

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

ACTIVIDADES TENDIENTES A LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
RENOVABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, C.A. CON
ÉNFASIS EN LAS COMPETENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL DE LA UNIDAD
DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGAM)

José Antonio Calderón Díaz

200614623

Guatemala, noviembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

ACTIVIDADES TENDIENTES A LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
RENOVABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, C.A. CON
ÉNFASIS EN LAS COMPETENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL DE LA UNIDAD
DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGAM)

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

POR

José Antonio Calderón Díaz

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	P. For. Sindy Benita Simón Mendoza
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Alexander Soto Estrada
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, 01 de noviembre de 2013

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el TRABAJO DE GRADUACIÓN, ACTIVIDADES TENDIENTES A LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, C.A. CON ÉNFASIS EN LAS COMPETENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL DE AL UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGAM) 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

P. Agr. José Antonio Calderón Díaz

ACTO QUE DEDICO A

Mi prima Dánika Bonally Minera Díaz y

Mi tío Danilo Minera

Sea esto un tributo a su memoria

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO A

Tú madre linda, que con el esfuerzo de cada día, regaños, madrugadas y un sinfín de cosas que bien sabes has hecho de mí el hombre que soy hoy en día.

Mi tía, por ser como una segunda mamá, por sus consejos y gran apoyo en el desarrollo de mi carrera.

Mis hermanas Katía y Claudia, espero sea esto un buen ejemplo como hermano mayor.

Mis abuelos, Felipe Calderón y Catalina Godoy que en paz descansen y Manuel De Jesús Díaz y Gabina Grijalva que día a día luchan y dan un buen ejemplo de ser.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen: por guiarme en este camino desde que con cierto apoyo e ideas opté por el sendero de la Agronomía. Nunca pensé que me podría a tanta gente linda en todo este tiempo, gente linda que hoy me acompaña.

A mi madre y mi tía: Anabella Díaz y Etna de Minera; a ti primero por darme la vida y guiarme por el camino correcto, por tus consejos, tu esfuerzo y desvelos desde el día en que nací.

A usted tía, como ya dije, por ser una segunda madre, por estar incondicionalmente en los momentos más difíciles y alegres de mi vida.

A mis hermanas: Katía y Claudia; por todas sus bromas, sus halagos, por su apoyo, por su amistad, por estar en las buenas y las no tan buenas, por ser el mejor regalo que pudo haberme dado Dios, muchas gracias.

A toda mi familia: mis tías y tíos, Cristi, Tere, Yoya, Amalia, Araceli Roge, Chico, Chato, René, Rubén, primas y primos, Pao, Mari, Ale, Marbe, Saúl, Rubén, Miguelito, Noel, Ovidio, Otto, Luis, Balam, Abraham, Manuel José, Allan y Coqui.

A mis amigos: Alan Calel (Buho), Jennifer Calderón, Claudia Gordillo, José Alejandro Estrada (Chino), Erick López (Tv), Efraín Ibáñez (Peewe), Juan Alberto Zepeda (Zepo), Hans Eduardo Quex, (Ñañito), Obani Panjoj (Obama), Daniel Dubón (Chucha), Alejandra Grajeda (Alley Cropping), Arnoldo Muralles (Pinocho), Juan Carlos Valdés (Coquecha), Mónica Aldana, Julissa Ojer, Raúl Álvarez, Ana Marroquín y Luis Sáenz (Dr. Sáenz). A todos ustedes gracias por ser los mejores amigos a lo largo de mi carrera. Novia linda, a ti también y a todos ustedes, por estar aquí este día tan importante para mí y mi familia, muchas gracias.

A la ENCA: por sembrar esa semilla en mí, por darme el gusto por el aprender haciendo y buscar el conocimiento, por las lecciones aprendidas en las aulas y sobre todo en el campo.

A la Facultad de Agronomía: mi casa de estudios, por darme la oportunidad de estudiar la profesión más digna del hombre libre. Cicerón

A la Municipalidad de Santa Catarina Pinula: en especial a la Dirección Municipal de Planificación, mis jefes Mary Carmen Morales y Ronald Santiago, por brindarme su apoyo y amistad; Don Manuel Salazar, compañero, amigo y mano derecha en el vivero municipal y Erick Lima, también por su amistad y apoyo durante y aún después de la realización de mi EPS.

