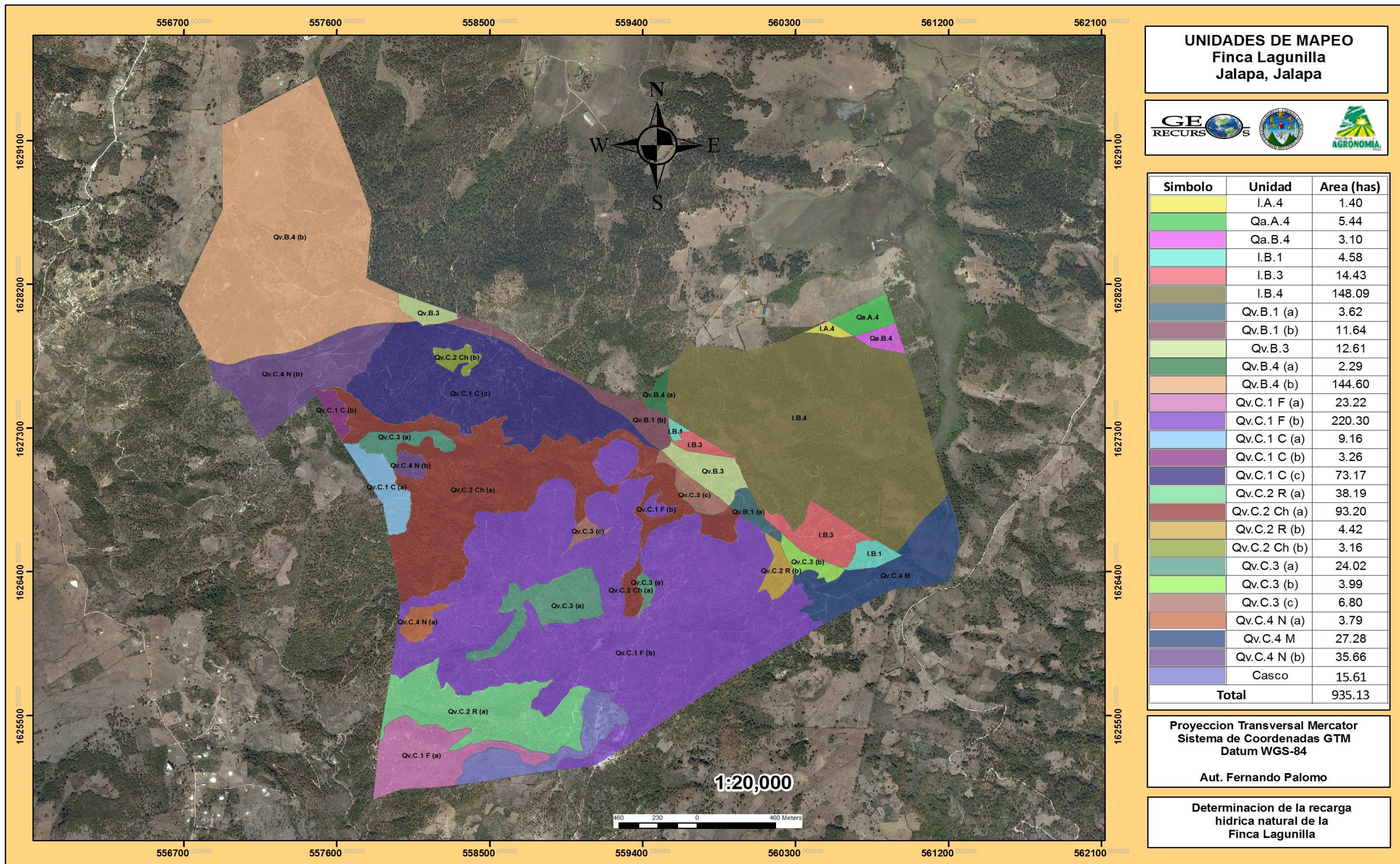


Figura. 25 Mapa de unidades de Mapeo Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

2.6.7 Infiltración Básica

Para cada unidad de mapeo se realizaron pruebas para determinar la infiltración básica, estas pruebas se realizaron utilizando el método de Porchet. Se realizaron 44 pruebas de infiltración en donde cada prueba tuvo una duración de 3 horas, la mayor infiltración básica fue de 2.36 cm/hr y la menor de 0.22 cm/hr. En el cuadro siguiente se muestran el resultado de todas las pruebas realizadas y la infiltración básica por unidad de mapeo.

Cuadro. 31 Valores de infiltración Básica (cm/hr) por prueba de infiltración y unidad de mapeo de la finca Lagunilla Jalapa, Jalapa.

Unidades de Mapeo	Pruebas de Infil. realizadas	Coord. UTM WGS 84		Infiltración Básica (cm/hr)	Infil. Básica promedio de la unidad (cm/hr)
		X	Y		
I.A.4	INFIL27	183607	1629581	0.96851201	0.96851201
I.B.1	INFIL31	182692	1628974	1.203356834	1.17059296
	INFIL37	183837	1628180	1.137829086	
I.B.3	INFIL32	182692	1628974	1.046111989	0.700405347
	INFIL36	183551	1628284	0.354698706	
I.B.4	INFIL24	183135	1629126	0.600576185	0.688230464
	INFIL25	183664	1629178	0.730100416	
	INFIL26	183889	1628531	0.734014792	
Qa.A.4	INFIL28	183811	1629642	1.493602994	1.493602994
Qa.B.4	INFIL29	183933	1629498	0.791912533	0.791912533
Qv.B.1	INFIL12	181661	1629585	0.463153806	0.882350723
	INFIL13	182407	1629118	1.301547639	
Qv.B.3	INFIL10	181203	1629743	1.283745954	1.825095379
	INFIL33	182896	1628679	2.366444803	
Qv.B.4	INFIL7	180146	1629814	0.493920312	0.500022545
	INFIL8	180647	1630090	0.726302828	
	INFIL9	180454	1630571	0.279844497	
Qv.C.1 C	INFIL1	181908	1629153	0.965122828	0.848648551
	INFIL2	181452	1629173	0.589864558	
	INFIL3	181024	1629282	0.728207602	
	INFIL11	180672	1629131	1.057069175	
	INFIL14	180949	1628676	0.902978592	

Cuadro. 32 Valores de infiltración Básica (cm/hr) por prueba de infiltración y unidad de mapeo de la finca Lagunilla Jalapa, Jalapa.

Unidades de Mapeo	Pruebas de Infil. realizadas	Coord. UTM WGS 84		Infiltración Básica (cm/hr)	Infil. Básica promedio de la unidad (cm/hr)
		X	Y		
Qv.C.1 F	INFIL20	181825	1628264	0.728376349	0.639094196
	INFIL21	182345	1628217	0.880119323	
	INFIL22	182141	1627590	0.356668709	
	INFIL23	182879	1627703	0.537710863	
	INFIL42	181127	1626909	0.692595737	
Qv.C.2 CH	INFIL17	181222	1628308	0.503565379	0.771286482
	INFIL18	181547	1628737	0.953723958	
	INFIL19	181985	1628767	0.856570109	
Qv.C.2 R	INFIL40	181226	1627291	0.228737536	0.289615761
	INFIL41	181643	1627170	0.350493986	
Qv.C.3	INFIL15	181001	1628919	0.862113107	0.741499518
	INFIL34	182783	1628588	0.850220779	
	INFIL35	182020	1627933	0.718945619	
	INFIL44	183416	1628102	0.534718567	
Qv.C.4 N	INFIL4	180640	1629434	0.799444658	0.731975987
	INFIL5	180344	1629168	0.676673608	
	INFIL6	180209	1629330	0.572973214	
	INFIL16	181131	1628767	0.878812469	
Qv.C.4 M	INFIL38	183664	1627890	0.403597168	0.548832257
	INFIL39	184167	1628154	0.694067346	
Valores de infiltración básica promedios				0.792834443	0.849479857

En la siguiente grafica se muestra el comportamiento de la velocidad de infiltración en relación al tiempo, al inicio de la prueba en los primeros 25 minutos la velocidad de infiltración es variable y sufre un decrecimiento bastante notorio, a medida que el tiempo transcurre la velocidad de infiltración se hace más lenta y más estable debido a que el suelo se satura, en determinado tiempo (80 a 150 min de la prueba) la velocidad de infiltración se vuelve constante a lo que llamamos infiltración básica es este caso para la unidad de mapeo I.A.4 su infiltración básica es de 0.01614 cm/min = 0.9685 cm/hr como se presenta en el cuadro 31.

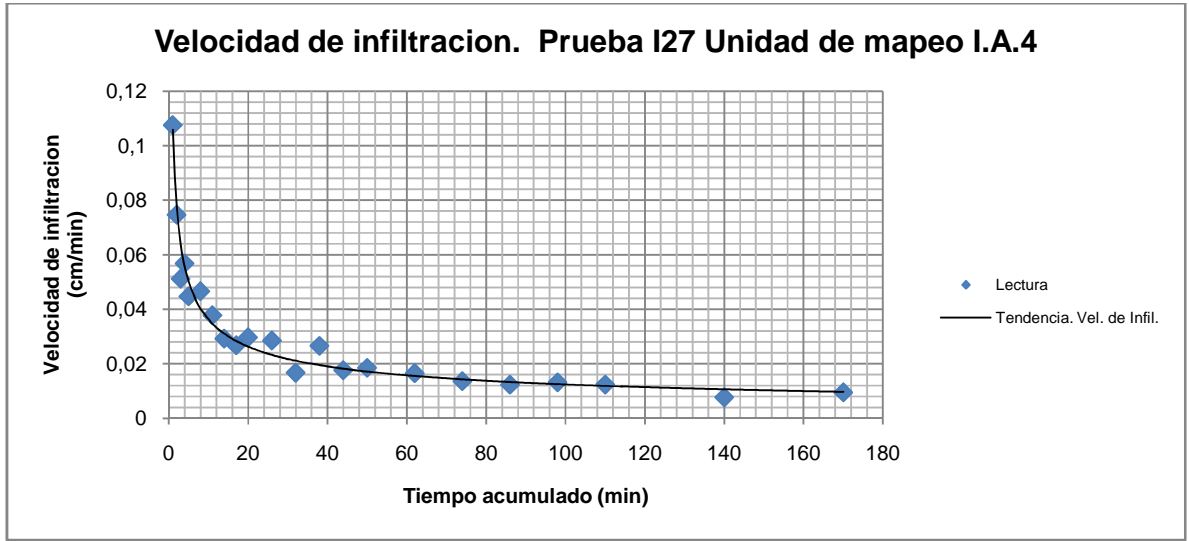


Figura. 26 Velocidad de infiltración en cm/min de la unidad de mapeo I.A.4 mediante el método de Porchet, se puede observar que la línea de tendencia se estabiliza al final de la prueba (Infiltración básica).

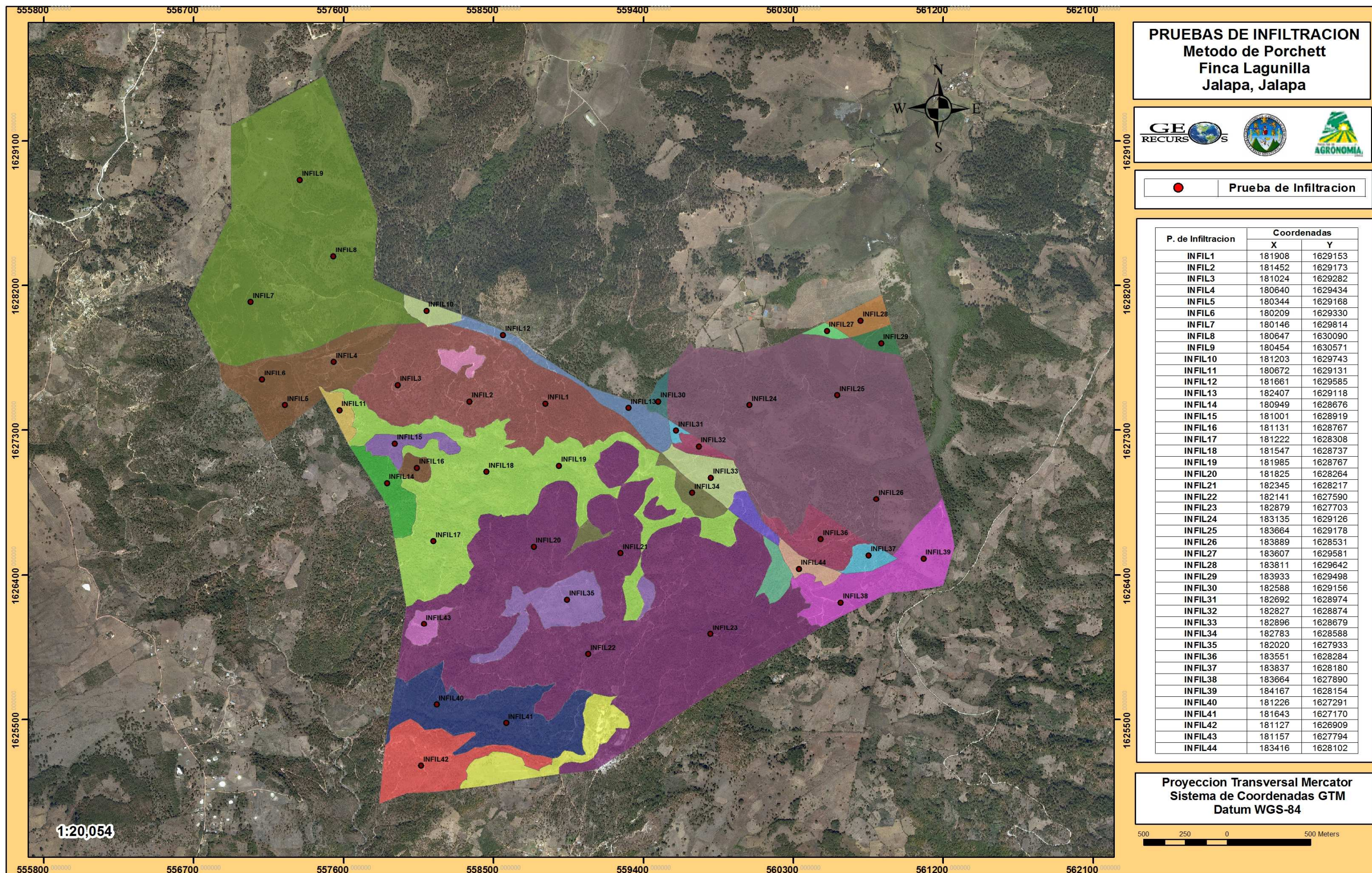


Figura. 27 Mapa de ubicación Pruebas de infiltración mediante el método del “Porchet” realizadas en la finca Lagunilla.



Figura. 28 Proceso de las pruebas en campo para la obtención de la infiltración básica mediante el método de Porchet.

2.6.8 Análisis de suelos:

Producto también de la pruebas de infiltración fue el muestreo de suelos que se realizó con suelo extraído en las pruebas de infiltración, estas muestras de suelo fueron sometidas a un examen físico de suelos para determinar su porcentaje de partículas, cantidad de materia orgánica, densidad del suelo, constantes de humedad y clase textural. Se examinaron 17 muestras de suelo, aproximadamente una muestra por cada unidad de mapeo.

Cuadro. 33 Resultados de los análisis físicos de suelos por unidad de mapeo.

Unidad de Mapeo	MO (%)	Da (gr/cc)	% Humedad		(%)			Clase Textural
			(1/3)	15	Arcilla	Limo	Arena	
Qv.C.2 R	4.15	1.2903	22	11	27.05	25.79	47.16	Franco Arcillo Arenoso
I.B.4	4.38	1.3793	14.06	9.69	20.75	38.39	40.86	Franco
Qa.B.4	4.57	1.1765	15.42	11.32	24.95	21.59	53.46	Franco Arcillo Arenoso
Qv.B.3	0.43	1.2121	11.93	8.29	20.75	11.09	68.16	Franco Arcillo Arenoso
Qv.B.4	2.13	1.3793	12.69	7.73	18.65	13.19	68.16	Franco Arenoso
I.B.1	2.94	1.3793	19.4	9.98	24.95	23.69	51.36	Franco Arcillo Arenoso
Qv.B.1	1.3	1.5385	12.4	6.42	22.85	27.89	49.26	Franco Arcillo Arenoso
	10.11	1.2121	23.33	15.13	18.65	23.69	57.66	Franco Arenoso
Qv.C.2 CH	8.01	1.0256	23.11	16.15	24.95	27.89	47.16	Franco Arcillo Arenoso
Qv.C.4 M	2.91	1.0811	28.81	23.25	50.15	17.39	32.46	Arcilloso
Qv.C.4 N	1.96	1.2903	15.91	10.96	33.35	15.29	51.36	Franco Arcillo Arenoso
I.A.4	4.57	1.1429	30.61	17.34	37.55	29.99	32.46	Franco Arcilloso
I.B.3	6.46	1.1765	26.95	14.9	27.05	25.79	47.16	Franco Arcillo Arenoso
Qv.C.3	4.62	1.2121	26.27	16.25	41.75	25.79	32.46	Arcilloso
Qa.A.4	3.21	1.1765	35.51	18.57	48.05	32.09	19.86	Arcilloso
Qv.C.1 F	5.98	1.0526	32.68	25.65	31.25	25.79	42.96	Franco Arcilloso
Qv.C.1 C	2.83	1.4286	18.32	10.09	27.05	21.59	51.36	Franco Arcillo Arenoso

La clase textural de suelos predominante en la finca es Franco Arcillo Arenoso, suelos moderadamente finos, con un contenido rico en materia orgánica en promedio de 4.15 %



Figura. 29 Proceso de la toma de muestras de suelos, identificado y tamizado para su análisis de propiedades físicas en el laboratorio de suelos de la FAUSAC.