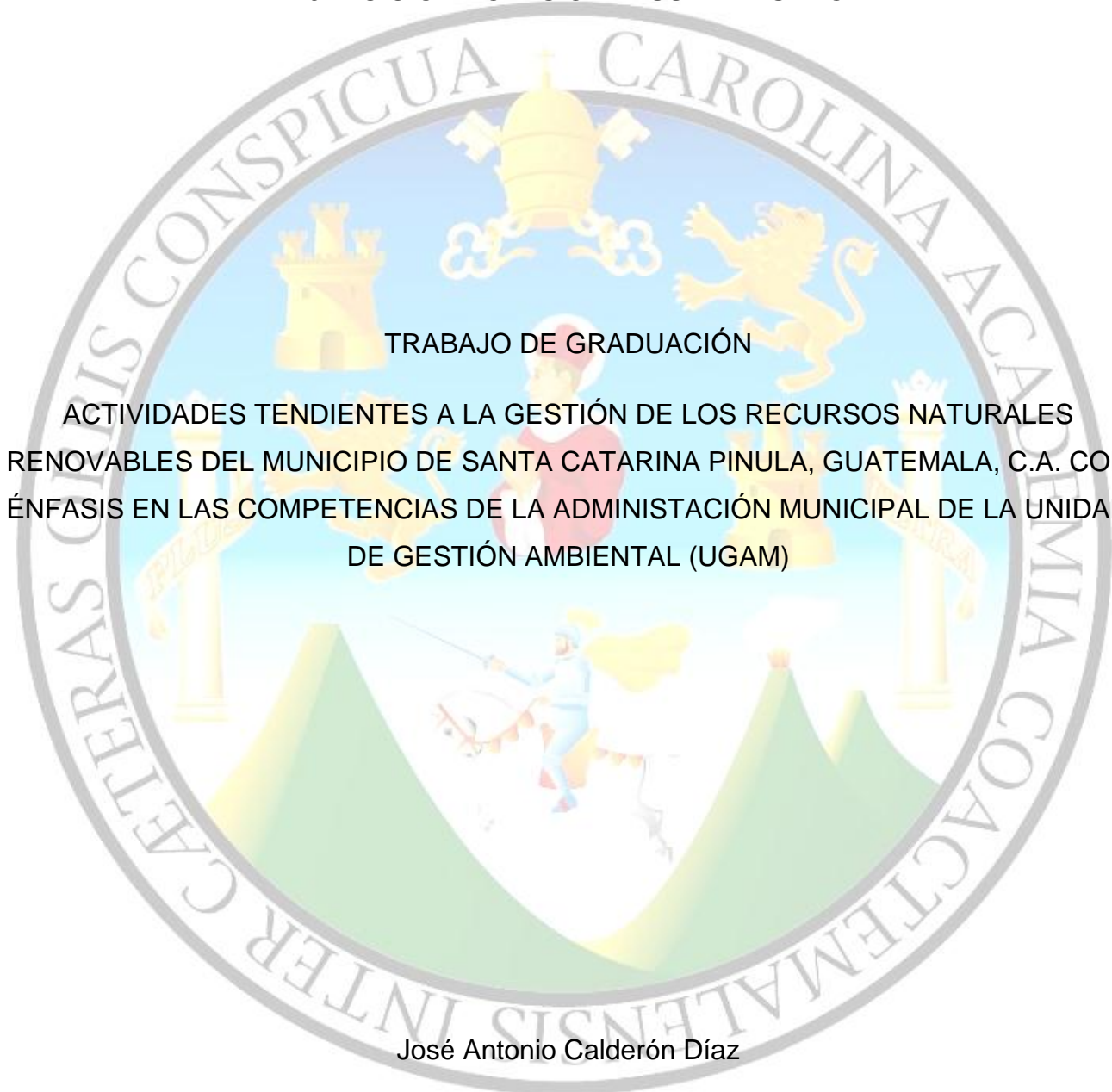
Al profesor Vinicio, de 4to. primara, por haberme dado la mejor de las lecciones.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



TRABAJO DE GRADUACIÓN

ACTIVIDADES TENDIENTES A LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
RENOVABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, C.A. CON
ÉNFASIS EN LAS COMPETENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL DE LA UNIDAD
DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGAM)

José Antonio Calderón Díaz

200614623

Guatemala, noviembre de 2013

Índice General

Contenido		Página
1	Capítulo I. Diagnóstico de los Recursos Naturales Renovables del Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala, Guatemala, C.A. con énfasis en las competencias de la Administración Municipal de la Unidad de Gestión Ambiental (UGAM)	1
1.1	Presentación.....	2
1.1.1	Marco legal del gobierno local en materia de recursos naturales	2
1.1.2	La Unidad de Gestión Ambiental Municipal, UGAM	3
1.1.3	Proyectos ejecutados en conjunto con la UGAM.....	3
1.2	Planteamiento de la problemática.....	4
1.3	Objetivos.....	5
1.3.1	General.....	5
1.3.2	Específicos	5
1.4	Metodología	6
1.4.1	Las solicitudes de la Comisión Municipal de Desarrollo	6
1.5	Marco Teórico.....	8
1.5.1	Marco Conceptual.....	8
1.5.2	Marco Referencial.....	13
1.5.3	Tasa de crecimiento	15
1.5.4	Ambiente y recursos naturales	15
1.6	Caracterización general de los recursos naturales del municipio	17
1.6.1	Recurso hídrico.....	17
1.6.2	Recurso Suelo	23
1.6.3	Demografía.....	34
1.6.4	Recurso bosque.....	37

Contenido	Página
1.7 Resultados	40
1.7.1 Identificación de la problemática	40
1.7.2 Descripción de las causas	40
1.7.3 Descripción de los efectos	43
1.7.4 Árbol de medios y fines	45
1.7.5 Descripción de los medios	45
1.7.6 Descripción de los fines	47
1.7.7 Medios – posibles acciones/servicios profesionales	48
1.8 Priorización institucional de los medios.....	49
1.9 Conclusiones.....	50
1.10 Recomendaciones	51
1.11 Bibliografía	52
2 Capítulo II Delimitación de zonas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes en el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala, Guatemala, C.A.....	55
2.1 Introducción.....	57
2.2 Definición del Problema	59
2.3 Justificación.....	61
2.4 Marco Teórico	63
2.5 Marco Conceptual.....	63
2.5.1 La degradación de los suelos.....	63
2.5.2 Capacidad de uso forestal del suelo o aptitud preferentementeforestal del suelo	63

Contenido	Página
2.5.3 Clasificación de tierras por capacidad de uso	63
2.5.4 Los sistemas de información geográfica (SIG)	64
2.6 Antecedentes.....	66
2.6.1 Guatemala frente al cambio climático.....	66
2.6.2 El escenario del cambio climático.....	66
2.6.3 El potencial de mitigación del sector forestal guatemalteco	68
2.6.4 Metodología para identificar las áreas Kyoto de Guatemala	69
2.7 Resultado del estudio de las áreas Kyoto.....	78
2.7.1 Áreas Kyoto identificadas en Guatemala.....	78
2.8 Marco Referencial.....	80
2.8.1 Localización.....	80
2.8.2 Vías de comunicación.....	80
2.8.3 Infraestructura.....	80
2.8.4 Ambiente y recursos naturales	83
2.8.5 Recurso hídrico.....	84
2.9 Objetivos.....	85
2.9.1 General.....	85
2.9.2 Específicos	85
2.10 Metodología	86
2.10.1 Capacidad de uso de la tierra	86
2.10.2 Resumen de la aplicación de la metodología del ECUT	86
2.10.3 Identificación de áreas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes.....	89
2.10.4 Establecimiento de criterios de valoración.....	95
2.10.5 Categorías de los criterios de valoración.....	95

Contenido	Página
2.10.6 Recopilación de criterios de valoración.....	95
2.10.7 Conformación de la matriz de ponderación de criterios	96
2.10.8 Ponderación de áreas con potencial de reforestación	97
2.11 Resultados y Discusión.....	99
2.11.1 Análisis fisiográfico-geomorfológico.....	99
2.11.2 Pendientes del municipio	104
2.11.3 Profundidad de suelos	107
2.11.4 Capacidad de uso de la tierra	108
2.11.5 Uso y cobertura de la tierra.....	110
2.11.6 Intensidad de uso de la tierra.....	114
2.11.7 Unidades de mapeo (zonas “R”) consideradas dentro del estudio.....	117
2.11.8 Categorías de uso de la tierra generalizadas de las zonas categorizadas como “reforestables”	120
2.11.9 Recopilación de criterios de valoración.....	122
2.11.10 Ponderación de los criterios.....	126
2.11.11 Potencial de las zonas reforestables de Santa Catarina Pinula	127
2.12 Conclusiones.....	129
2.13 Recomendaciones	131
2.14 Bibliografía	132