2.6.9 Evapotranspiración

Para determinar la ETP se utilizó la metodología de Hargreaves, para poder utilizar esta metodología se necesitaron datos puntuales de temperatura y precipitación por cada unidad de mapeo. En los cuadros (Anexo 1, 2, 3 y 4) se establece el resumen de estos datos climáticos. Cabe mencionar que algunas unidades de mapeo están compuestas por diferentes polígonos, en esta sección algunos de estos polígonos fueron objeto de diferenciación ya que difieren en altitud lo que implica que también difieran en precipitación y temperatura.

Cuadro. 34 Evapotranspiración potencial media anual por unidad de mapeo en (mm/mes), finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

U. de Mapeo	ETP Media Anual. (mm/mes)	U. de Mapeo	ETP Media Anual. (mm/mes)
Qv.C.2 R (a)	86.49	Qv.C.4 N (a)	97.99
Qv.C.2 R (b)	119.64	Qv.C.4 N (b)	112.41
I.B.4	118.29	I.A.4	113.95
Qa.B.4	118.29	I.B.3	119.64
Qv.B.3	116.89	Qv.C.3 (a)	107.47
Qv.B.4 (a)	120.96	Qv.C.3 (b)	120.96
Qv.B.4 (b)	115.44	Qv.C.3 (c)	113.95
I.B.1	119.64	Qa.A.4	115.44
Qv.B.1 (a)	120.96	Qv.C.1 F (a)	83.87
Qv.B.1 (b)	118.29	Qv.C.1 F (b)	110.82
Qv.C.2 CH (a)	105.71	Qv.C.1 C (a)	113.95
Qv.C.2 CH (b)	112.41	Qv.C.1 C (b)	118.29
Qv.C.4 M	122.23	Qv.C.1 C (c)	112.41

La ETP se calculó en base a las temperaturas medias, máximas y mínimas de cada unidad de mapeo, estos datos de temperaturas se obtuvieron de las isotermas realizadas en donde la altura promedio de la unidad de mapeo nos indica que temperaturas utilizar.

Obteniendo como resultado que la ETP promedio de la finca es 115.02 mm/mes, con una ETP mayor de 122.23 mm/mes en la unidad Qv.C.4 M y una ETP menor de 83.87 mm/mes en la unidad Qv.C.1.F (a).

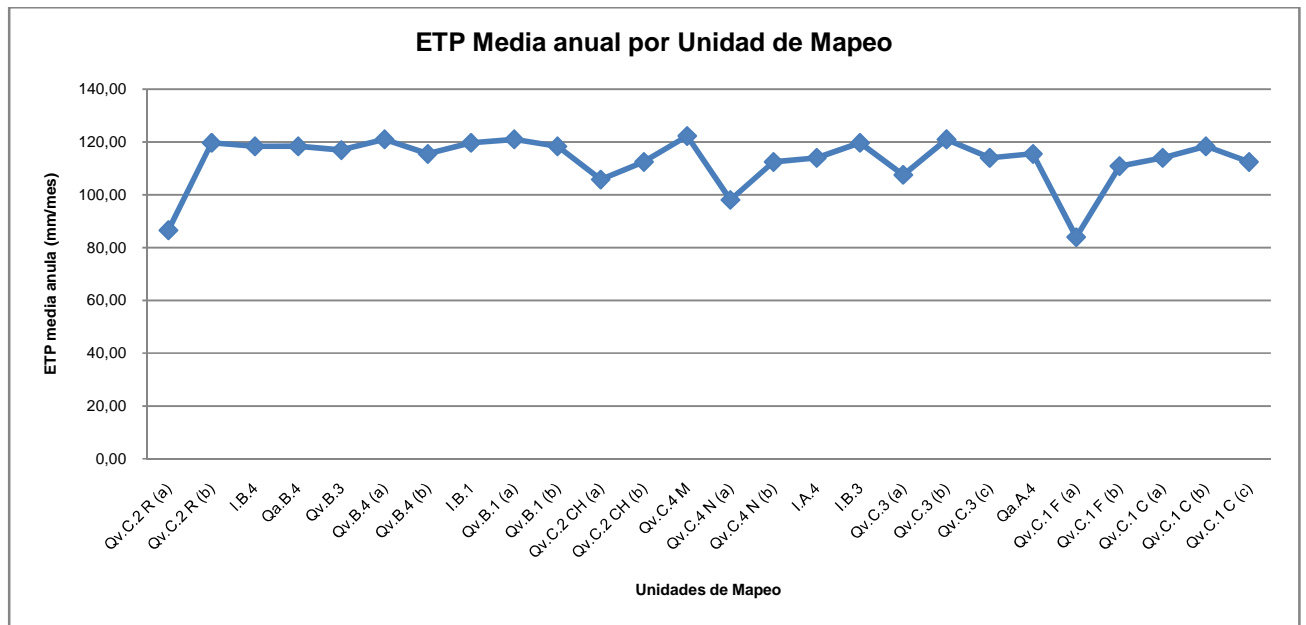


Figura 1. Comportamiento de la ETP media anual por unidad de mapeo.

En la grafica anterior se observa el comportamiento de la evapotranspiración potencial por unidad de mapeo y vemos que su comportamiento es bastante homogéneo difiere principalmente en la unidades Qv.C.1.F (a), Qv.C.4.N (a) y Qv.C.2.R (a).

2.6.10 Balance Hídrico de suelos

En base a todos los resultados obtenidos (precipitación, ETP e infiltración), mediante el Modelo $P - Ret - ESC - ETR - R_p = \Delta \theta$ de balance hídrico de suelos (Schosinsky y Losilla 2000) se llegó a determinar los valores de recarga hídrica potencial.

En el siguiente cuadro se despliegan los resultados anuales del balance hídrico de suelos en (mm) de lámina de agua.

Cuadro. 35 Valores en mm de lámina, de las variables que intervienen en el balance hídrico de suelos de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

U. de Mapeo	P (mm)	Ret (mm)	Pi (mm)	ESC (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	Rp (mm)
Qv.C.2 R (a)	1068.09	144.60	608.36	315.12	1037.87	594.75	13.61
Qv.C.2 R (b)	1481.19	190.35	850.36	440.47	1435.70	804.72	45.63
I.B.4	1458.24	133.44	1159.37	165.43	1419.43	856.81	302.55
Qa.B.4	1458.24	229.69	1116.45	112.10	1419.43	854.73	261.72
Qv.B.3	1435.29	158.44	1276.84	0.00	1402.65	852.44	424.39
Qv.B.4 (a)	1504.14	164.75	1067.20	272.19	1451.47	869.45	197.74
Qv.B.4 (b)	1412.34	182.61	955.23	274.50	1385.31	815.16	140.06
I.B.1	1481.19	190.35	1263.88	26.95	1435.70	981.01	282.87
Qv.B.1 (a)	1504.14	192.95	1159.48	151.71	1451.47	915.08	244.39
Qv.B.1 (b)	1458.24	187.75	1187.01	83.48	1419.43	903.21	283.80
Qv.C.2 CH (a)	1274.64	167.48	999.18	107.98	1268.50	775.85	223.33
Qv.C.2 CH (b)	1366.44	177.57	1072.92	115.95	1332.52	825.73	247.19
Qv.C.4 M	1527.09	195.55	1091.64	239.89	1466.75	888.28	203.35
Qv.C.4 N (a)	1182.84	247.59	832.72	102.53	1175.94	719.53	113.19
Qv.C.4 N (b)	1366.44	216.69	1023.71	126.04	1348.93	818.38	205.32
I.A.4	1389.39	180.09	1131.89	77.41	1367.42	900.61	231.27
I.B.3	1481.19	190.35	1109.29	181.55	1435.70	917.39	255.46
Qv.C.3 (a)	1297.59	170.00	984.45	143.14	1289.64	802.45	181.98
Qv.C.3 (b)	1504.14	192.95	1144.74	166.45	1451.47	917.07	227.66
Qv.C.3 (c)	1389.39	180.09	1055.79	153.51	1367.42	856.00	199.77
Qa.A.4	1412.34	182.61	1229.72	0.00	1385.31	929.22	300.50
Qv.C.1 F (a)	1045.14	171.31	749.29	124.53	1006.44	629.45	119.83
Qv.C.1 F (b)	1343.49	213.44	969.00	161.05	1329.83	828.20	140.79
Qv.C.1 C (a)	1389.39	219.94	1081.90	87.54	1367.42	884.06	197.83
Qv.C.1 C (b)	1458.24	229.69	1136.58	91.97	1419.43	920.85	215.72
Qv.C.1 C (c)	1366.44	216.69	1063.68	86.07	1348.93	871.29	192.37

En Donde:

Pp = Precipitación media anual. Ret = Retención anual de la precipitación.

Pi= Precipitación que infiltra. ESC= Escorrentía superficial.

ETP y ETR= Evapotranspiración real y potencial

Rp = Recarga potencial del acuífero.

De acuerdo con los resultados del balance hídrico de suelos obtenido tenemos que la mayor recarga hídrica potencial es de 424.29 mm al año en la unidad de mapeo Qv.B.3 y la menor recarga hídrica potencial es de 13.61 mm anuales en la unidad de mapeo Qv.C.2. R(a). La recarga hídrica potencial promedio anual de la finca es de 209.71 mm. La siguiente tabla nos

indica el volumen m³ por unidad de mapeo de las diferentes variables del balance hídrico de suelos.

Cuadro. 36 Valores de volumen en m³ por unidad de mapeo de las variables que intervienen en el balance hídrico de suelos de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

U. de Mapeo	P (m ³ /Año)	Ret (m ³ /Año)	Pi (m ³ /Año)	ESC (m ³ /Año)	ETP (m ³ /Año)	ETR (m ³ /Año)	Rp (m ³ /Año)
Qv.C.2 R (a)	407883.19	55219.93	232323.31	120339.95	396345.86	227124.04	5196.98
Qv.C.2 R (b)	65450.42	8411.13	37575.67	19463.62	63440.59	35558.97	2016.43
I.B.4	2159548.12	197611.36	1716942.29	244994.48	2102086.24	1268875.79	448055.24
Qa.B.4	45208.86	7120.85	34612.78	3475.23	44005.93	26498.59	8113.99
Qv.B.3	180946.00	19975.03	160970.97	0.00	176831.08	107467.29	53503.30
Qv.B.4 (a)	34400.50	3767.94	24407.42	6225.14	33195.95	19884.85	4522.51
Qv.B.4 (b)	2042213.07	264052.06	1381240.44	396920.58	2003140.41	1178711.69	202525.27
I.B.1	67861.60	8720.99	57905.69	1234.92	65777.73	44945.81	12959.88
Qv.B.1 (a)	54472.12	6987.63	41990.29	5494.19	52564.75	33139.56	8850.73
Qv.B.1 (b)	169800.94	21862.06	138218.56	9720.32	165282.82	105171.75	33046.46
Qv.C.2 CH (a)	1187994.19	156092.09	931264.70	100637.40	1182275.82	723109.05	208149.91
Qv.C.2 CH (b)	43175.98	5610.64	33901.74	3663.60	42104.22	26091.06	7810.48
Qv.C.4 M	416570.94	53343.46	297787.52	65439.96	400111.98	242313.46	55471.88
Qv.C.4 N (a)	44802.54	9377.84	31541.24	3883.46	44541.26	27253.83	4287.41
Qv.C.4 N (b)	487307.87	77276.62	365081.31	44949.95	481064.84	291855.88	73223.03
I.A.4	19416.59	2516.72	15818.09	1081.78	19109.58	12585.91	3232.01
I.B.3	213689.71	27461.57	160036.18	26191.96	207127.80	132351.72	36855.63
Qv.C.3 (a)	311628.75	40826.91	236425.41	34376.43	309721.55	192716.79	43705.04
Qv.C.3 (b)	59992.72	7695.81	45658.18	6638.73	57892.04	36577.48	9080.10
Qv.C.3 (c)	94487.38	12247.19	71800.36	10439.82	92993.38	58213.97	13585.38
Qa.A.4	76896.17	9942.45	66953.73	0.00	75424.96	50592.36	16360.81
Qv.C.1 F (a)	242708.38	39783.02	174005.62	28919.73	233723.38	146174.49	27827.75
Qv.C.1 F (b)	2959686.81	470201.28	2134698.61	354786.92	2929593.36	1824517.86	310148.77
Qv.C.1 C (a)	127241.26	20142.07	99081.81	8017.38	125229.36	80962.84	18117.74
Qv.C.1 C (b)	47569.66	7492.70	37076.82	3000.14	46303.91	30039.43	7036.95
Qv.C.1 C (c)	999845.68	158554.16	778312.94	62978.58	987036.39	637538.90	140764.21
Totales	12,560,799.43	1,692,293.53	9,305,631.65	1,562,874.25	12,336,925.18	7,560,273.38	1,754,447.90

En Donde:

Pp = Precipitación media anual. Ret = Retención anual de la precipitación.

Pi= Precipitación que infiltra. ESC= Escorrentía superficial.

ETP y ETR= Evapotranspiración real y potencial

Rp = Recarga potencial del acuífero.

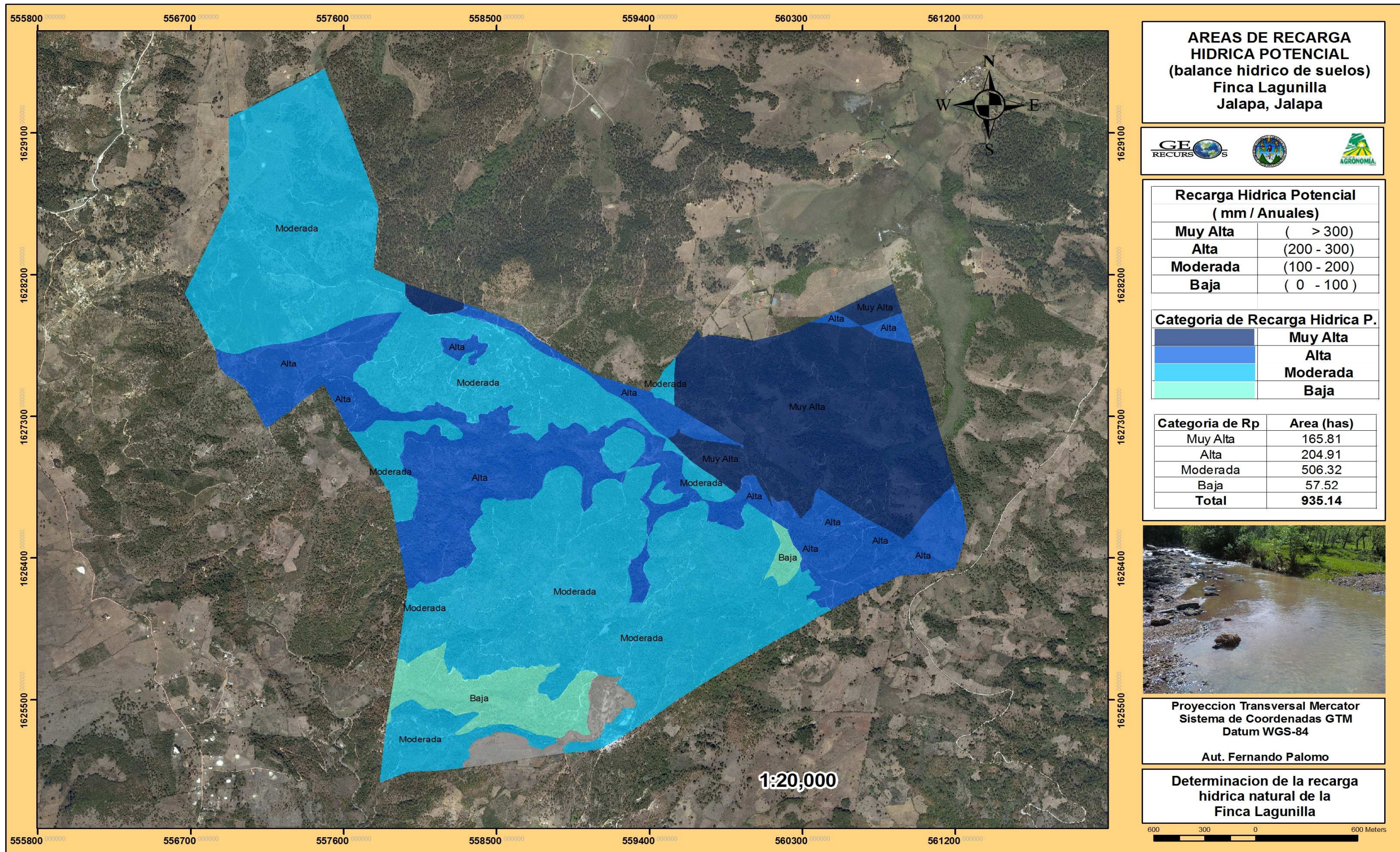


Figura. 30 Mapa de Recarga hídrica potencial de la Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

2.6.11 Resumen del balance hídrico de suelos

La finca es un sistema en donde existen entradas (precipitación) y salidas (escorrentía, evapotranspiración real, retención de lluvia y recarga hídrica potencial), por lo que en el siguiente cuadro lo expresan con valores de volumen en m³ al año, para dar una mejor percepción del ciclo de la recarga hídrica potencial aplicada a un área específica.

Cuadro. 37 Resumen del Balance hídrico de suelos de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

Entradas		Salidas	
Variable	(m³/año)	Variable	(m³/año)
Precipitación Pluvial	12,560,799.43	Retención Vegetal	1,692,293.53
		Escorrentía Superficial	1,562,874.25
		Evapotranspiración Real	7,560,273.38
		Recarga Hídrica Potencial	1,754,447.90
Sumatoria	12,560,799.43	Sumatoria	12,569,889.06

Acorde al cuadro anterior podemos ver que la ETP real constituye el 60.18 % de las salidas del sistema suelo, el 12.44 % sale en forma de escorrentía superficial por medio de ríos y quebradas, el agua retenida en el follaje de la vegetación cubre el 13.47 % y el 14 % de la precipitación pluvial potencialmente llega a los mantos freáticos en forma de recarga hídrica potencial.

2.6.12 Zonas críticas de recarga hídrica

Al determinar la recarga hídrica potencial se concluyó con los factores necesarios para determinar las zonas susceptibles que por sus características y al ser sometidas a un mal manejo pueden disminuir su capacidad de recarga, por lo que necesitaran un manejo especial.

Principalmente los factores tomados en cuenta fueron: Geología, lámina de infiltración básica, pendiente y recarga hídrica, cada uno de estos factores fue ponderado, en donde los puntajes más altos don tomados como zonas de alta susceptibilidad a disminuir su recarga hídrica potencial.

Cuadro. 38 Criterios ponderados (Cook, 2000 modificado) para la zonificación de áreas críticas de recarga hídrica y resultados de susceptibilidad de las unidades de mapeo a disminuir su capacidad de recarga hídrica potencial.

U. de Mapeo	Criterios para zonificación de áreas críticas de recarga hídrica					Susceptibilidad
	Geología	Infiltración	Recarga P.	Pendiente	Sumatoria	
Qv.C.2 R (a)	1	1	0	3	5	Baja
Qv.C.2 R (b)	1	1	0	3	5	Baja
I.B.4	0	1	4	2	7	Moderada
Qa.B.4	2	1	4	3	10	Alta
Qv.B.3	1	2	4	3	10	Alta
Qv.B.4 (a)	1	1	3	3	8	Moderada
Qv.B.4 (b)	1	1	3	3	8	Moderada
I.B.1	0	1	4	3	8	Moderada
Qv.B.1 (a)	1	1	4	3	9	Moderada
Qv.B.1 (b)	1	1	4	3	9	Moderada
Qv.C.2 CH (a)	1	1	4	3	9	Moderada
Qv.C.2 CH (b)	1	1	4	3	9	Moderada
Qv.C.4 M	1	1	4	1	7	Moderada
Qv.C.4 N (a)	1	1	2	2	6	Moderada
Qv.C.4 N (b)	1	1	4	2	8	Moderada
I.A.4	2	1	4	1	8	Moderada
I.B.3	2	1	4	3	10	Alta
Qv.C.3 (a)	1	1	3	3	8	Moderada
Qv.C.3 (b)	1	1	4	3	9	Moderada
Qv.C.3 (c)	1	1	3	3	8	Moderada
Qa.A.4	0	2	4	3	8	Moderada
Qv.C.1 F (a)	1	1	2	3	7	Moderada
Qv.C.1 F (b)	1	1	2	3	7	Moderada
Qv.C.1 C (a)	1	1	3	3	8	Moderada
Qv.C.1 C (b)	1	1	4	3	9	Moderada
Qv.C.1 C (c)	1	1	3	3	8	Moderada

Tres unidades de mapeo son altamente susceptibles a disminuir su recarga hídrica potencial estas son: **Qa.B.4**, **Qv.B.3** y **I.B.3**, la mayoría de unidades de mapeo se encuentran con una susceptibilidad moderada y solo dos unidades de mapeo: **Qv.C.2 R (a)** y **Qv.C.2 R (b)** tienen una baja susceptibilidad ya que su porcentaje de recarga es muy bajo.

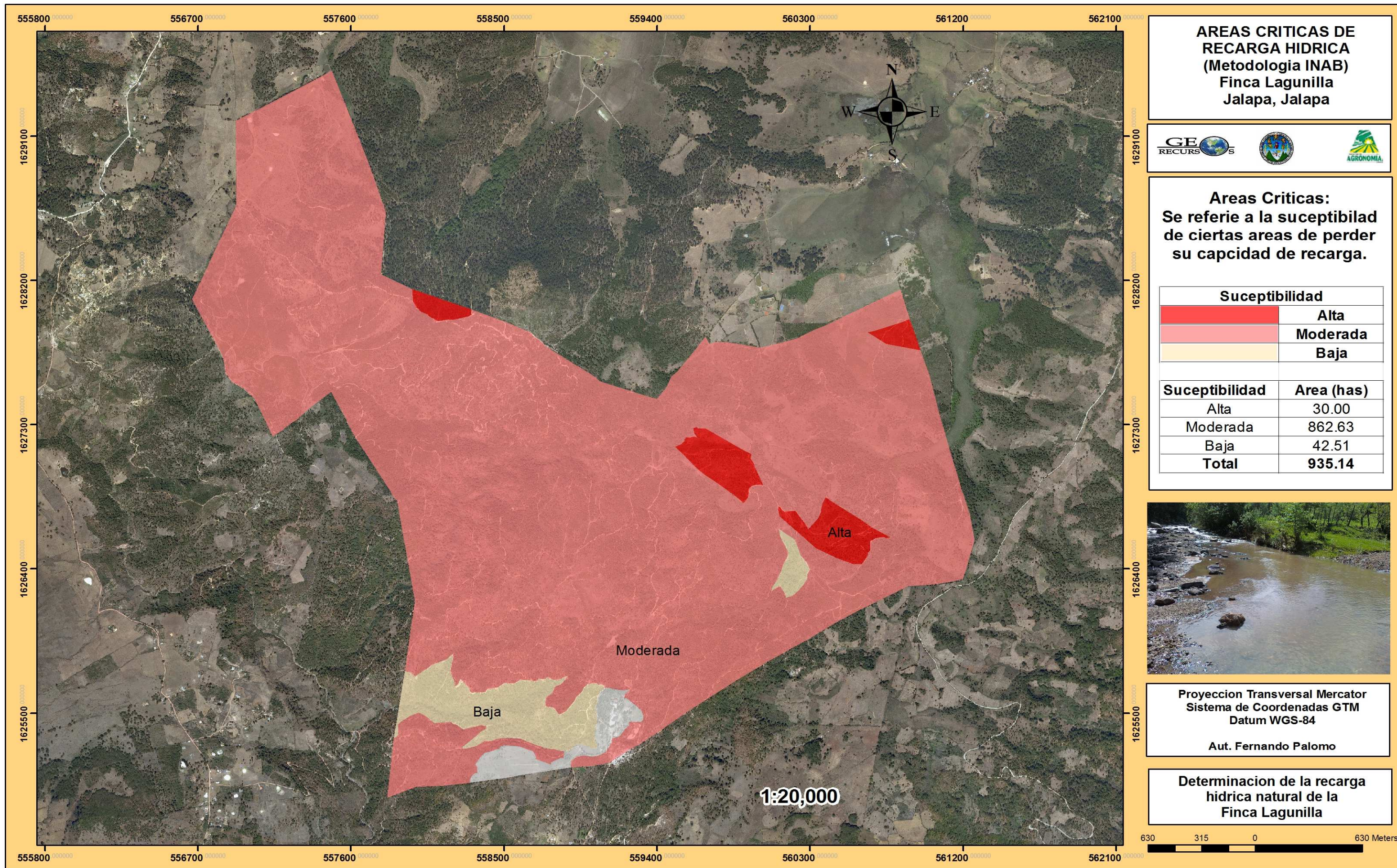


Figura. 31 Mapa de áreas Críticas de recarga hídrica de la finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

2.6.13 Nacimientos

Se mapeo los principales nacimientos que se encuentran en la finca, de los cuales se hace uso para el abastecimiento de agua para las diferentes actividades que se realizan en la finca, esto se realizó mediante un caminamiento por todos los nacimientos con un navegador, geoposicionando cada nacimiento, obteniendo datos de coordenadas y alturas sobre el nivel del mar. A continuación en el siguiente cuadro se despliega el listado de los nacimientos con sus respectivas coordenadas y altitudes.

Cuadro. 39 Nacimientos encontrados en la finca Lagunilla, coordenadas de ubicación proyectadas en UTM Wgs-84 Zona 16 N y altitud en msnm.

Nacimiento	x	y	Altitud (msnm)	Código (Mapa)
El Mulato	182844	1628532	1,820	A
El presidencial	182819	1628533	1,820	B
Presa El Mulato	182458.08	1628085.09	1,740	S
Hidroeléctrica Pelton	181413	1627191	1,500	Pelt
El Pinalito	183189	1627921	1,880	C
Agua Clara	183074.52	1627798.61	1,820	D
El Liquidámbar	183088.26	1627721.15	1,820	E
Presa El Pinalito	182431.36	1627413.81	1,660	T
Agua Crista	181768	1629330	1,780	F
Zacatera	182362	1628928	1,820	G
Llano La puerta	181908	1628927	1,780	H
Nacimiento Vivero Viejo 1	180422	1629450	1,780	I
Nacimiento Vivero Viejo 2	180208	1629535	1,800	J
Nacimiento Vivero Viejo 3	181084	1629025	1,720	K
Nacimiento (INFOM)	182290.12	1628918.14	1,820	L
Nacimiento de Invierno	181537.57	1629437.3	1,820	M
Nacimiento de invierno	181342.52	1629447.22	1,820	N
Nacimiento de invierno	181073.46	1628684.36	1,780	Ñ
Nacimiento de invierno	182265.53	1628611.89	1,800	O
Nacimiento de invierno	182387.32	1628492.28	1,820	P
Nacimiento de invierno	182574.96	1628680.55	1,820	Q
Nacimiento de invierno	182198.54	1627781.8	1,700	R

Como se observa en el cuadro anterior se encontraron 12 nacimientos perennes y 7 nacimientos efímeros, ubicados en las partes altas y medias de la finca a una altitud que va desde los 1,700 a los 1,880 msnm, ver mapa página siguiente.

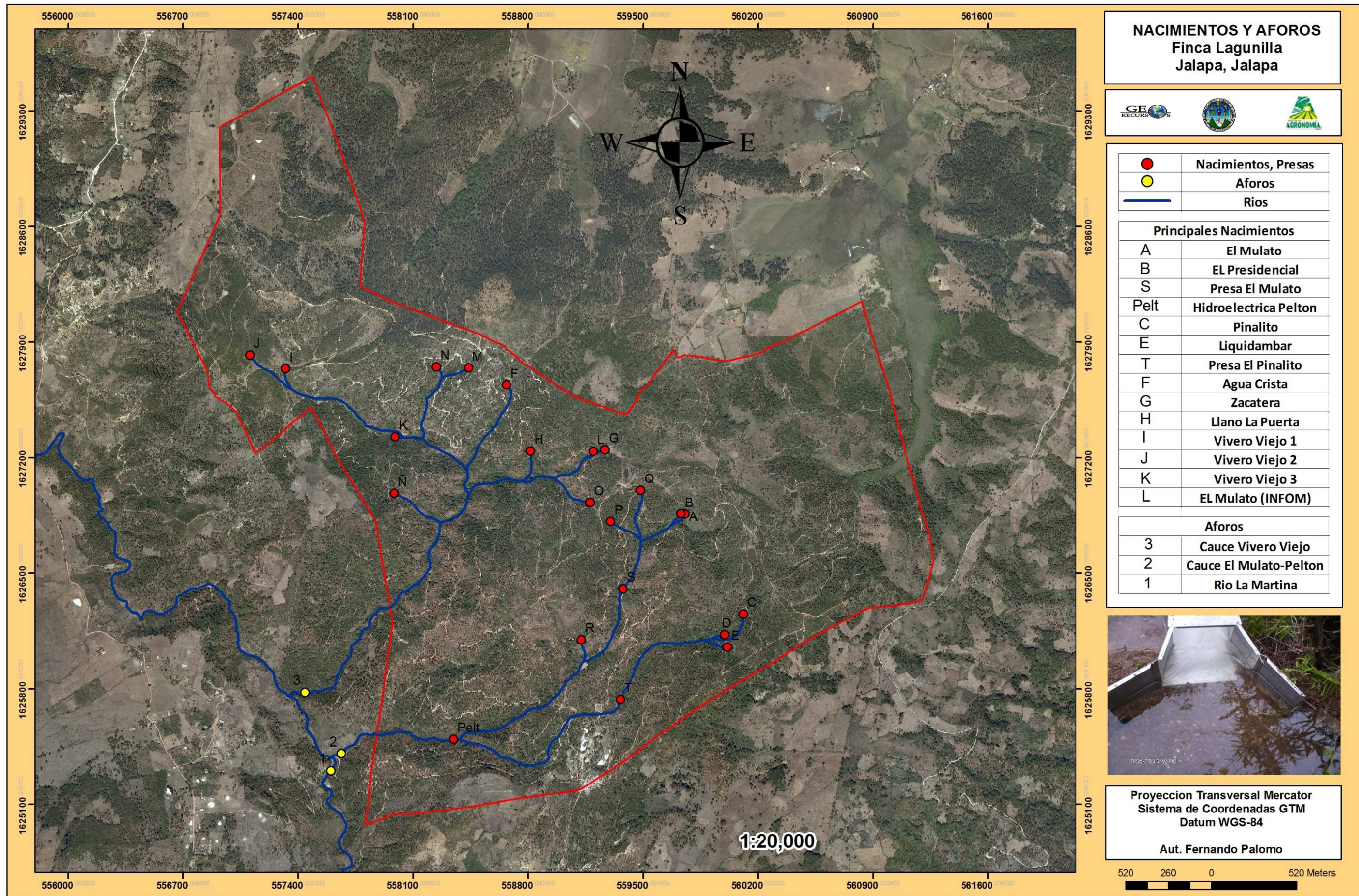


Figura. 32 Mapa de nacimientos y aforos Finca Lagunilla, Jalapa, Jalapa.

2.7 CONCLUSIONES

1. La recarga hídrica potencial de la Finca Lagunilla es de 1,754,447.90 m³/anuales y representa el 14 % de la precipitación pluvial del área.
2. Los valores más altos de recarga hídrica potencial de la finca se ubican en las partes más altas de la finca (1,700 a 1,900 msnm) y equivalen al 18 % del total de la recarga hídrica potencial de la finca, estas a su vez representan el 22% del área total de la finca, las áreas con moderada recarga hídrica potencial representan el 53 % y se ubican en las partes medias y bajas de la finca.
3. La principal salida del sistema (Finca) lo presenta la evapotranspiración real con un volumen de 7,560,273.38 m³/anuales lo que representa el 60% de la precipitación pluvial del área, la escorrentía superficial sale del sistema con un volumen de 1,562,874.25 m³/anuales formando los principales afluentes de la finca representando el 12 % de la precipitación del área.
4. Las áreas críticas que por sus características son altamente susceptibles a disminuir su capacidad de recarga hídrica potencial son las unidades Qa.B.4, Qv.B.3 y I.B.3 localizándose en la parte alta norte de finca y cuentan con una extensión de 30.14 ha, el 95% de la extensión total de finca es moderadamente susceptible.
5. La finca cuenta con 12 nacimientos perennes establecidos en la parte media de la finca en una franja que va desde los 1,500 hasta los 1,700 msnm.

2.8 RECOMENDACIONES

- La cobertura forestal es un factor determinante para la regulación del ciclo de recarga hídrica por lo que es necesario mantenerla en equilibrio ya que altas densidades de cobertura vegetal aumentan la retención vegetal y la evapotranspiración y bajas densidades de cobertura vegetal desprotegen el suelo provocando un aumento de la escorrentía superficial.
- Debido a que la finca Lagunilla dedica sus actividades al manejo forestal es necesario la aplicación de métodos de extracción selectivos que permitan mantener una cobertura adecuada de bosque, principalmente en las áreas altamente susceptibles o críticas para así perpetuar sus buenas características de recarga hídrica.
- Para posteriores investigaciones será necesario la implementación de nuevos puntos de monitoreo climático principalmente de la precipitación, esto para la obtención de datos más precisos en áreas puntuales.
- La finca provee el 100% del recurso hídrico utilizado por las comunidades aledañas por lo que es necesario educar a las personas y trabajadores de la importancia de cada uno de los factores que intervienen en el ciclo de la recarga hídrica.
- Las autoridades administrativas de la finca deberán establecer y ejecutar prácticas que mejoren y fomenten la recarga hídrica con el objetivo de mantener niveles adecuados en los reservorios naturales de agua.
- Es necesario valorizar el recurso hídrico mediante la cuantificación de los servicios que presta tanto para la finca como para las comunidades aledañas, de manera que se demuestre la importancia del recurso como un bien económico y con esto optimizar su utilización y manejo.

2.9 BIBLIOGRAFIA

1. Aragón, M. 2008. Inventario forestal finca Lagunilla, Jalapa. Guatemala, Georecursos. 43 p.
2. Bruijnzeel, S. 1990. Hydrology of moist tropical forest and effects of conversions: a state of knowledge review. Amsterdam, Netherlands, UNESCO/International Hydrological Programme. 224 p.
3. Cifuentes Barrientos, JG. 2000. Estudio de la cobertura de tres cultivos sobre la erosión hídrica del suelo, en la parte media de la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango (fase III). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 60 p.
4. Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. v. 1-2, 2,350 p.
5. Girón, A; Gómez, C; Recalde, A. 2004. Manual de manejo de cuencas. 2 ed. San Salvador, Visión Mundial. 95 p.
6. Goyal Raj, M. 1999. Manejo de riego por goteo. Puerto Rico, UPRMD. 255 p.
7. Herrera, Ibáñez, I. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
8. _____. 2002. Hidrogeología practica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomia / Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos. 190 p.
9. Johnson, EE. 1975. El agua subterránea en los pozos. Minnesota, US, Johnson. 513 p.
10. Lanza Espino, G; Cáceres Martínez, C; Adame, S. 1999. Diccionario de hidrología y ciencias afines. México, Plaza y Valdez Editores. 286 p.
11. Lerner, DN; Issar, AS; Simmers, I. 1990. Groundwater recharge. a guide to understanding natural recharge. Verlag Heinz, Heise, International Contributions to Hydrogeology. v. 8, 345 p.
12. Linsley, RK; Kohler, MA; Paulhus Joseph, LH. 1988. Hidrología para ingenieros. Trad. por Alejandro Deeb, Jaime Iván Ordóñez y Fabio Castrillón. México, McGraw-Hill. 48 p.
13. Motta Franco, E. 2002. Determinación de áreas de recarga hídrica. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 38 p.