Contenido	Página
3 Capítulo III Informe final de Servicios Profesionales realizados en la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Guatemala, Guatemala, C.A. con énfasis en las competencias de la Administración Municipal de la Unidad de Gestión Ambiental, (UGAM).....	135
3.1 Antecedentes.....	137
3.2 Objetivos.....	138
3.2.1 General.....	138
3.2.2 Específicos	138
3.3 Resultados de los Proyectos de los Servicios Ejecutados.....	139
3.3.1 Caracterización la Unidad de Manejo Río El Sauce, Cuenca urbana del Río Contreras	139
3.3.2 Propuesta de mejoras al formato de licencia municipal para tala de árboles y regulación de emisión de licencias.....	162
3.3.3 Apoyo al Juzgado de Asuntos Municipales en el caso de tala ilícita efectuada en el astillero municipal de la aldea Piedra Parada Cristo Rey	167
3.3.4 Reinstalación, producción de plantas y capacitación en propagación de plantas y bioseguridad al personal de campo del vivero municipal El Huisital.....	177
3.3.5 Proyectos ambientales con estudiantes de diversificado.....	184
3.3.6 Elaboración del Plan Operativo Anual 2012 de la UGAM.....	189
3.4 Conclusiones	197
3.5 Recomendaciones.....	198
3.6 Bibliografía.....	199

Índice de Cuadros

Contenido	Página
Cuadro 1. Cuencas o ríos principales y Unidades de Manejo del municipio de Santa Catarina Pinula	18
Cuadro 2. Listado de Pozos Municipales en Santa Catarina Pinula.....	22
Cuadro 3. Resumen a nivel exploratorio del uso de la tierra para el año 2011 de Santa Catarina Pinula	25
Cuadro 4. Categorías de capacidad de uso de la tierra según la metodología del INAB	33
Cuadro 5. Resumen del estudio de Intensidad de uso de la tierra del Municipio de Santa Catarina Pinula	33
Cuadro 6. Total de Habitantes y densidad poblacional por unidad de manejo de cuenca de Santa Catarina Pinula.....	34
Cuadro 7. Medios y posibles acciones/servicios profesionales para palear la problemática central.....	48
Cuadro 8. Priorización institucional de los medios a desarrollar como servicios profesionales.....	49
Cuadro 9. Superficie de áreas Kyoto de Guatemala según los mapas elaborados.....	79
Cuadro 10. Categorías de uso de la tierra modificadas para el estudio, según la metodología UGI	90
Cuadro 11. Ejemplo de matriz de ponderación de criterios:	97
Cuadro 12. Leyenda fisiográfica-geomorfológica del municipio de Santa Catarina Pinula	99
Cuadro 13. Leyenda fisiográfica a nivel de de grandes paisajes de Santa Catarina Pinula	101
Cuadro 14. Análisis comparativo de la capacidad de uso de la tierra bajo la metodología propuesta por INAB para Santa Catarina Pinula	108
Cuadro 15. Resumen de las categorías de uso de la tierra para Santa Catarina Pinula con base en la metodología UGI.....	111
Cuadro 16. Resumen a nivel exploratorio del uso de la tierra para el año 2011 de Santa Catarina Pinula	113

Contenido	Página
Cuadro 17. Resumen de las categorías de uso de la tierra que pueden ser manejadas dentro de las zonas “R” de Santa Catarina Pinula	117
Cuadro 18. Listado las especialidades de los expertos consultados para la recopilación de criterios de valoración.....	122
Cuadro 19. Resumen del potencial de reforestación para Santa Catarina Pinula.....	127
Cuadro 20. Complejos habitacionales que se encuentran dentro de la unidad de manejo.....	145
Cuadro 21. Extensión de las unidades de uso de la tierra con fines de recarga hídrica ...	146
Cuadro 22. Cálculos de la infiltración básica con el método de Porchet (parte media de la unidad de manejo)	149
Cuadro 23. Cálculos de infiltración básica con el método de Porchet (parte alta de la unidad de manejo)	151
Cuadro 24. Cálculo de la evapotranspiración por el método de Hargreaves	154
Cuadro 25. Resumen de las unidades de tierra trabajadas para balance hídrico	156
Cuadro 26. Resumen de variables dasométricas analizadas en la regresión	173
Cuadro 27. Resumen de la estimación de volumen de la tala ilegal	175
Cuadro 28. Inventario de plantas producidas al finalizar el servicio profesional en el vivero el Huisital.....	181
Cuadro 29. Esquema de formulación de objetivos operativos del POA 2012 de la UGAM.....	189
Cuadro 30. Matriz de planificación operativa para el año 2012 de la UGAM	194

Índice de Figuras

Contenido	Página
Figura 1. Matriz de relaciones potenciales multisectoriales en una cuenca.....	9
Figura 2. Mapa de Ubicación del Municipio de Santa Catarina Pinula.....	13
Figura 3. Mapa de Cuencas, red hídrica y unidades de manejo de cuenca del municipio de Santa Catarina Pinula	19
Figura 4. Mapa de Cuencas y Pozos Municipales en Santa Catarina Pinula.....	21
Figura 5. Mapa de uso de la tierra del año 1999 para Santa Catarina Pinula.....	24
Figura 6. Uso de la tierra para el año 1999 en Santa Catarina Pinula	26
Figura 7. Mapa geológico del Municipio de Santa Catarina Pinula	28
Figura 8. Mapa Fisiográfico-geomorfológico a nivel de Grandes Paisajes de Santa Catarina Pinula	29
Figura 9. Mapa Fisiográfico-geomorfológico a nivel de Paisajes del Municipio de Santa Catarina Pinula	30
Figura 10. Mapa de Series de Suelo del Municipio de Santa Catarina Pinula	32
Figura 11. Mapa de densidad poblacional por unidad de manejo de cuenca de Santa Catarina Pinula	35
Figura 12. Mapa de dinámica de la cobertura de bosque año 1999 a 2011 en Santa Catarina Pinula	39
Figura 13. Árbol de causa-efecto de la problemática identificada.....	40
Figura 14. Árbol de medios y fines para la problemática identificada	45
Figura 15. Ruta de mapas para identificar áreas Kyoto	72
Figura 16. Mapa de Ubicación del Municipio de Santa Catarina Pinula.....	80
Figura 17. Fisiografía y geomorfología a nivel de Paisajes de Santa Catarina Pinula	103
Figura 18. Pendientes del terreno a nivel de detalle de Santa Catarina Pinula.	104
Figura 19. Mapa de pendientes generalizadas con base en las unidades fisiográficas de Santa Catarina Pinula	106
Figura 20. Mapa de profundidad efectiva de los suelos de Santa Catarina Pinula	107
Figura 21. Mapa de capacidad de Uso de la Tierra bajo (metodología del INAB) de Santa Catarina Pinula	109
Figura 22. Uso de la tierra del año 2011 de Santa Catarina Pinula	110
Figura 23. Mapa de intensidad de uso de la tierra de Santa Catarina Pinula	116

Contenido	Página
Figura 24. Mapa de zonas reforestables (zonas “R”) de Santa Catarina Pinula	119
Figura 25. Mapa de categorías de uso generalizadas para el criterio socioeconómico...	121
Figura 26. Mapa de zonas con potencial de reforestación de Santa Catarina Pinula.....	128
Figura 27. Delimitación de las microcuencas del municipio de Santa Catarina Pinula	141
Figura 28. Unidades de manejo de la microcuenca del Río Contreras.....	142
Figura 29. Red de drenaje de la Unidad de Manejo “Río El Sauce”, Microcuenca “Río Contreras”	144
Figura 30. Unidades para la Estimación de Recarga Hídrica en la Unidad de Manejo Río El Sauce, Microcuenca del Río Contreras	147
Figura 31. Series de suelo de la Unidad de Manejo Río El Sauce, Microcuenca del Río Contreras	148
Figura 32. Curva de infiltración para la prueba en la parte media de la cuenca	150
Figura 33. Panorámica del lugar de realización de la prueba de infiltración en la parte media de la unidad de manejo.....	150
Figura 34. Espacio circundante en el lugar de realización de la prueba de infiltración en la parte media de la unidad de manejo.....	151
Figura 35. Curva de infiltración para la prueba en la parte alta de la cuenca	152
Figura 36. Vista panorámica del lugar de realización de la prueba de infiltración en la parte alta de la unidad de manejo.....	152
Figura 37. Espacio circundante en el lugar de realización de la prueba de infiltración en la parte media de la unidad de manejo.....	153
Figura 38. Comparación entre las zonas de recarga calculadas por la recarga potencial	157
Figura 39. Potencial de recarga por unidad de tierra, Unidad de Manejo Río El Sauce, Microcuenca del Río Contreras	159
Figura 40. Ejemplo de una licencia municipal de tala de árboles emitida antes de las modificaciones	163
Figura 41. Muestra del nuevo formato de licencia municipal de tala de árboles implementado	165
Figura 42. Área en donde cocinaban la comida, a un costado del camino interno.....	167