14. Orozco, E; Padilla, T; Salguero, M. 2003. Metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural (capacitación técnica). Guatemala, FAUSAC / INAB, Proyecto de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos. 62 p.
15. Padilla, TA. 2003. Evaluación de potencial hídrico de la microcuenca del río Cantíl, Escuintla, Guatemala. Tesis de MSc. Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 102 p.
16. Rodas, O. 1997. El papel del bosque en el ciclo hidrológico. Guatemala, Plan de Acción Forestal para Guatemala / Instituto Nacional de Bosques. 10 p.
17. Rodas, O; Rosito, J. 2005. Programa de investigación de hidrología forestal. Guatemala, INAB. 38p.
18. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
19. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la Republica de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda. 1,000 p.

2.10 ANEXOS

Cuadro. 40A. Temperaturas (máxima, mínima y media) en °C de las estaciones Meteorológicas.

Estación	Temp. (°C)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
Floricultura	Media	20.81	21.20	20.77	20.72	20.94	20.61	19.83	17.96	17.47	17.09	18.01	19.20	19.55
	Máxima	22.01	22.37	21.94	21.89	22.12	21.79	20.98	19.12	18.66	18.44	19.22	20.41	20.75
	Mínima	19.36	19.96	19.53	19.32	19.73	19.43	18.61	16.67	16.23	15.88	16.56	17.44	18.23
Potrero Carrillo	Media	18.17	18.46	18.38	17.79	17.91	17.89	16.88	15.90	14.79	14.34	15.51	16.44	16.91
	Máxima	23.99	23.39	22.15	21.52	21.66	21.50	21.35	19.73	19.53	19.62	21.09	22.77	21.76
	Mínima	9.29	11.76	13.05	12.91	12.86	12.79	12.16	9.96	8.42	7.30	6.90	7.44	8.41
La Ceibita	Media	25.00	24.87	23.97	23.66	24.03	23.08	22.78	21.89	21.81	21.25	22.15	23.71	23.14
	Máxima	32.08	31.04	29.01	28.98	28.98	28.47	27.89	27.69	27.98	28.42	29.43	30.98	29.62
	Mínima	15.98	17.63	17.99	17.57	17.38	17.22	16.38	14.66	13.30	12.36	12.62	14.18	14.12
Albores	Media	19.13	19.03	18.85	18.11	17.94	17.78	16.95	15.71	14.96	15.76	16.48	17.93	17.45
	Máxima	26.26	25.29	24.24	23.61	24.28	23.66	21.74	21.90	21.07	22.40	23.41	25.50	23.55
	Mínima	11.66	13.04	13.05	13.39	13.28	14.65	13.16	9.55	5.47	4.61	5.23	9.96	10.70

Cuadro. 41A. Temperaturas medias mensuales (°C) de acuerdo a su altitud (msnm).

Altitud (msnm)	Isotermas (°C)												Media Anual (°C)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1900	13.38	14.63	15.48	17.24	17.50	17.55	16.77	16.85	16.94	15.85	15.18	13.85	15.94
1800	14.06	15.25	16.17	17.90	18.19	18.14	17.50	17.61	17.62	16.59	15.69	14.52	16.60
1760	14.34	15.51	16.44	18.17	18.46	18.38	17.79	17.91	17.89	16.88	15.90	14.79	16.91
1700	14.48	15.63	16.58	18.30	18.60	18.50	17.94	18.06	18.03	17.03	16.00	14.92	17.01
1600	14.61	15.76	16.72	18.43	18.73	18.62	18.09	18.21	18.17	17.18	16.11	15.06	17.14
1500	14.75	15.88	16.86	18.56	18.87	18.74	18.23	18.37	18.30	17.33	16.21	15.19	17.27
1400	14.89	16.01	17.00	18.69	19.01	18.86	18.38	18.52	18.44	17.47	16.31	15.32	17.41
1360	17.09	18.01	19.20	20.81	21.20	20.77	20.72	20.94	20.61	19.83	17.96	17.47	19.55

Cuadro. 42A. Precipitación pluvial media mensual y anual por estación meteorológica.

Precipitación pluvial media mensual en (mm)													
Estación	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
Floricultura	25.68	95.28	167.24	142.44	108.84	171.8	108.52	14.81	10.2	5.96	4.12	6.64	861.53
Potrero Carrillo	38.58	125.77	236.97	189.81	178.41	264.94	140.62	92.82	16.09	15.40	5.69	15.43	1320.54
La Ceibita	20.07	102.46	213.46	153.76	159.85	192.05	119.32	29.68	6.11	0.38	0.47	6.93	994.14
Albores	62.50	166.73	309.56	257.58	322.18	419.91	270.29	138.26	46.97	20.88	22.91	15.18	2052.93

Cuadro. 43A. Variación de la precipitación pluvial media mensual en mm, a diferentes intervalos de altitud (msnm).

Gradiente	Cambio de precipitación pluvial (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
(20 msnm)	0.47	0.08	0.44	0.65	1.52	3.49	2.37	3.48	4.66	1.61	3.90	0.29
(100 msnm)	2.36	0.39	2.20	3.23	7.62	17.43	11.84	17.39	23.29	8.03	19.50	1.47
(400msnm)	9.44	1.57	8.79	12.90	30.49	69.73	47.37	69.57	93.14	32.10	78.01	5.89

Cuadro. 44A. Isoyetas, precipitación media mensual (mm) de acuerdo a su altitud (msnm).

Altitud (msnm)	Isoyetas (mm)													Media Anual (mm)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	
1900	18.70	6.24	18.51	43.09	136.44	261.37	206.39	202.76	297.54	151.86	120.12	18.16	1481.19	123.43
1800	16.34	5.85	16.31	39.87	128.82	243.94	194.55	185.37	274.26	143.83	100.62	16.68	1366.44	113.87
1760	15.40	5.69	15.43	38.58	125.77	236.97	189.81	178.41	264.94	140.62	92.82	16.09	1320.54	110.05
1700	13.98	5.45	14.11	36.64	121.19	226.51	182.71	167.98	250.97	135.81	81.12	15.21	1251.69	104.31
1600	11.62	5.06	11.92	33.42	113.57	209.07	170.86	150.58	227.69	127.78	61.61	13.74	1136.94	94.74
1500	9.26	4.67	9.72	30.19	105.95	191.64	159.02	133.19	204.40	119.76	42.11	12.27	1022.19	85.18
1400	6.90	4.28	7.52	26.97	98.33	174.21	147.18	115.80	181.12	111.73	22.61	10.79	907.44	75.62
1360	5.96	4.12	6.64	25.68	95.28	167.24	142.44	108.84	171.80	108.52	14.81	10.20	861.53	71.79

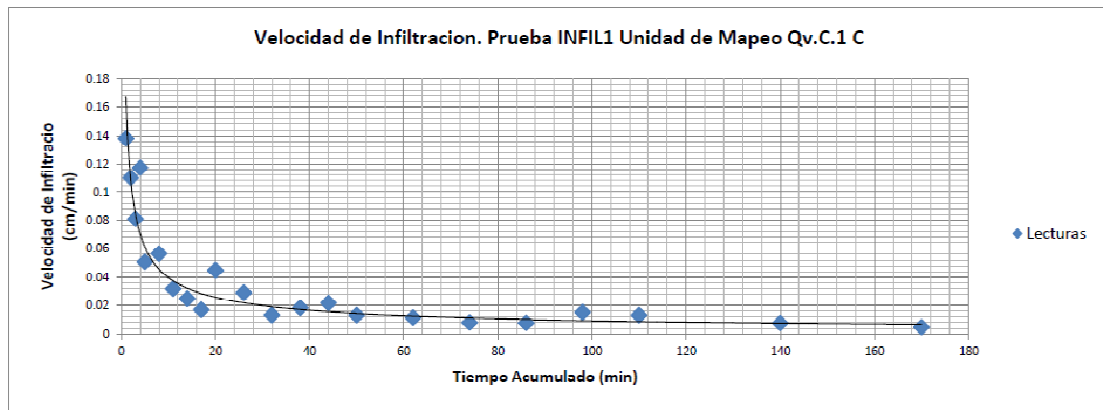
Cuadro. 45A. Evapotranspiración potencial media mensual y anual en (mm) por Unidades de Mapeo.

Unidad de Mapeo	Evapotranspiración Potencial (mm/mes)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media A.
Qv.C.2 R (a)	73.35	80.32	104.23	108.40	102.71	88.99	90.13	90.16	83.39	79.36	68.33	68.50	86.49
Qv.C.2 R (b)	102.20	114.44	147.24	155.39	144.43	121.87	119.19	120.93	112.81	107.29	94.81	95.12	119.64
I.B.4	101.05	113.05	145.51	153.47	142.72	120.48	118.00	119.68	111.59	106.16	93.68	94.05	118.29
Qa.B.4	101.05	113.05	145.51	153.47	142.72	120.48	118.00	119.68	111.59	106.16	93.68	94.05	118.29
Qv.B.3	99.85	111.61	143.71	151.49	140.96	119.05	116.77	118.39	110.34	105.00	92.52	92.94	116.89
Qv.B.4 (a)	103.31	115.78	148.92	157.24	146.08	123.22	120.35	122.13	113.99	108.38	95.90	96.16	120.96
Qv.B.4 (b)	98.62	110.13	141.86	149.45	139.15	117.58	115.50	117.06	109.04	103.79	91.33	91.79	115.44
I.B.1	102.20	114.44	147.24	155.39	144.43	121.87	119.19	120.93	112.81	107.29	94.81	95.12	119.64
Qv.B.1 (a)	103.31	115.78	148.92	157.24	146.08	123.22	120.35	122.13	113.99	108.38	95.90	96.16	120.96
Qv.B.1 (b)	101.05	113.05	145.51	153.47	142.72	120.48	118.00	119.68	111.59	106.16	93.68	94.05	118.29
Qv.C.2 CH (a)	90.23	100.15	129.32	135.70	126.91	107.80	106.93	108.04	100.35	95.61	83.44	84.01	105.71
Qv.C.2 CH (b)	96.02	107.03	137.97	145.16	135.34	114.52	112.83	114.26	106.33	101.25	88.85	89.37	112.41
Qv.C.4 M	104.39	117.09	150.54	159.05	147.69	124.53	121.46	123.30	115.13	109.44	96.97	97.17	122.23
Qv.C.4 N (a)	83.50	92.22	119.31	124.78	117.21	100.18	100.16	100.86	93.51	89.10	77.31	77.81	97.99
Qv.C.4 N (b)	96.02	107.03	137.97	145.16	135.34	114.52	112.83	114.26	106.33	101.25	88.85	89.37	112.41
I.A.4	97.34	108.61	139.95	147.34	137.27	116.07	114.19	115.68	107.71	102.54	90.11	90.60	113.95
I.B.3	102.20	114.44	147.24	155.39	144.43	121.87	119.19	120.93	112.81	107.29	94.81	95.12	119.64
Qv.C.3 (a)	91.76	101.96	131.60	138.18	129.13	109.56	108.48	109.67	101.92	97.10	84.85	85.42	107.47
Qv.C.3 (b)	103.31	115.78	148.92	157.24	146.08	123.22	120.35	122.13	113.99	108.38	95.90	96.16	120.96
Qv.C.3 (c)	97.34	108.61	139.95	147.34	137.27	116.07	114.19	115.68	107.71	102.54	90.11	90.60	113.95
Qa.A.4	98.62	110.13	141.86	149.45	139.15	117.58	115.50	117.06	109.04	103.79	91.33	91.79	115.44
Qv.C.1 F (a)	71.02	77.59	100.77	104.65	99.40	86.48	87.87	87.74	81.10	77.15	66.31	66.37	83.87
Qv.C.1 F (b)	94.65	105.39	135.92	142.91	133.33	112.91	111.43	112.78	104.91	99.91	87.56	88.10	110.82
Qv.C.1 C (a)	97.34	108.61	139.95	147.34	137.27	116.07	114.19	115.68	107.71	102.54	90.11	90.60	113.95
Qv.C.1 C (b)	101.05	113.05	145.51	153.47	142.72	120.48	118.00	119.68	111.59	106.16	93.68	94.05	118.29
Qv.C.1 C (c)	96.02	107.03	137.97	145.16	135.34	114.52	112.83	114.26	106.33	101.25	88.85	89.37	112.41
Promedio	96.41	107.55	138.59	145.90	136.00	115.14	113.31	114.72	106.83	101.67	89.37	89.76	112.94

Cuadro. 46A. Prueba de infiltración 1, Unidad de mapeo Qv.C.1 C (c).

Infil1			
Unidad de mapeo:	Qv.C.1 C	Profundidad Agujero:	60cm
Departamento:	Jalapa	Díametro del agujero:	8 cm
Finca:	Lagunilla		
Lugar:	Potrerillos		

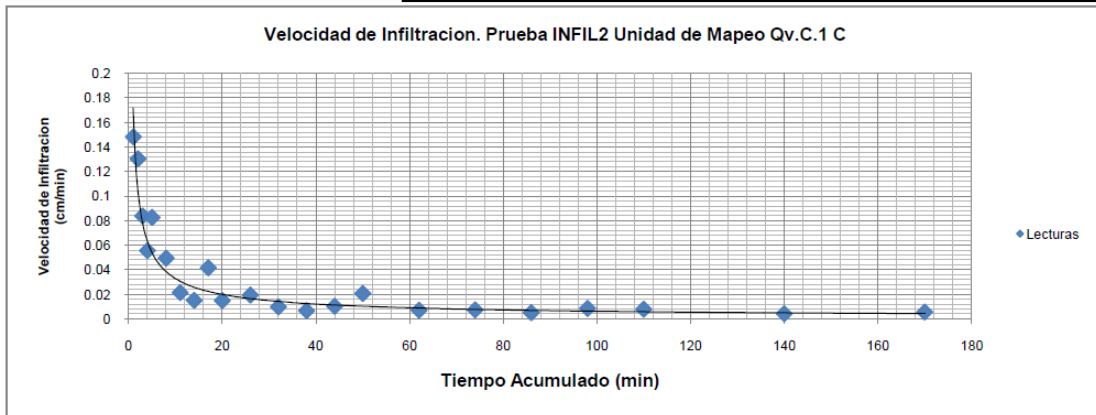
Intervalo (min)	Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia (cm)	R/(2*(t - t ₀))	(2h + R)/(2h - R)	Ln	Velocidad de infiltración			
							(cm/min)	(cm/hr)	(mm/hr)	(mm/día)
0	0	58								
1	1	54	4.00	2	1.071428571	0.068992871	0.137986	8.27914	82.7914	1986.995
1	2	51	3.00	2	1.056603774	0.055059777	0.11012	6.60717	66.0717	1585.722
1	3	48.9	2.10	2	1.041257367	0.04042899	0.080858	4.85148	48.5148	1164.355
1	4	46	2.90	2	1.060410607	0.058661913	0.117324	7.03943	70.3943	1689.403
1	5	44.8	1.20	2	1.025641026	0.025317808	0.050636	3.03814	30.3814	729.1529
3	8	41	3.80	0.66666667	1.088372093	0.084683087	0.056455	3.38732	33.8732	812.9576
3	11	39	2.00	0.66666667	1.048780488	0.047628049	0.031752	1.90512	19.0512	457.2293
3	14	37.5	1.50	0.66666667	1.037974604	0.037271395	0.024040	1.49006	14.9006	357.0054
3	17	36.5	1.00	0.66666667	1.025974026	0.025642431	0.017095	1.0257	10.257	246.1673
3	20	34	2.50	0.66666667	1.069444444	0.067139303	0.04476	2.68557	26.8557	644.5373
6	26	31	3.00	0.33333333	1.090909091	0.087011377	0.029004	1.74023	17.4023	417.6546
6	32	29.7	1.30	0.33333333	1.041009464	0.040190881	0.013307	0.80382	8.03818	192.0162
6	38	28	1.70	0.33333333	1.056666667	0.055119299	0.018373	1.10239	11.0239	264.5726
6	44	26.1	1.90	0.33333333	1.067615658	0.065427805	0.021809	1.30856	13.0856	314.0535
6	50	25	1.10	0.33333333	1.040740741	0.03993271	0.013311	0.79865	7.98654	191.677
12	62	23.2	1.80	0.16666667	1.071428571	0.068992871	0.011499	0.68993	6.89929	165.5829
12	74	22	1.20	0.16666667	1.05	0.048790164	0.008132	0.4879	4.87902	117.0964
12	86	20.9	1.10	0.16666667	1.048034934	0.04691692	0.007819	0.46917	4.69169	112.6006
12	98	18.9	2.00	0.16666667	1.09569378	0.091387752	0.015231	0.91388	9.13878	219.3306
12	110	17.3	1.60	0.16666667	1.082901554	0.079644083	0.013274	0.79644	7.96441	191.1458
30	140	15.2	2.10	0.06666667	1.122093023	0.115195712	0.00760	0.46070	4.60703	110.5079
30	170	14	1.20	0.06666667	1.075	0.072320662	0.004821	0.28928	2.89283	69.42784
Infiltración básica							0.016085	0.96512	9.65123	231.6295



Cuadro. 47A. Prueba de infiltración 2, unidad de mapeo Qv.C.1 C (c).