Contenido	Página
Figura 43. Pasto y estiércol de caballos que se utilizaron para halar la madera, desde el fondo de la ladera en donde se cortaron los árboles.	168
Figura 44. Recipientes plásticos para aceite de motor de dos tiempos, ropa y una llanta que se utiliza como soporte para trozas en las labores de corte... ..	168
Figura 45. Basura, papel higiénico y restos de comida dejados cerca del campamento año 2011	169
Figura 46. Rodada del vehículo y restos de la fogata del campamento año 2011	169
Figura 47. Árbol de pino del cual se extrajo ocote para cocinar alimentos para mortosierristas del campamento del año 2011	170
Figura 48. Gráfico de dispersión del DAT versus Volumen con línea de tendencia y ecuación propuesta	172
Figura 49. Prueba de no correlación del error del modelo con respecto al DAT	174
Figura 50. Prueba de estandarización de la variable con respecto al error del modelo ..	174
Figura 51. Prueba del error del modelo con respecto a la variable estandarizada	174
Figura 52. Estado del vivero El Huisital, año 2010, área de desarrollo 1	178
Figura 53. Estado del vivero El Huisital, año 2010, área de desarrollo 2	178
Figura 54. Área de desarrollo convertida en un propagador artesanal con pediluvio y sistema de riego utilizando manguera de poliducto	179
Figura 55. Vista panorámica del área de desarrollo en proceso de reestablecimiento ...	180
Figura 56. Área de desarrollo remodelada para plantas ornamentales.....	180
Figura 57. Vista interior del propagador, se utilizaron materiales reciclables además de las bandejas gestionadas	182
Figura 58. Área de desarrollo de plantas forestales, vivero municipal El Huisital	183
Figura 59. Plántulas de Encino, Quercus sp. trasplantadas por el grupo de estudiantes de Bachillerato del Colegio Madre del Divino Pastor, año 2011	186
Figura 60. Grupo de estudiantes en la finalización del proyecto de conservación de suelos en el Puente Muxbal, año 2011	187
Figura 61. Grupo de estudiantes de Bachillerato por Maduréz realizando los trabajos de limpia y plantación de árboles de Ciprés en el Riito	187

Resumen

Actividades tendientes a la gestión de los recursos naturales renovables del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala, C.A. con énfasis en las competencias de la administración municipal de la unidad de gestión ambiental (UGAM)

Desde la Constitución Política de la República de Guatemala, pasando por la Ley Forestal hasta el Código Municipal, existe una cadena de normativos que propician el desarrollo, aprovechamiento técnico racional, protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales renovables.

En el caso de las municipalidades, el manual organizacional faculta al Concejo Municipal, Alcalde, Asesores, Coordinador de la Oficina Municipal de Planificación, Encargado de estadística socioeconómica y Técnico en Gestión Ambiental para la creación de comisiones, fomento, protección, diagnóstico, conservación y mejoramiento de los recursos naturales renovables en la circunscripción municipal. Dicho código establece la creación de una Unidad de Gestión Ambiental para el análisis, regulación y desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables.

Teniendo como línea base las regulaciones anteriores, las actividades tendientes a la gestión de los recursos naturales renovables de Santa Catarina Pinula, se enmarcaron dentro de las tres fases que componen la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado.

La fase diagnóstica consistió en la realización de una caracterización de los recursos naturales renovables, específicamente en el componente suelo, bosque y recurso hídrico, recopilando información básica y que al momento de iniciar el proceso era inexistente; posteriormente se deliberó en un diagnóstico, identificando como problema central el deterioro de los recursos naturales renovables. Algunas de las principales implicaciones fueron: la poca aceptación por parte de la población a los proyectos de reforestación, talas ilícitas y la inexistencia de proyectos en pro del desarrollo y conservación de los recursos.