Infil2			
Unidad de mapeo:	Qv.C.1 C	Profundidad Agujero:	70 cm
Departamento:	Jalapa	Diametro del agujero:	8 cm
Finca:	Lagunilla	Volumen de Saturacion:	2.65 lts
Lugar:	Potrerillos		
Uso de la tierra	osque Manejo		

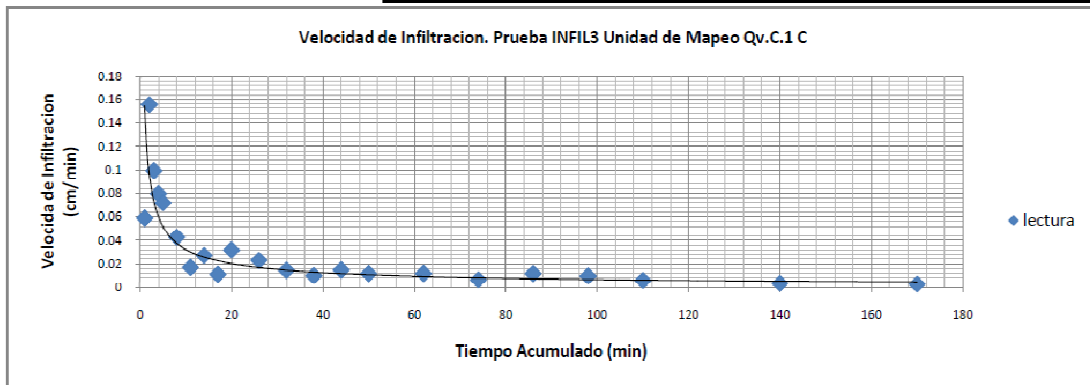
Intervalo (min)	Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia (cm)	R/(2*(t2-t1))	(2h1+R)/(2h2+R)	Ln	Velocidad de infiltracion			
							(cm/min)	(cm/hr)	(mm/hr)	(mm/dia)
0	0	68								
1	1	63	5.00	2	1.076923077	0.074108	0.1482159	8.892957	88.929567	2134.3096
1	2	58.9	4.10	2	1.067323481	0.0651541	0.1303082	7.818491	78.184914	1876.4379
1	3	56.4	2.50	2	1.042808219	0.0419173	0.0838346	5.030074	50.300742	1207.2178
1	4	54.8	1.60	2	1.028169014	0.0277796	0.0555591	3.333548	33.335477	800.05145
1	5	52.5	2.30	2	1.042201835	0.0413356	0.0826712	4.960275	49.602749	1190.466
3	8	48.6	3.90	0.666666667	1.077075099	0.0742491	0.0494994	2.969965	29.69965	712.7916
3	11	47	1.60	0.666666667	1.032653061	0.0321313	0.0214209	1.285251	12.852511	308.46027
3	14	45.9	1.10	0.666666667	1.022964509	0.0227048	0.0151365	0.908192	9.0819175	217.96602
3	17	43	2.90	0.666666667	1.064444444	0.062453	0.0416353	2.498121	24.981206	599.54894
3	20	42	1.00	0.666666667	1.022727273	0.0224729	0.0149819	0.898914	8.9891423	215.73942
6	26	39.5	2.50	0.333333333	1.060240964	0.0584962	0.0194987	1.169924	11.699241	280.78179
6	32	38.3	1.20	0.333333333	1.029776675	0.029342	0.0097807	0.586839	5.8683917	140.8414
6	38	37.5	0.80	0.333333333	1.020253165	0.0200508	0.0066836	0.401016	4.0101594	96.243826
6	44	36.3	1.20	0.333333333	1.031331593	0.0308508	0.0102836	0.617016	6.1701551	148.08372
6	50	34	2.30	0.333333333	1.063888889	0.061931	0.0206437	1.238619	12.386192	297.2686
12	62	32.5	1.50	0.166666667	1.043478261	0.0425596	0.0070933	0.425596	4.2559614	102.14307
12	74	31	1.50	0.166666667	1.045454545	0.0444518	0.0074086	0.444518	4.4451763	106.68423
12	86	30	1.00	0.166666667	1.03125	0.0307717	0.0051286	0.307717	3.0771659	73.851981
12	98	28.4	1.60	0.166666667	1.052631579	0.0512933	0.0085489	0.512933	5.1293294	123.10391
12	110	27	1.40	0.166666667	1.048275862	0.0471468	0.0078578	0.471468	4.7146778	113.15227
30	140	25.2	1.80	0.066666667	1.066176471	0.0640789	0.0042719	0.256315	2.5631543	61.515702
30	170	23	2.20	0.066666667	1.088	0.0843411	0.0056227	0.337365	3.3736459	80.967502
Infiltracion basica							0.0098311	0.589865	5.8986456	141.56749



Cuadro. 48A. Prueba de infiltración 3, unidad de mapeo Qv.C.1 C (c).

Infil3			
Unidad de mapeo:	Qv.C.1 C	Profundidad Agujero:	70 cm
Departamento:	Jalapa	Diametro del agujero:	8 cm
Finca:	Lagunilla	Volumen de Saturacion:	2.65 lts
Lugar:	Potrerrillos		
Uso de la tierra	sque Manejo		

Intervalo (min)	Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia (cm)	R/(2*(t ₂ -t ₁))	(2h ₁ R)/(2h ₂ R)	Ln	Velocidad de infiltración			
							(cm/min)	(cm/hr)	(mm/hr)	(mm/día)
0	0	67								
1	1	65	2.00	2	1.029850746	0.029414	0.0588278	3.52966622	35.296662	847.1198939
1	2	60	5.00	2	1.080645161	0.077558	0.1551165	9.30698812	93.069881	2233.677149
1	3	57	3.00	2	1.050847458	0.049597	0.0991939	5.95163294	59.516329	1428.391905
1	4	54.7	2.30	2	1.040564374	0.039763	0.0795265	4.77158798	47.71588	1145.181115
1	5	52.7	2.00	2	1.036563071	0.035911	0.071821	4.30926016	43.092602	1034.222438
3	8	49.3	3.40	0.66666667	1.066276803	0.064173	0.042782	2.56691829	25.669183	616.0603896
3	11	48	1.30	0.66666667	1.026	0.025668	0.0171118	1.02670987	10.267099	246.4103688
3	14	46	2.00	0.66666667	1.041666667	0.040822	0.0272147	1.63287978	16.328798	391.8911474
3	17	45.2	0.80	0.66666667	1.016949153	0.016807	0.0112047	0.67228473	6.7228473	161.3483358
3	20	43	2.20	0.66666667	1.048888889	0.047731	0.0318209	1.90925611	19.092561	458.2214671
6	26	40	3.00	0.33333333	1.071428571	0.068993	0.0229976	1.37985743	13.798574	331.1657831
6	32	38.2	1.80	0.33333333	1.044776119	0.043803	0.0146009	0.87605245	8.7605245	210.2525888
6	38	37	1.20	0.33333333	1.030769231	0.030305	0.0101018	0.60610699	6.0610699	145.4656776
6	44	35.3	1.70	0.33333333	1.045576408	0.044568	0.0148561	0.89136639	8.9136639	213.9279335
6	50	34	1.30	0.33333333	1.036111111	0.035474	0.0118248	0.70948776	7.0948776	170.2770633
12	62	31.5	2.50	0.16666667	1.074626866	0.071973	0.0119956	0.719735	7.19735	172.7363991
17	74	30.7	1.30	0.16666667	1.040377671	0.039579	0.0065965	0.39578986	3.9578986	94.98956707
12	86	28	2.20	0.16666667	1.073333333	0.070769	0.0117948	0.70769071	7.0769071	169.8457701
12	98	26.3	1.70	0.16666667	1.060070671	0.058336	0.0097226	0.58335577	5.8335577	140.0053848
12	110	25.3	1.00	0.16666667	1.036630037	0.035975	0.0059959	0.35975102	3.5975102	86.3402459
30	140	23.9	1.40	0.06666667	1.054054054	0.052644	0.0035096	0.21057493	2.1057493	50.53798415
30	170	22.8	1.10	0.06666667	1.044354839	0.043399	0.0028933	0.17359726	1.7359726	41.66334291
Infiltración básica							0.012137	0.7282076	7.282076	174.7698245



Cuadro. 49A. Balance Hídrico de suelos unidad Qv.C.1 C (c).**BALANCE HÍDRICO DE SUELOS**

Zona de Estudio:	Finca Lagunilla	
Unidad de Mapeo	Qv.C.1 C (1)	
Estación climática:	Potrero Carrillo	Floricultura
Textura de Suelo:	Franco Arcilloso Arenoso	
Cobertura del Suelo	Bosque Bajo Manejo	

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible.

DS: Densidad de Suelo.

C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

Kp: Factor por pendiente (ver léame)

Kv: Factor por vegetación (ver léame)

Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

NR: Necesidad de Riego.

Ret: Retención de lluvia

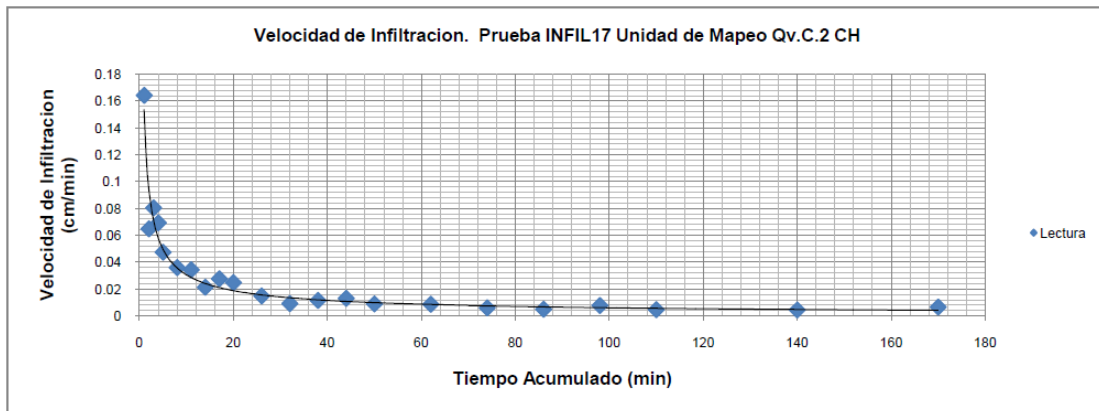
fc [mm/d]	203.67		
Kp [0.01%]	0.06		
Kv [0.01%]	0.20		
Kfc [0.01%]	0.665141	Por peso	
I [0.01%]	0.925141	(%)	(mm)
DS (g/cm ³):	1.43	CC	18.32 314.06
PR (mm)	1200.00	PM	10.09 172.97
HSi (mm)	314.05	(CC-PM)	8.23 141.09
Nº de mes con que inicia HSi:1,2,3...12?	1		
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.15		

Concepto	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
P (mm)	143.83	100.62	16.68	16.34	5.85	16.31	39.87	128.82	243.94	194.55	185.37	274.26	1366.44
Ret [mm]	21.57	15.09	5.00	5.00	5.00	5.00	5.98	19.32	36.59	29.18	27.81	41.14	216.69
Pi (mm)	113.11	79.12	10.81	10.49	0.78	10.47	31.35	101.30	191.83	152.99	145.77	215.67	1063.68
ESC (mm)	9.15	6.40	0.87	0.85	0.06	0.85	2.54	8.20	15.52	12.38	11.80	17.45	86.07
ETP (mm)	101.25	88.85	89.37	96.02	107.03	137.97	145.16	135.34	114.52	112.83	114.26	106.33	1348.93
HSi (mm)	314.05	314.06	307.40	255.83	224.41	200.61	192.03	197.45	235.97	313.60	314.06	314.06	314.06
HD (mm)	254.18	220.21	145.23	93.35	52.22	38.10	50.41	125.77	254.82	293.61	286.86	356.76	356.76
ETR (mm)	101.25	85.79	62.38	41.91	24.59	19.04	25.93	62.78	114.20	112.83	114.26	106.33	871.29
HSf (mm)	314.06	307.40	255.83	224.41	200.61	192.03	197.45	235.97	313.60	314.06	314.06	314.06	314.06
DCC (mm)	0.00	6.67	58.23	89.65	113.46	122.03	116.61	78.10	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
Rp (mm)	11.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.69	31.51	109.34	192.37
NR (mm)	0.00	9.73	85.23	143.76	195.90	240.96	235.84	150.65	0.79	0.00	0.00	0.00	1062.86

Cuadro. 50A. Prueba de infiltración 17, unidad de mapeo Qv.C.CH (a).

Infil17			
Unidad de mapeo:	Qv.C.2 CH	Profundidad Agujero:	60cm
Departamento:	Jalapa	Diametro del agujero:	8.90 cm
Finca:	Lagunilla		
Lugar:	Chupagorrio		
Uso de la tierra	Proteccion		

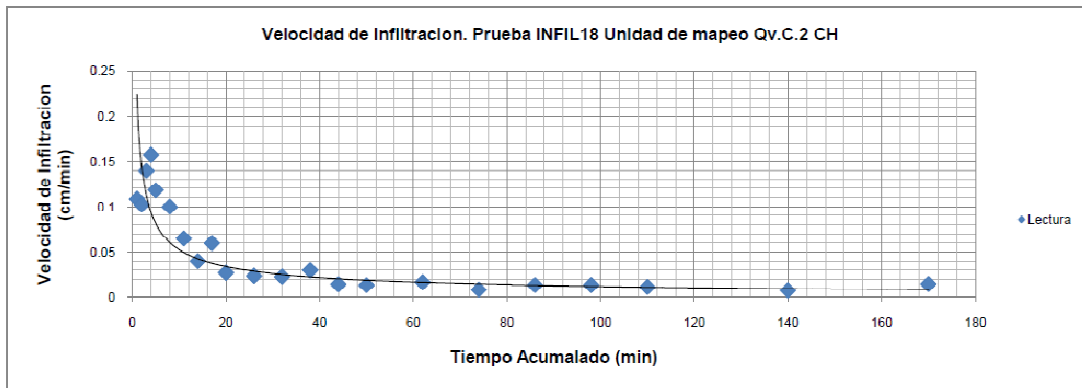
Intervalo (min)	Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia (cm)	R/(2*(t ₂ -t ₁))	(2h ₁ +R)/(2h ₂ +R)	Ln	Velocidad de infiltracion			
							(cm/min)	(cm/hr)	(mm/hr)	(mm/dia)
0	0	54								
1	1	50	4	2.225	1.076591671	0.0738002	0.1642054	9.8523254	98.5232542	2364.5581
1	2	48.5	1.5	2.225	1.029571217	0.0291424	0.0648419	3.8905133	38.905133	933.72319
1	3	46.7	1.8	2.225	1.036791007	0.0361304	0.0803901	4.8234047	48.2340472	1157.6171
1	4	45.2	1.5	2.225	1.031628888	0.031139	0.0692843	4.1570562	41.5705616	997.69348
1	5	44.2	1	2.225	1.021540118	0.0213114	0.0474179	2.845073	28.4507305	682.81753
3	8	42	2.2	0.74166667	1.049745619	0.0485479	0.0360063	2.1603801	21.6038009	518.49122
3	11	40	2	0.74166667	1.047365305	0.0462778	0.0343227	2.0593611	20.5936109	494.24666
3	14	38.8	1.2	0.74166667	1.029250457	0.0288308	0.0213829	1.2829717	12.8297174	307.91322
3	17	37.3	1.5	0.74166667	1.037950664	0.0372483	0.0276258	1.6575473	16.575473	397.81135
3	20	36	1.3	0.74166667	1.034009156	0.0334436	0.024804	1.4882416	14.8824159	357.17798
6	26	34.5	1.5	0.37083333	1.040844112	0.040032	0.0148452	0.8907127	8.90712662	213.77104
6	32	33.6	0.9	0.37083333	1.025122121	0.0248117	0.009201	0.5520614	5.52061401	132.49474
6	38	32.5	1.1	0.37083333	1.031677466	0.0311861	0.0115648	0.6938904	6.93890393	166.53369
6	44	31.3	1.2	0.37083333	1.035794183	0.0351685	0.0130416	0.7824982	7.82498223	187.79957
6	50	30.5	0.8	0.37083333	1.024446142	0.0241521	0.0089564	0.5373846	5.37384612	128.97231
12	62	29	1.5	0.18541667	1.048038431	0.0469203	0.0086998	0.5219878	5.21987846	125.27708
12	74	28	1	0.18541667	1.033085194	0.0325497	0.0060352	0.362115	3.62114962	86.907591
12	86	27.2	0.8	0.18541667	1.027187766	0.0268247	0.0049738	0.2984253	2.9842527	71.622065
12	98	26	1.2	0.18541667	1.0425155	0.0416365	0.0077201	0.4632065	4.63206542	111.16957
12	110	25.3	0.7	0.18541667	1.025431426	0.0251134	0.0046564	0.2793869	2.7938688	67.052851
30	140	23.7	1.6	0.07416667	1.06171649	0.0598869	0.0044416	0.2664968	2.66496832	63.95924
30	170	21.5	2.2	0.07416667	1.092729189	0.0886784	0.006577	0.3946189	3.94618923	94.708541
Infiltracion basica							0.0083928	0.5035654	5.03565379	120.85569



Cuadro. 51A. Prueba de infiltración 18, unidad de mapeo Qv.C.CH (a).

Infil18			
Unidad de mapeo:	Qv.C.2 CH	Profundidad Agujero:	60cm
Departamento:	Jalapa	Diametro del agujero:	8.90 cm
Finca:	Lagunilla		
Lugar:	Chupagorrio		
Uso de la tierra	Proteccion		

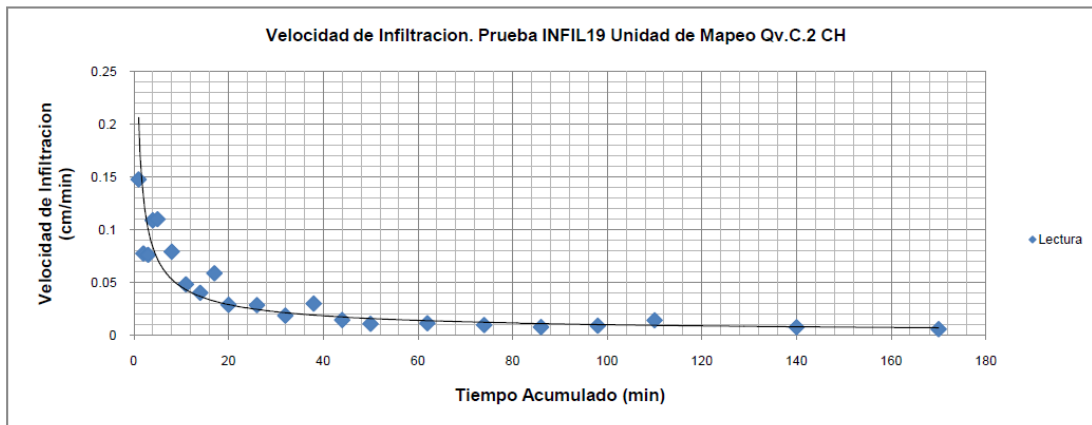
Intervalo (min)	Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia (cm)	R/(2*(t ₂ -t ₁))	(2h ₁ +R)/(2h ₂ +R)	Ln	Velocidad de infiltración			
							(cm/min)	(cm/hr)	(mm/hr)	(mm/dia)
0	0	61								
1	1	58	3	2.225	1.0498132	0.048612	0.1081622	6.489735	64.89735	1557.5363
1	2	55.3	2.7	2.225	1.046936115	0.045868	0.1020561	6.123366	61.23366	1469.6079
1	3	51.8	3.5	2.225	1.064784822	0.062773	0.1396693	8.38016	83.8016	2011.2384
1	4	48.1	3.7	2.225	1.073522106	0.070945	0.1578525	9.471148	94.71148	2273.0756
1	5	45.5	2.6	2.225	1.054478785	0.053047	0.1180287	7.081721	70.81721	1699.6131
3	8	39.5	6	0.741666667	1.143798682	0.134355	0.0996466	5.978793	59.78793	1434.9103
3	11	36	3.5	0.741666667	1.091563113	0.087611	0.0649779	3.898677	38.98677	935.68247
3	14	34	2	0.741666667	1.05521049	0.05374	0.0398574	2.391442	23.91442	573.94602
3	17	31.2	2.8	0.741666667	1.083769634	0.080445	0.0596636	3.579819	35.79819	859.1565
3	20	30	1.2	0.741666667	1.037238169	0.036562	0.0271165	1.62699	16.2699	390.47761
6	26	28	2	0.370833333	1.066170389	0.064073	0.0237605	1.425628	14.25628	342.15063
6	32	26.2	1.8	0.370833333	1.063324538	0.0614	0.0227693	1.366158	13.66158	327.87791
6	38	24	2.2	0.370833333	1.083889418	0.080556	0.0298728	1.792368	17.92368	430.16843
6	44	23	1	0.370833333	1.039643211	0.038878	0.0144171	0.865026	8.650263	207.60632
6	50	22.1	0.9	0.370833333	1.036998972	0.036331	0.0134727	0.808363	8.083634	194.00721
12	62	20	2.1	0.185416667	1.094488189	0.090287	0.0167407	1.004441	10.04441	241.06588
12	74	19	1	0.185416667	1.047114252	0.046038	0.0085362	0.512173	5.121733	122.92159
12	86	17.5	1.5	0.185416667	1.076045627	0.073293	0.0135897	0.815383	8.153831	195.69195
12	98	16.1	1.4	0.185416667	1.076398363	0.073621	0.0136505	0.819029	8.190294	196.56705
12	110	15	1.1	0.185416667	1.063860668	0.061904	0.0114781	0.688687	6.886868	165.28483
30	140	13.3	1.7	0.074166667	1.109500805	0.10391	0.0077067	0.4624	4.624003	110.97608
30	170	10.5	2.8	0.074166667	1.220039293	0.198883	0.0147505	0.88503	8.850296	212.40711
Infiltración básica							0.0158954	0.953724	9.53724	228.89375



Cuadro. 52A. Prueba de infiltración 19, unidad de mapeo Qv.C.CH (a).

Infil19			
Unidad de mapeo:	Qv.C.2 CH	Profundidad Agujero:	60cm
Departamento:	Jalapa	Diametro del agujero:	8.90 cm
Finca:	Lagunilla		
Lugar:	Chupagorrio		
Uso de la tierra	Proteccion		

Intervalo (min)	Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia (cm)	R/(2*(t ₂ -t ₁))	(2h ₁ +R)/(2h ₂ +R)	Ln	Velocidad de infiltracion			
							(cm/min)	(cm/hr)	(mm/hr)	(mm/dia)
0	0	60								
1	1	56	4	2.225	1.068699012	0.066442	0.14783352	8.8700113	88.700113	2128.80272
1	2	54	2	2.225	1.035571365	0.0349533	0.07777113	4.6662679	46.662679	1119.90431
1	3	52.1	1.9	2.225	1.034974689	0.034377	0.07648876	4.5893257	45.893257	1101.43817
1	4	49.5	2.6	2.225	1.050265829	0.0490433	0.10912135	6.5472809	65.472809	1571.34741
1	5	47	2.5	2.225	1.050787202	0.0495396	0.11022561	6.6135365	66.135365	1587.24876
3	8	42	5	0.741666667	1.113058225	0.1071114	0.07944094	4.7664566	47.664566	1143.94959
3	11	39.2	2.8	0.741666667	1.067592034	0.0654057	0.04850921	2.9105526	29.105526	698.532628
3	14	37	2.2	0.741666667	1.056086679	0.0545703	0.04047295	2.4283768	24.283768	582.810427
3	17	34	3	0.741666667	1.082815735	0.0795648	0.05901057	3.5406341	35.406341	849.752175
3	20	32.6	1.4	0.741666667	1.040201005	0.039414	0.02923203	1.7539216	17.539216	420.941184
6	26	30	2.6	0.370833333	1.0806827	0.077593	0.02877406	1.7264436	17.264436	414.346464
6	32	28.4	1.6	0.370833333	1.052244898	0.0509259	0.01888501	1.1331008	11.331008	271.944199
6	38	26	2.4	0.370833333	1.085031001	0.0816086	0.03026317	1.8157904	18.157904	435.789704
6	44	24.9	1.1	0.370833333	1.040552995	0.0397523	0.01474148	0.8844886	8.8448863	212.277272
6	50	24.1	0.8	0.370833333	1.030389364	0.0299368	0.01110155	0.6660928	6.6609277	159.862266
12	62	22.5	1.6	0.185416667	1.06471183	0.0627042	0.0116264	0.697584	6.9758401	167.420162
12	74	21.2	1.3	0.185416667	1.055496265	0.054011	0.01001455	0.6008729	6.0087292	144.209502
12	86	20.2	1	0.185416667	1.044593088	0.0436274	0.00808925	0.485355	4.8535505	116.485212
12	98	19.1	1.1	0.185416667	1.051582649	0.0502963	0.00932577	0.5595465	5.595465	134.29116
12	110	17.5	1.6	0.185416667	1.112834979	0.0779932	0.01446124	0.8676746	8.6767465	208.241915
30	140	15.5	2	0.074166667	1.08755804	0.1069108	0.00792922	0.475753	4.7575303	114.180728
30	170	14.1	1.4	0.074166667	1.08755804	0.0822784	0.00610231	0.3661389	3.6613887	87.8733283
Infiltracion basica							0.01427617	0.8565701	8.5657011	205.576826



Cuadro. 53A. Balance Hídrico de suelos unidad Qv.C.2 CH (a).**BALANCE HÍDRICO DE SUELOS**

Zona de Estudio:	Finca Lagunilla	
Unidad de Mapeo:	Qv.C.2 CH (a)	
Estación climática:	Potrero Carrillo	Floricultura
Textura de Suelo:	Franco Arcilloso Arenoso	
Cobertura del Suelo:	Bosque de protección	

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible

DS: Densidad de Suelo.

C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

Kp: Factor por pendiente (ver léame)

Kv: Factor por vegetación (ver léame)

Kf: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

NR: Necesidad de Riego.

Ret: Retención de lluvia

fc [mm/d]	185.10
Kp [0.01%]	0.06
Kv [0.01%]	0.20
Kf [0.01%]	0.642474
I [0.01%]	0.902474
DS (g/cm ³):	1.03
PR (mm)	1000.00
HSi (mm)	237.01
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	1
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12

	Por peso	
	(%)	(mm)
CC	23.11	237.02
PM	16.15	165.63
(CC-PM)	6.96	71.38

Concepto	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
P (mm)	137.41	85.02	15.51	14.46	5.53	14.55	37.29	122.72	229.99	185.07	171.45	255.63	1274.64
Rct (mm)	16.49	10.20	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	14.79	27.60	22.21	20.57	30.68	167.48
Pi (mm)	109.13	67.52	9.48	8.53	0.48	8.62	29.14	97.46	182.66	146.98	136.16	203.02	999.18
ESC (mm)	11.79	7.30	1.02	0.92	0.05	0.93	3.15	10.53	19.74	15.88	14.71	21.94	107.98
ETP (mm)	95.61	83.44	84.01	90.23	100.15	129.32	135.70	126.91	107.80	106.93	108.04	100.35	1268.50
HSi (mm)	237.01	237.02	230.40	197.88	180.64	170.26	166.88	167.14	201.14	237.02	237.02	237.02	
HD (mm)	180.51	138.90	74.25	40.78	15.48	13.24	30.39	98.96	218.16	218.36	207.55	274.40	
ETR (mm)	95.61	74.13	42.01	25.77	10.86	12.00	28.88	63.46	107.80	106.93	108.04	100.35	775.85
HSf (mm)	237.02	230.40	197.88	180.64	170.26	166.88	167.14	201.14	237.02	237.02	237.02	237.02	
DCC (mm)	0.00	6.62	39.14	56.38	66.76	70.13	69.88	35.87	0.00	0.00	0.00	0.00	
Rp (mm)	13.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.98	40.05	28.13	102.66	223.33
NR (mm)	0.00	15.92	81.15	120.83	156.05	187.46	176.69	99.33	0.00	0.00	0.00	0.00	837.43

Cuadro. 54A. Análisis físico de suelos.

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



INTERESADO: FCA. LAGUNILLA S.A.
INVESTIGACION DE RECARGA HIDRICA.
RESPONSABLE: FERNANDO PALOMO
PROCEDENCIA: JALAPA
FECHA DE INGRESO: 25/5/2010

IDENTIFICACION	% M.O	Gr/cc Da	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL
			1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
QVC 4 EL MINERAL	2.91	1.0811	28.81	23.25	50.15	17.39	32.46	ARCILLOSO
QVC 4 LA NOYA	1.96	1.2903	15.91	10.96	33.35	15.29	51.36	FRANCO ARCILLO ARENOSO
IA 4	4.57	1.1429	30.61	17.34	37.55	29.99	32.46	FRANCO ARCILLOSO
IB 3	6.46	1.1765	26.95	14.90	27.05	25.79	47.16	FRANCO ARCILLO ARENOSO
QVC 3	4.62	1.2121	26.27	16.25	41.75	25.79	32.46	ARCILLOSO
QVB 1 PUERTA AGUA BLANCA 2	10.11	1.2121	23.33	15.13	18.65	23.69	57.66	FRANCO ARENOSO
QAA 4	3.21	1.1765	35.51	18.57	48.05	32.09	19.86	ARCILLOSO
QVC 1 FALDONA	5.98	1.0526	32.68	25.65	31.25	25.79	42.96	FRANCO ARCILLOSO
QVC 1 CAÑAVERAL	2.83	1.4286	19.32	10.09	27.05	21.59	51.36	FRANCO ARCILLO ARENOSO



Cuadro. 55A. Análisis físico de suelos.

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



INTERESADO: FCA. LAGUNILLA S.A.
INVESTIGACION DE RECARGA HIDRICA.
RESPONSABLE: FERNANDO PALOMO
PROCEDENCIA: JALAPA
FECHA DE INGRESO: 25/5/2010

IDENTIFICACION	% M.O	Gr/cc Da	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL
			1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
QVC 2 LA ROSA	4.15	1.2903	22.00	11.00	27.05	25.79	47.16	FRANCO ARCILLO ARENOSO
IB 4	4.38	1.3793	14.06	9.69	20.75	38.39	40.86	FRANCO
QAB 4	4.57	1.1765	15.42	11.32	24.95	21.59	53.46	FRANCO ARCILLO ARENOSO
QVB 3	0.43	1.2121	11.93	8.29	20.75	11.09	68.16	FRANCO ARCILLO ARENOSO
QVB 4	2.13	1.3793	12.69	7.73	18.65	13.19	68.16	FRANCO ARENOSO
IB 1	2.94	1.3793	19.40	9.98	24.95	23.69	51.36	FRANCO ARCILLO ARENOSO
QVB 1 PUERTA AGUA BLANCA 1	1.30	1.5385	12.40	6.42	22.85	27.89	49.26	FRANCO ARCILLO ARENOSO
QVC 2 CHUPA GORRION	8.01	1.0256	23.11	16.15	24.95	27.89	47.16	FRANCO ARCILLO ARENOSO



CAPÍTULO III

SERVICIOS PRESTADOS DURANTE EL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

EN LA EMPRESA GEORECURSOS S.A

3.1 PRESENTACIÓN

Como parte integral de la formación profesional se establece el ejercicio profesional supervisado –EPS- que consiste en el periodo de desarrollo y ejecución de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de estudiante a ingeniero agrónomo en recursos naturales renovables, bajo esta línea este capítulo es la fase complementaria a los resultados obtenidos en el diagnóstico (capítulo I) que surgieron con el objeto de apoyar total o parcialmente al desarrollo en las áreas de trabajo donde se desenvuelve la empresa Georecursos S.A.

Los servicios ejecutados se enfocaron básicamente en dos fincas: La Laguna y El Incienso ambas ubicadas en el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, mediante el análisis FODA se determinaron problemáticas relacionadas con el deterioro del recurso natural boscoso, ambas problemáticas contrastantes ya que para la finca La Laguna la falta de mantenimiento y aprovechamiento de plantaciones forestales y bosque natural ocasionaba el deterioro y la pérdida de los mismos a diferencia de la Finca El Incienso en donde el manejo forestal si bien encaminado a la sostenibilidad pero ocasionando la pérdida de material genético forestal propio del lugar específicamente de la especie *Pinus ocarpa* que naturalmente a lo largo del tiempo se ha mejorado genéticamente.

Para contribuir y solucionar lo expuesto anteriormente se diseñó:

- Un plan de manejo forestal para la finca La Laguna en donde se plasma el mantenimiento de plantaciones forestales y el manejo del bosque natural enfocado específicamente en los estratos arbóreos maduros y sobremaduros de manera que los estratos remanentes (jóvenes y adultos) emerjan de mejor manera, por otra parte la obtención de beneficios en la comercialización de los productos provenientes de este manejo forestal.

- La primera fase para la implementación de un plan de mejoramiento genético forestal en la Finca El incienso que consistió en el registro e identificación en campo de individuos genéticamente deseables por sus características fenotípicas (árboles madres) que serán conservados para la propagación de su semilla.

Estos servicios fueron realizados en colaboración directa con el departamento técnico de Georecursos, otras instituciones como INAB y CAMCORE y el personal administrativo y de campo de la fincas.

3.2 Servicio 1

“Plan de manejo forestal de la finca La Laguna, Municipio de Jalapa, Departamento de Jalapa”.

3.2.1 OBJETIVO

- Elaborar un plan de manejo forestal que contenga las actividades de mantenimiento y aprovechamiento del recurso forestal de la Finca La Laguna en el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, para ser implementado en los años 2,010 y 2,011.

3.2.2 METODOLOGÍA

3.2.2.1 Fase de campo

En esta fase se realizó el inventario forestal de las plantaciones y bosque natural de la finca, mediante la realización de parcelas de muestreo de 500 m² de forma rectangular en la que se tomaron datos dasométricos de los individuos muestreados tales como DAP, altura total, especie, morfología, regeneración natural pendiente.

En esta fase también se delimito rodales de manejo en función de la homogeneidad principalmente de las especies y la edad de los arboles.

3.2.2.2 Fase de Gabinete

Con datos de campo recopilados en la fase anterior se procedió a la tabulación de los mismos y la estimación de parámetros que nos servirían a diseñar el plan de manejo tales como área basal, densidad, estratos, calidad de sitio y volumen todo esto base a los estándares de cada especie estipulado por el INAB.

3.2.2.3 Fase Final


En esta fase se procedió a reconfirmar en campo los parámetros estimados en la fase de gabinete y posterior a esto socializar el plan de manejo con los trabajadores de la finca con el fin de realizar los trabajos de extracción de la mejor manera.

3.2.3 RESULTADOS

3.2.3.1 Datos generales

Finca: La Laguna.
 Ubicación: Municipio de Jalapa, departamento de Jalapa.
 Extensión: 195.01 ha.
 Propietario: Vilma Marina Klee Ramos de Campo
 Región INAB: IV

Cuadro. 56 Ubicación de finca y uso actual de la tierra.

UBICACION GENERAL DE LA FINCA		USO ACTUAL DE LA TIERRA			
		Ha	%		
		1. FORESTAL	44.27	22.70	
		2. Pino Joven	2.74	1.41	
		3. Plantación	6.51	3.34	
		4. Área Anegada	37.07	19.01	
		5. Guamil	5.57	2.86	
		6. Potrero	98.84	52.55	
TOTAL	195.01	100.0			

3.2.3.2 Resumen del plan de manejo

A. Inventario forestal

Cuadro. 57 Resumen del inventario forestal.

Calidad de Sitio	Área (ha)	Vol. Total (m ³)	Volumen (m ³ / ha)	Incremento Anual Total m ³	Incremento Anual m ³ / ha
II	31.45	7,207.34	229.17	251.6	8.00
III	12.82	934.29	72.88	102.56	8.00

B. Estratos

Cuadro. 58 Resumen por estratos en extensión de área (has) y porcentual.

Estrato	Situación actual	
	hectáreas	porcentaje
Regeneración		
Jóvenes	6.52	12.84
Medianos		
Maduros	44.27	87.16
Semilleros		
Producción		
Totales	50.79	100

C. Actividades del plan

Cuadro. 59 Resumen de actividades durante el plan de manejo.