La fase de investigación consistió en un análisis de las características biofísicas, sociales y económico-productivas prevaescentes en cada región para determinar en qué localidades es posible desarrollar proyectos de reforestación o la implementación de cultivos permanentes.

La investigación dió como resultado la identificación de zonas con potenciales variados para el desarrollo de proyectos de reforestación o cultivos permanentes como la guayaba, cultivo por el cual existe especial interés debido a la abundancia de variedades nativas.

La tercera fase consistió en el desarrollo de los servicios profesionales ayudando a la planificación, aprovechamiento y gestión de los recursos naturales renovables, tal como la caracterización a nivel de detalle de una cuenca urbana a nivel de detalle determinando la recarga hídrica potencial y realizando un levantamiento de redes de drenaje pluvial, aguas negras, agua potable y drenajes artificiales; proyectos de reforestación y conservación de suelos en áreas con alta pendiente involucrando a estudiantes en la etapa de finalización de su carrera a nivel medio.

Gestión de recursos para la reinstalación del vivero municipal y producción de plantas forestales, ornamentales, frutales y capacitaciones en técnicas de propagación de plantas y bioseguridad al personal de campo; Apoyo en la estimación de daños en talas ilegales utilizando un modelo de regresión lineal para determinar el volumen de madera aprovechado, relacionando el diámetro de los tocones con el volumen del árbol; y mejoras a procedimientos, gestión de licencias municipales de tala de árboles.

Abstract

Trending activities for management of the Natural Renewable Resources of Santa Catarina Pinula, Guatemala, C.A. with emphasis on duties of the City Hall Administration of the Environmental Management Unit (EMU)

Starting on the Politic Constitution of The Republic of Guatemala, passing through Forest Law and City Hall Code, yields to a regulation chain that improves development, rational technical consumption, protection and conservation of the renewable natural resources.

The City Hall Organization Manual, allows to the City Hall Council, Mayor, Advisors, Planning City Hall Department, Social and Economic Statistics Manager and Environmental Management Technician to create improvement, protection, diagnosis and conservation commissions. The Code states the Environmental Management Unit creation to analyze, regulate and improve the renewable natural resources of the city.

Featuring as a base line, those regulations, the trending activities to manage the renewable natural resources of Santa Catarina Pinula City where shaped on the stages of the Superviced Proffesional Exercise.

The diagnosis stage consisted on characterization activities of hydric, woods and land resources compiling basic an nonexistent information when it started; then it deliberated on a diagnosis identifying the main situation as a deterioration of the renewable natural resources of the city. Some effects where reject reaction to the reforestation projects, illegal woods harvestings and no existence of environmental delevelopment projects.

The research stage project consisted on an analysis of the biophysical and economic characteristics of each land to determine locations that could develop reforestation or perennial crops projects. The result, identified areas with several potentials to develop that kind of projects. There is a special interest on Guajaba crop due to the abundance of local varieties.

On the third stage were developed professional services helping on planning and management of renewable natural resources. Doing a detailed characterization of an urban basin determining the potencial ground water recharge and the web of rain drainages, residual waters and water supply; soil conservation and reforestation projects with senior students on critical areas.

Management for the reinstalation of the city hall plant nursery, plant production, plant bio-security, propagation techniques trainings with field personnel. Support on damage estimation on illegal forest cuttings cases with a linear regression model just to know the volume of wood based on the stump diameter and theoretical volume; improvements for proceedings and management for forest cutting licenses.

1 Capítulo I

Diagnóstico de los Recursos Naturales Renovables del Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala, Guatemala, C.A. con énfasis en las competencias de la Administración Municipal de la Unidad de Gestión Ambiental (UGAM)

1.1 Presentación

1.1.1 Marco legal del gobierno local en materia de recursos naturales

El decreto 12-2002 emitido por el Congreso de la República de Guatemala hace referencia al Código Municipal que es una directriz en materia legal en donde se establecen lineamientos para la administración municipal. En materia de recursos naturales renovables existen ciertos artículos que fundamentan la protección, conservación y mejoramiento de los mismos.