Actividades durante el plan		
Actividad	Hectáreas	Porcentaje
Regeneración		
Podas		
Raleos (Plantación)	6.52	12.84
Corta Mejoramiento		
Corta Final		
Corta de Liberación	44.27	87.16
Corta de Saneamiento		
Corta de Salvamento		
Totales	50.79	100

3.2.3.3 Datos Biofísicos

A. Ubicación geográfica

La finca se encuentra a 28 km de la cabecera departamental de Jalapa y a 115 kms de la ciudad capital, conduciéndose por la ruta al Atlántico CA-9 la distancia comprende 54 kms del tramo Guatemala-Sanarate y 41kms del tramo Sanarate-Jalapa tomando el desvío hacia la aldea Potreo Carrillo 5 kms antes de llegar a la cabecera departamental este tramo es de terrecería y tiene una distancia de 23 kms llegando al casco de la finca.

El casco de la finca se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas 14°44'4.18" latitud norte y 89°55'55.91" longitud oeste, coordenadas tomadas con el Datum WGS 84.

B. Hidrología

La finca linda al norte con la quebrada San Miguelito, dentro de la finca se encuentra una quebrada de carácter intermitente, ambas alimentan la quebrada Agua blanca.

C. Fisiografía y relieve

Se encuentra entre un rango de altitud que va de entre los 1,780 y 1,960 m.s.n.m. Las pendientes se orientan de norte a sur y estas oscilan entre el 4 y el 50 %.

La propiedad se ubica en el límite entre las regiones fisiográficas Tierras Altas Volcánicas y Las Tierras Metamórficas, diferenciándose a nivel de gran paisaje la planicie de las montañas volcánicas orientales y la de cerros y conos volcánicos.

D. Tipo de bosque

El bosque de la finca La Laguna se define como un bosque natural de coníferas, observándose áreas con presencia de árboles maduros clasificándose como un estrato C4. En cuanto a la composición en todos los rodales predomina el pino (*Pinus oocarpa*), pudiendo observas algunos bosquetes de liquidambar en áreas cercanas a las quebradas.

De acuerdo a la fisonomía observada, el bosque presenta en los mejores sitios alturas dominantes de 24 m y DAP de 50 cm. En la estructura vertical se observan varios niveles siendo en los rodales 1,2,3,4, y 6 el piso de individuos maduros el que presenta mayor carga maderable, mientras que el rodal 5 la presenta en el piso mediano.

SUPERFICIE TOTAL DE BOSQUE:	44.27 ha.
AREA BOSCOA A INTERVENIR:	44.27 ha.
AREA DE PLANTACIONES:	6.51 ha.

E. Zona de Vida

Según la clasificación de zonas de vida de Guatemala se encuentra en la zona de vida Bosque Subtropical (templado Bh-s). Esta es una zona de vida que cuenta con asociaciones edáficas diferentes, donde las temperaturas medias son iguales a las biotemperaturas, con condiciones climáticas donde el periodo de lluvias es frecuente en los meses de mayo a octubre.

Los terrenos correspondientes a esta zona son de relieve ondulado a accidentado y en algunos casos escarpados, la vegetación natural está constituida especialmente por: *Pinus oocarpa*, *Curatella americana*, *Quercus spp.*, son las más indicadoras de esta zona.

La precipitación promedio anual oscila entre 1,100 a 1,350 mm, la biotemperatura media anual para esta zona, varía entre 20 °C y 26 °C.

F. Suelos

El material geológico se conforma de rocas sedimentarias y volcánicas del periodo cuaternario, que incluye coladas de lava, material lahabrico y tobas volcánicas. De acuerdo a la clasificación realizada por Simmos la finca comprende 3 series de suelos:

a. Serie Chixocol

Son suelos poco profundos, mal drenados desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea cementada. El perfil del suelo se presenta a nivel superficial, a una profundidad de 10 a 15 cm, con textura que va desde franco limoso a arena fina. Colores predominantes como café grisáceo con estructura poco desarrollada.

b. Serie Marajuma

Son suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre esquistos. El perfil de suelo "franco limoso" poseen una capa de materia orgánica de 5 cm, el suelo superficial a una profundidad alrededor de 5 centímetros y el subsuelo a 50 cm.

c. Serie Pinula

Son profundos, bien drenados, desarrollados sobre toba volcánica. La profundidad de este suelo, en una región de suelos poco profundos, quizás resulta por el hecho de que se encuentra relativamente a gran altura donde las nubes locales afectan el régimen de humedad.

3.2.3.4 Inventario forestal

Tipo de Muestreo: Al azar. Intensidad de Muestreo: 4.29 %. Tamaño Parcelas: 500 m².

Forma de Parcelas: Cuadradas

Cuadro. 60 Inventario forestal del bosque natural de la finca La Laguna.

Rodal	Area	Pend	Especie	Estrato	Sitio	Nivel (piso)	DAP (cm)	Altura (m)	Densidad		Incremento Anual		Volumen		
	(ha)	(%)							(arb/ha)	(AB/ha)	m³/ha	m³/rodal	m³/ha	m³/rodal	
1a	16.93	23	Pino	C4	II	Joven	15.65	12.07	44	0.84	8	135.44	5.43	91.89	
						Mediano	24.69	18.00	54	2.57			20.33	344.13	
						Maduro	49.48	23.39	144	27.64			194.36	3290.54	
Subtotal									241	31.06			220.12	3726.56	
1b	8.91	23	Pino	C4	II	Joven	15.65	12.07	44	0.84	8	71.28	5.43	48.36	
						Mediano	24.69	18.00	54	2.57			20.33	181.11	
						Maduro	49.48	23.39	144	27.64			194.36	1731.76	
Subtotal									241	31.06			220.12	1961.23	
2	4.57	16	Pino	C4	II	Joven	15.12	13.00	15	0.27	8	36.56	1.58	7.21	
						Mediano	26.42	15.00	5	0.27			1.64	7.48	
						Maduro	54.26	22.17	150	34.68			279.22	1276.03	
Subtotal									170	35.23			282.44	1,290.73	
3	1.04	32	Pino	C4	II	Joven	0.00	0.00	0	0.00	8	8.32	0.00	0.00	
						Mediano	25.15	15.75	27	1.32			8.44	8.78	
						Maduro	52.74	22.22	120	26.21			211.58	220.04	
Subtotal									147	27.54			220.02	228.82	
4	7.51	49	Pino	C4	III	Joven	15.01	13.43	70	1.24	8	60.08	8.86	66.57	
						Mediano	25.63	17.59	57	2.92			22.24	167.05	
						Maduro	36.73	20.08	70	7.42			49.08	368.57	
Subtotal									197	11.58			80.19	602.20	
5	2.83	36	Pino	C4	III	Joven	15.86	13.80	55	1.09	8	22.64	7.82	22.14	
						Mediano	25.11	17.31	95	4.70			32.48	91.91	
						Maduro	32.94	17.50	10	0.85			5.84	16.54	
Subtotal									160	6.64			46.14	130.59	
Subtotal									155	9.60			81.25	201.50	
TOTAL															8,141.62

A. Inventario de plantaciones

Cuadro. 61 Inventario de plantaciones forestal de la finca La Laguna.

Rodal	Area	Pend	Especie	Estrato	Nivel (piso)	DAP (cm)	Altura (m)	Densidad		Incremento Anual		Volumen	
	(ha)	(%)						(arb/ha)	(AB/ha)	m³/ha	m³/rodal	m³/ha	m³/rodal
Plantación 91	2.70	13	Pino	C3	Mediano	24	17	530	23.98	13	35.1	163.28	440.85
Plantación 98	2.85	17	Pino	C2	Joven	17	13	680	15.43	10	28.5	91.62	261.12
Plantación 99	0.97	31	Pino	C2	Joven	15	12	610	10.78	8	7.76	63.67	61.76
TOTAL								1820	50.19			318.57	763.72

3.2.3.5 Planificación del manejo forestal

A. Actividades de aprovechamiento forestal

Cuadro. 62 Actividades de aprovechamiento forestal, volumen residual y volumen a extraer.

Rodal	Área	Especie	Nivel	VOLUMEN ACTUAL		VOLUMEN A EXTRAER		VOLUMEN RESIDUAL	
	(ha)		(piso)	Arb/rodal	m³/rodal	Arb/rodal	m³/rodal	Arb/rodal	m³/rodal
1a	16.93	Pino	Joven	741	91.89	0.00	0.00	741	91.89
			Mediano	910	344.13	0.00	0.00	910	344.13
			Maduro	2434	3290.54	1217	1645.27	1217	1645.27
Sub Total				4084	3726.56	1217	1645.27	2868	2081.29
1b	8.91	Pino	Joven	390	48.36	0.00	0.00	390	48.36
			Mediano	479	181.11	0.00	0.00	479	181.11
			Maduro	1281	1731.76	640	865.88	640	865.88
				2150	1961.23	640	865.88	1509	1095.35
2	4.57	Pino	Joven	69	7.21	0.00	0.00	69	7.21
			Mediano	23	7.48	0.00	0.00	23	7.48
			Maduro	686	1276.03	274	510.41	411	765.62
Sub Total				777	1290.73	274	510.41	503	780.32

3	1.04	Pino	Joven	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00
			Mediano	28	8.78	0.00	0.00	28	8.78
			Maduro	125	220.04	50	88.02	75	132.03
Sub Total				153	228.82	50	88.02	103	140.80
4	7.51	Pino	Joven	526	66.57	0.00	0.00	526	66.57
			Mediano	426	167.05	0.00	0.00	426	167.05
			Maduro	526	368.57	158	110.57	368	258.00
Sub Total				1477	602.20	158	110.57	1319	491.63
5	2.83	Pino	Joven	156	22.14	0.00	0.00	156	22.14
			Mediano	269	91.91	0.00	0.00	269	91.91
			Maduro	28	16.54	11	6.61	17	9.92
Sub Total				453	130.59	11	6.61	441	123.97
Sub Total				384	201.50	60	63.19	325	138.31
TOTAL				9,477.49	8,141.62	2,409.92	3,289.95	7,067.57	4,851.67

B. Actividades de aprovechamiento en plantaciones (mantenimiento)

Cuadro. 63 Actividades de aprovechamiento en plantaciones forestales.

Rodal	Área	Especie	Nivel	VOLUMEN ACTUAL		VOLUMEN A EXTRAER		VOLUMEN RESIDUAL	
	(ha)		(piso)	Arb/rodal	m³/rodal	Arb/rodal	m³/rodal	Arb/rodal	m³/rodal
Plantación 91	2.70	Pino	Mediano	1431	440.85	358	110.21	1073	330.64
Plantación 98	2.85		Joven	1938	261.12	485	65.28	1454	195.84
Plantación 99	0.97		Joven	592	61.76	148	15.44	444	46.32
TOTAL				3,960.70	763.72	990.18	190.93	2,970.53	572.79

3.2.3.6 Silvicultura

Actividades silviculturales por rodal y año de trabajo.

Cuadro. 64 Actividades silviculturales por rodal y año de trabajo del bosque y plantaciones forestales.

Rodal	Área (há)	Especie	Nivel (piso)	Reg. Año	Raleo Año	Corta L. Año	Volumen (m3/ha)				
							total M3	Troza M3	Poste piloto M3	Trocillo M3	Leña y/o carbón M3
1ª	16.93	1	Joven			Año 1					
			Mediano								
			Maduro				1,645.27	1,069.43	164.53	164.53	246.79
Total año 1							1,645.27	1,069.43	164.53	164.53	246.79
1b	8.91	1	Joven			Año 2					
			Mediano								
			Maduro				865.88	562.82	86.59	86.59	129.88
2	4.57	1	Joven			Año 2					
			Mediano								
			Maduro				510.41	331.77	51.04	51.04	76.56
3	1.04	1	Joven			Año 2					
			Mediano								
			Maduro				88.02	57.21	8.80	8.80	13.20
4	7.51	1	Joven			Año 2					
			Mediano								
			Maduro				110.57	71.87	11.06	11.06	16.59
5	2.83	1	Joven			Año 2					
			Mediano								
			Maduro				6.61	4.30	0.66	0.66	0.99
Total año 2							1,644.68	1,069.04	164.47	164.47	246.70
Plantación 91	2.70	1	Único			Año 1	110.21	0.00	0.00	66.13	44.08
Plantación 98	2.85		Único				65.28	0.00	0.00	32.64	32.64
Plantación 99	0.97		Único				15.44	0.00	0.00	6.18	9.26
TOTAL							190.93	0.00	0.00	104.94	85.99
TOTAL							1,835.62	1,069.04	164.47	164.47	246.70

3.2.3.7 Corta permisible anual

A. Justificación

La solicitud del CAP se hace en función de una urgencia biológica y acción silvícola necesaria donde se propone extraer el volumen comercial en dos turnos, tomando en cuenta la urgencia silvicultural que presentan los distintos rodales, de acuerdo a los siguientes aspectos observados:

B. Estado de la madurez del bosque

La masa forestal presenta un punto de madurez óptimo para el aprovechamiento forestal, debido a su edad promedio en el estado maduro.

C. Estructura

Se observa en los distintos rodales una alta homogeneidad, manifestada por uno o dos estratos verticales, presentando la mayor acumulación de volumen y área basal en los pisos superiores o maduros, exceptuando el rodal 5 en el que se acumula en el piso mediano

D. Incremento

Las estimaciones efectuadas, el incremento volumétrico del bosque es bastante bajo en promedio (8 m³/ha), lo que afirma y justifica la urgencia biológica del mismo, ya que de no realizar una corta por lo alto en base diamétrica los estratos medios y jóvenes no se verán favorecidos.

E. Sanidad

Durante el muestreo no se detectó la presencia de plagas o enfermedades en el bosque, el problema que afecta el rodal No.1 es el ocoteo el cual mediante el control y guardianía se deberá de minimizar.

Otras formas del cálculo sobre la corta permisible anual teórica en base al volumen existente en el bosque, el tiempo de rotación y su incremento.

CAP por volumen= $VT / (r/2)$, Asumiendo un período de rotación del bosque de 25 años.

CAP por volumen= $4,778.16 \text{ m}^3 / (25 \text{ años}/2) = 382.25 \text{ m}^3$

CAP biológico = Área * ICA (Incremento medio anual)

CAP biológico = $44.27 \text{ has} * 8 \text{ m}^3/\text{ha} = 354.16 \text{ m}^3$

En base a las justificaciones presentadas no se aplican dichos parámetros, ya que no ofrece una opción sustentable.

En este caso se determinó el volumen comercial justifica una urgencia silvicultural con prioridad, en base a las condiciones del área y la capacidad de extracción, se dividió en 2 turnos, que son los años de intervención planteados. De tal manera, la corta se fijó mediante el siguiente cálculo:

Corta anual: Volumen con urgencia silvícola /2 años = $3,631.39 \text{ m}^3/2 = 1,644.97 \text{ m}^3/\text{año}$

La corta anual con urgencia silvícola se calculo para asegurar la permanencia y la objetividad del manejo en su sustentabilidad económica de interés forestal, pero el planteamiento de manejo de corta de liberación con una porcentaje de intervención del 50% del piso maduro en el rodal 1 y del 40% en los rodales 2, 3, 4, 5, y 6, esto asegura una permanencia en cobertura y crecimiento adecuado de un bosque productivo, en sus estratos joven y mediano y la masa remanente con valor genético.

El dejar árboles semilleros como una practica silvicultural que aseguran la trascendencia del bosque y que se encuentran en el 50% del volumen que se respetara de la clase madura al no cortar estos árboles semilleros representan un número de árboles que se han seleccionado en los rodales a intervenir, presentando condiciones de cosecha y generación de regeneración de alto valor genético.

3.2.3.8 Regeneración del bosque

Cuadro. 65 Método de regeneración del bosque por rodal.

Rodal	Área (has)	Especie	AB inicial	AB a Extraer	AB Remanente	AB esperada	Método de regeneración
						al tercer año	
1	25.84	Pino	31.06	13.82	17.24	21	Manejo de regeneración y completación en claros
2	4.57	Pino	35.23	13.87	21.35	21	Manejo de regeneración y completación en claros
3	1.04	Pino	27.54	10.48	17.05	21	Manejo de regeneración y completación en claros
4	7.51	Pino	11.58	2.97	8.61	21	Manejo de regeneración y completación en claros
5	2.83	Pino	6.64	0.34	6.30	21	Manejo de regeneración
6	2.48	Pino	9.60	2.87	6.73	21	Manejo de regeneración y completación en claros

3.2.3.9 Reforestación

Cuadro. 66 Requerimiento de planta para reforestación por rodal y turno de actividades.

Año de actividad	Rodal	Área (has)	Especie	Actividad	Densidad inicial	Regeneración	Plantación	Densidad final
					(Árboles/ha)	(Árboles/ha)	(Árboles/ha)	(Árboles/ha)
1	1	16.93	Pino	MR, CC	111	450	550	1111
2	1	8.91	Pino	MR, CC	111	450	550	1111
	2	4.57	Pino	MR, CC	110	200	801	1111
	3	1.04	Pino	MR, CC	99	250	762	1111
	4	7.51	Pino	MR, CC	176	400	535	1111
	5	2.83	Pino	MR, CC	156	375	580	1111
	6	2.48	Pino	MR, CC	131	350	630	1111

3.2.3.10 Protección forestal

De acuerdo a la actividad que será objeto la Finca, las acciones de protección a los recursos forestales se verán favorecidos por la constante vigilancia. El plan de protección incluirá el manejo de los residuos resultantes del aprovechamiento, esto con la finalidad de reducir la cantidad de material inflamable que propicia el resurgimiento de incendios.

La vigilancia se efectuará durante todo el año y se reforzará en los meses de enero a mayo, esto con el fin de evitar la propagación de incendios y los daños por ocoteo.

A. Reducción del material inflamable

Consiste en la eliminación de los residuos (rastros), resultantes del aprovechamiento; estos se removerán y amontonarán en lugares estratégicamente seleccionados donde se quemarán con el debido control. Esta actividad también se realizará a principios de febrero en áreas donde el material combustible sea muy alto o denso.

B. Fajas cortafuegos

Las fajas cortafuegos se realizarán por medio de una faja libre de material inflamable situada a través y alrededor del bosque, sirve como auxiliar en el control del fuego, su importancia radica en que son lugares desde donde se puede combatir el fuego y a la vez reducir la extensión de los incendios. Por lo tanto se elaborarán rondas cortafuegos intermedias, de 3 metros de ancho, así como, rondas perimetrales de 4 metros de ancho. El bosque cuenta con caminos peatonales internos que pueden actuar como brechas intermedias manteniéndolos limpios de broza y material combustible.

3.2.4 EVALUACIÓN

Se logró satisfactoriamente concluir con la elaboración del plan de manejo de la finca La Laguna para darle mantenimiento a sus plantaciones forestales y a su bosque natural, en el cual se pudo diseñar las actividades silviculturales más convenientes para el recurso que se encuentra en la finca.

Mediante este plan de manejo se logró cuantificar las características dasométricas y morfológicas del bosque.

3.3 Servicio 2

“Identificación y registro de Árboles “Madres” en los rodales a intervenir en el primer turno de actividades de aprovechamiento (2,009-2,010), en la finca El Incienso, Municipio de Jalapa, Departamento de Jalapa.”

3.3.1 Objetivo

- Ejecutar la fase inicial de un plan de mejoramiento genético forestal en la finca el Incienso en el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, que consta de la identificación, selección y registro de árboles con características deseables (candidatos y madres) para su conservación y reproducción en el área que se intervendrá en el primer turno de corta 2,009-2,010.

3.3.2 Metodología

3.3.2.1 Fase de gabinete 1

Se consultó en esta fase el plan de manejo forestal de finca aprobado por el INAB, poniendo énfasis en las áreas a intervenir en el primer turno de corta, en esta fase también se determinaron los parámetros de selección de árboles candidatos y calificación para árboles plus o madres.

Se diseñó la boleta de campo y el número de árboles a seleccionar por unidad de área.

3.3.2.2 Fase de Campo 1

Se realizó la selección y registro de árboles candidatos en campo mediante los parámetros establecidos en la fase anterior, los datos tomados en campo de los árboles candidatos seleccionados fueron registrados en la boleta de campo diseñada anteriormente, así también los árboles fueron identificados (marcados) con un código específico a cada árbol y geoposicionados de manera que para las siguientes fases fueran fácilmente encontrados en el bosque.

3.3.2.3 Fase de gabinete 2

Con los resultados obtenidos en la fase de campo 1 se procedió a la tabulación de datos y a la calificación de árboles candidatos registrados que dependiendo a la ponderación dada a sus características fenotípicas pueden llegar a ser arboles plus o madres.

En esta fase se determinaron los arboles plus o madres.

3.3.2.4 Fase de Final

Esta etapa final del servicio consto en buscar los arboles plus o madres en campo acorde a su código de árbol candidato registrado en la etapa de campo previa, esta búsqueda se realizo con trabajadores de operativos de campo de manera que se haga efectiva su conservación a la hora del aprovechamiento.

3.3.3 Resultados

Las actividades de mejoramiento genético de un bosque dependen principalmente de los objetivos que tenga el propietario del bosque para su aprovechamiento y en base a esto bajo el principio general de selección de los individuos más convenientes para utilizarlos como progenitores en los programas de cruzamiento y reproducción.

Un programa de mejoramiento genético forestal consta de varias etapas que dependerán principalmente del estado en que se encuentre el bosque y que tanto se quiera mejorar el mismo, cabe mencionar que entre más intensivo sea el mejoramiento mejores serán los resultados y por ende mejor rentabilidad de producción en el futuro.

La finca El Incienso se encuentra bajo manejo forestal, planificado en 10 turnos de actividades, cada turno tiene una duración de 1 un año, el plan de manejo está diseñado bajo los lineamientos técnicos del manejo forestal sostenible, sin embargo se observo un vacío en las actividades que favorezcan la conservación, reproducción natural o artificial de genotipos en las actividades de aprovechamiento.

En este servicio se realizara la fase inicial de un plan de mejoramiento genético que consta de la identificación, selección y registro de arboles con características deseables para su conservación y reproducción en el área que se intervendrá en el primer turno de corta 2,009-2,010.

3.3.3.1 Mejoramiento genético forestal

Es el proceso de desarrollo de poblaciones o individuos genéticamente mejorados a través de la selección de genes deseables y su perpetuación mediante la utilización de semillas o clones mejorados.

3.3.3.2 Árbol candidato

Árbol que ha sido seleccionado para evaluarlo por sus características deseables pero que tendrá que ser sometido a una valoración previa de rectitud de fuste, presencia de poda natural e inserción de ramas.

3.3.3.3 Árbol plus o madre

Árbol que después de haber sido evaluado ha sido seleccionado como material genético superior en sus cualidades fenotípicas y que podría ser objeto de estudio de progenie para un mejoramiento avanzado.

3.3.3.4 Parámetros de selección de árboles

A. Rectitud del fuste

No se aceptan individuos que presenten algún tipo de torcimiento o bifurcación, a cada árbol se le asigna una valoración que depende del grado de rectitud relativa del fuste, la valoración es la siguiente:

Cuadro. 67 Valoración de la rectitud del fuste de árboles seleccionados.

Valoración	Rectitud del fuste
1	Recto
2	Levemente torcido
3	Torcido
4	Bifurcado

- **Presencia de poda natural:**

Capacidad del árbol candidato a perder sus ramas inferiores tanto vivas como muertas, se valora la altura en que se encuentran las ramas en el fuste y el tipo de ramas que se encuentra.

Cuadro. 68 Valoración de la presencia de poda natural en árboles seleccionados.

Valoración	Poda Natural
1	Vivas tercio superior
2	Vivas y muertas debajo del 1/3 superior
3	Vivas debajo del tercio superior.

- **Ángulo de ramas:**

Se valora el ángulo de inserción de las ramas en el fuste teniendo como lo ideal un ángulo de 90° de inserción (ángulo recto).

Cuadro. 69 Valoración del ángulo de inserción de ramas en los árboles seleccionados.

Valoración	Ángulo de ramas
1	90
2	90-80
3	80-70
4	70-60

B. Selección de árboles candidatos

Consistió principalmente en la selección de árboles con características fenotípicas de mejor calidad con respecto a los demás individuos que componen al rodal bajo selección. Los términos restrictivos para esta etapa de selección fueron principalmente presencia de plagas o enfermedades y vigorosidad.

De estos individuos se tomó la siguiente información:

- DAP, Altura también se ponderó de acuerdo a los parámetros de forma fustal, presencia de poda natural, ángulo de ramas.
- A cada árbol candidato se le aplicó un código que corresponde a su estado de candidato (C), al número del rodal en donde se encuentra (#R) y su correlación de identificación de árboles de un mismo rodal (A).
- Cada árbol candidato se geoposicionó obteniendo sus coordenadas para su mapeo y su posterior búsqueda en caso sea seleccionado como superior.



Figura. 33 Árboles seleccionados (rectitud de fuste y autopoda), árbol registrado con su código en campo.

Cuadro. 70 Información y valoración de los 50 árboles candidatos seleccionados con sus coordenadas UTM Wgs-84.

Código	Dap (cm)	Altura (m)	Fuste	P. Natural	A. Ramas	Coord. Gps		Zona
						X	Y	
C1A	40	40	1	1	4	823008	1633232	15
C2B	38	35	2	1	1	177018	1633338	16
C2C	40	42	1	1	1	822997	1633353	15
C1B	40	38	2	2	1	822892	1633306	15
C1C	40	45	1	2	1	822845	1633252	15
C1D	33	35	1	1	4	822740	1633285	15
C1E	28	35	1	1	1	822779	1633135	15
C1F	38	38	1	1	2	822868	1633209	15
C1G	28	25	1	2	1	822816	1633269	15
C1H	28	24	1	1	1	822735	1633175	15
C1I	28	35	1	2	1	822691	1633194	15
C3A	29	25	1	1	2	822710	1633051	15
C3B	32	30	2	2	1	822682	1633029	15
C3C	27	28	2	2	1	822546	1633171	15
C3D	30	30	1	1	1	822588	1633189	15
C3E	30	28	1	1	1	822621	1633172	15
C3F	25	25	1	2	1	822641	1633220	15
C3G	27	30	1	2	1	822619	1633308	15
C3H	23	22	1	1	1	822494	1633314	15
C3I	25	32	1	1	1	822463	1633253	15
C10A	27	22	2	2	1	822077	1632922	15
C8B	37	30	2	2	1	821985	1632962	15
C8A	30	33	2	2	4	821929	1632987	15
C10C	38	35	2	2	1	821929	1632943	15
C10D	32	35	1	2	1	821743	1633132	15
C11A	23	28	1	1	1	821569	1633139	15
C23A	27	25	2	1	2	820755	1632641	15
C23B	40	25	1	2	1	820945	1632861	15
C22A	40	23	2	2	1	820950	1632934	15
C22B	33	30	1	1	1	821062	1633030	15
C22C	29	20	1	2	2	821149	1633239	15
C22D	38	29	2	1	1	821185	1633129	15
C22E	25	20	2	1	1	821115	1633082	15
C22F	26	25	2	1	2	820989	1633084	15
C42A	33	25	1	1	3	821645	1633344	15
C42B	29	27	1	1	1	821734	1633358	15
C51A	26	22	2	1	1	820674	1633803	15
C51B	22	25	1	1	1	820810	1633864	15
C51C	43	35	1	1	1	821001	1633865	15
C47A	15	30	1	2	2	821160	1633523	15
C47B	39	25	1	2	1	821293	1633752	15
C47C	35	25	1	3	1	821211	1633787	15
Código	Dap (cm)	Altura (m)	Fuste	P. Natural	A. Ramas	Coord.	Zona	Código

						Gps		
C47D	33	26	2	2	1	821268	1633930	15
C47E	32	32	1	1	1	821228	1634009	15
C47F	28	23	1	2	1	821233	1634129	15
C47G	28	20	1	2	1	821251	1634098	15
C47H	33	21	2	1	1	821279	1634159	15
C47I	31	28	1	2	1	821397	1634097	15
C47J	28	35	1	1	1	821397	1634070	15
C47K	32	35	1	1	1	821350	1634007	15

Se seleccionaron, marcaron y registraron un total de 50 árboles candidatos con valores promedios de: DAP = 31 cm y Altura = 29 mts.

El área de selección fue de 76 has. Cubriendo en su totalidad 11 rodales (1,2,3,8,10,11,22,23,42,47,51), estos rodales también han sido delimitados para facilitar las labores de aprovechamiento del departamento de producción.

C. Selección de árboles plus o madres

De los árboles candidatos seleccionados (50 árboles) se seleccionaron como árboles plus los que presentaban mejor calificación respecto a los parámetros descritos en los cuadros (60, 61 y 62) estos árboles presentaban características superiores que ameritan sean conservados y reproducidos.

Cuadro. 71 Árboles plus o madres seleccionados con sus datos dasométricos y valoración.

Código	Dap (cm)	Altura (m)	Fuste	P. Natural	A. Ramas	Coord. Gps		Zona
						X	Y	
C2B	38	35	2	1	1	177018	1633338	16
C2C	40	42	1	1	1	822997	1633353	15
C1E	28	35	1	1	1	822779	1633135	15
C1F	38	38	1	1	2	822868	1633209	15
C1H	28	24	1	1	1	822735	1633175	15
C3A	29	25	1	1	2	822710	1633051	15
C3D	30	30	1	1	1	822588	1633189	15
C3E	30	28	1	1	1	822621	1633172	15
C3H	23	22	1	1	1	822494	1633314	15
C3I	25	32	1	1	1	822463	1633253	15
C8B	37	30	2	2	1	821985	1632962	15
C10D	32	35	1	2	1	821743	1633132	15
C11A	23	28	1	1	1	821569	1633139	15
C23B	40	25	1	2	1	820945	1632861	15
C22B	33	30	1	1	1	821062	1633030	15
C22D	38	29	2	1	1	821185	1633129	15
C42B	29	27	1	1	1	821734	1633358	15
C51B	22	25	1	1	1	820810	1633864	15
C51C	43	35	1	1	1	821001	1633865	15
C47E	32	32	1	1	1	821228	1634009	15
C47G	28	20	1	2	1	821251	1634098	15
C47I	31	28	1	2	1	821397	1634097	15
C47J	28	35	1	1	1	821397	1634070	15
C47K	32	35	1	1	1	821350	1634007	15

Se seleccionaron 24 árboles madres de 50 árboles candidatos, 1 árbol por cada 1.5 has. (Candidatos y madres).

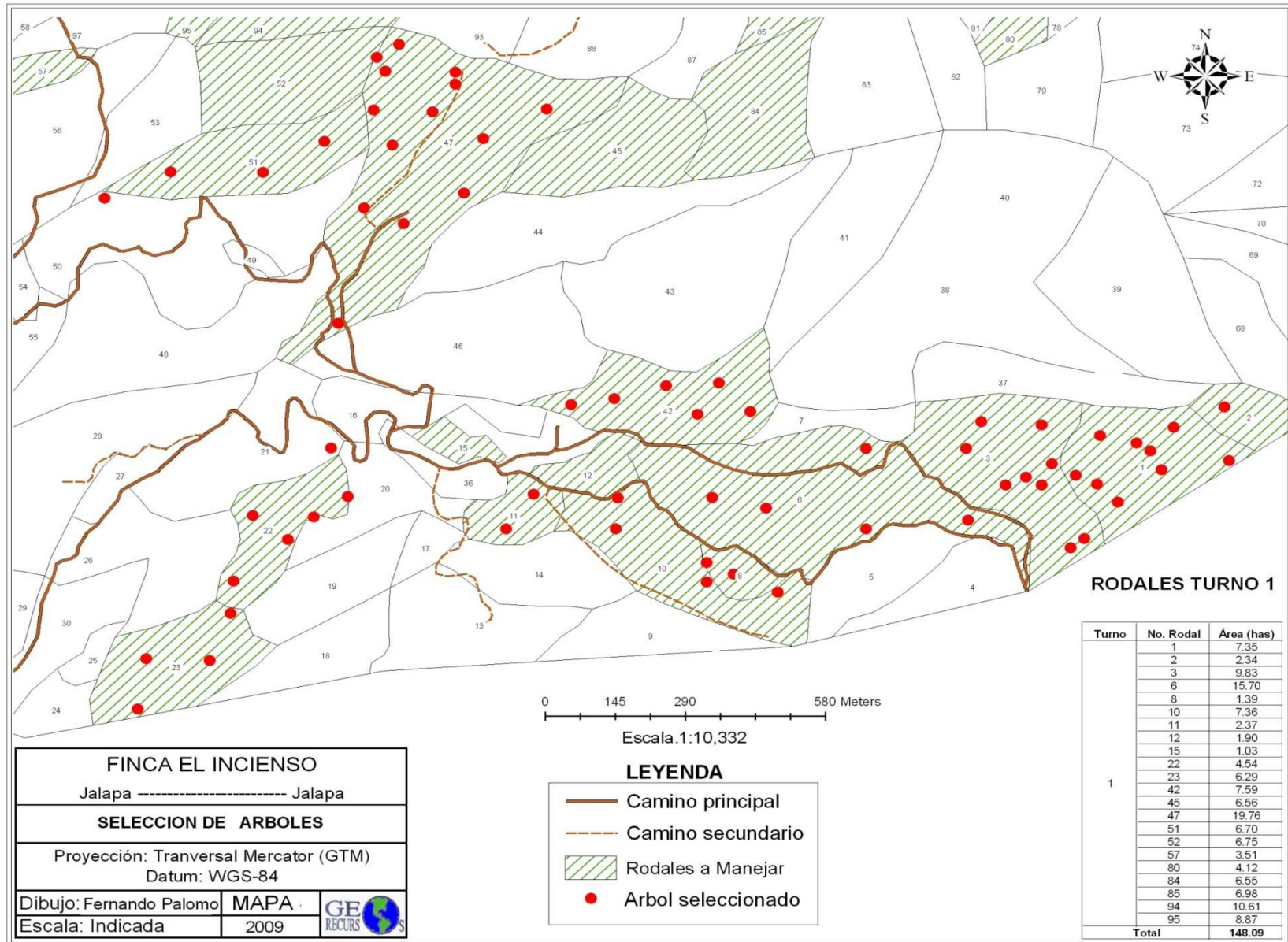


Figura. 34 Mapa de selección de árboles candidatos y plus de la finca El Incienso, Municipio de Jalapa, Departamento de Jalapa.

3.3.4 EVALUACIÓN

Se desarrolló y ejecutó satisfactoriamente la fase inicial del plan de mejoramiento genético forestal en la finca El incienso municipio de Jalapa departamento de Jalapa.

Se identificaron, seleccionaron y registraron 50 árboles candidatos y 24 árboles plus o madres con características deseables superiores para su conservación y reproducción en el área que se intervendrá en el primer turno de corta 2,009-2,010.

Se elaboró el mapa de árboles seleccionados (Madres y candidatos).

3.3.4.1 Bibliografía

1. Aragón, M. 2009. Mapa de rodales de extracción y plantaciones forestales finca El Incienso, Jalapa, escala 1:50,000, Guatemala. Guatemala, Georecursos.
2. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1999. Manual de técnico forestal. Guatemala. 110 p.
3. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.
4. Wright, JW. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Roma, Italia, FAO. 436 p.
5. Zobel, BJ; Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, Limusa. 545 p.
6. Zobel, BJ; Van Burjtenen, JP. 1989. Wood variation: its causes and control. New York, US, Springer Verlag. 480 p.