Autonomía: “En ejercicio de la autonomía que la Constitución Política de la República garantiza al municipio, éste elige a sus autoridades y ejerce por medio de ellas, el gobierno y la administración de sus intereses, obtiene y dispone de sus recursos patrimoniales, atiende los servicios públicos locales, el ordenamiento territorial de su jurisdicción, su fortalecimiento económico y la emisión de sus ordenanzas y reglamentos. Para el cumplimiento de los fines que le son inherentes coordinará sus políticas con las políticas generales del Estado y en su caso, con la política especial del ramo al que corresponda. Ninguna ley o disposición legal podrá contrariar, disminuir o tergiversar la autonomía municipal establecida en la Constitución Política de la República”.

Lo anterior faculta a la administración municipal a la emisión de reglamentos en materia forestal en apoyo a las directrices superiores como la misma Ley Forestal, las políticas de Protección, Conservación y Mejoramiento del medio ambiente y La Constitución Política de la República de Guatemala.

Competencias del Concejo Municipal: “Le compete al Concejo Municipal la promoción y protección de los recursos renovables y no renovables del municipio”. Organización de comisiones: “debe existir una comitiva responsable del fomento del ambiente y recursos naturales”. Atribuciones del alcalde comunitario o alcalde auxiliar: “le compete velar por la conservación, protección y desarrollo de los recursos naturales de su circunscripción territorial”. Competencias propias del municipio: “la promoción y gestión ambiental de los recursos naturales del municipio” lo cual permite la creación de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal, (UGAM) con respaldo del Alcalde Municipal y el Concejo Municipal y

apoyo de los alcaldes auxiliares para la realización de las distintas actividades tendientes a la protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales.

La UGAM se encuentra suscrita a la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y dentro de sus competencias dicta ser la encargada de mantener actualizadas las estadísticas socioeconómicas del municipio, incluyendo la información geográfica de ordenamiento territorial y recursos naturales.

1.1.2 La Unidad de Gestión Ambiental Municipal, UGAM

Actualmente existe la UGAM conformada por un coordinador, profesional graduado, y dos técnicos (de nivel medio). Y dentro de las principales funciones se encuentra la resolución de expedientes de solicitud de licencia municipal de tala de árboles, casos de contaminación de fuentes hídricas y asistencia en la elaboración y gestión de instrumentos de evaluación ambiental de los distintos proyectos que planifica y ejecuta la DMP en conjunto con la Dirección Municipal de Obras e infraestructura Vial y Dirección Municipal de Servicios Públicos requeridos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN.

1.1.3 Proyectos ejecutados en conjunto con la UGAM

En el municipio se han desarrollado proyectos de reforestación a través de la fundación Aj-Tzuk, Fundación castillo Córdoba y Expatrulleros de Defensa Civil pero todas sin éxito en la permanencia en el tiempo de la cobertura.

1.2 Planteamiento de la problemática

La pérdida y degradación de los recursos suelo, agua y bosque conlleva a la disminución de la productividad de toda actividad socioeconómica. En el caso de la agricultura, la degradación progresiva del suelo es causada debido a la no utilización de técnicas de conservación de suelo y la mala utilización y manejo de productos agroquímicos.

A nivel agronómico, en un inicio se habla de una frontera agrícola que relaciona la disminución de la cobertura forestal para la introducción de cultivos agrícolas de subsistencia en una primera fase; cuando estas tierras disminuyen su productividad, cambia su uso a pastizales para la producción pecuaria. En el caso de Santa Catarina Pinula, se habla de una frontera urbana más que de una agrícola; muchas de las tierras que su potencial es netamente forestal han ido mermando para convertirse en zonas urbanas, por lo tanto la concepción de la tierra como unidad productiva no es el de una visión agrícola, sino de desarrollo urbano.

En el aspecto legal, La Constitución Política de la República de Guatemala, Ley Forestal, Código Municipal y el Manual de Procedimientos le confieren a la administración municipal el cuidado y administración de los recursos naturales dentro de los límites jurisdiccionales; Así mismo, la creación de la Unidad de Gestión Ambiental para la realización del diagnóstico ambiental del municipio. La inexistencia de información correspondiente a la temática de recursos naturales renovables, ocasiona que aspectos como la valoración, aprovechamiento y gestión de los mismos, sea una temática flagelar en la administración municipal.

Por lo tanto, la realización de un diagnóstico de los recursos naturales renovables referido a los aspectos tierra, agua y bosque con énfasis en las competencias de la administración municipal permitirá sentar bases para la generación de lineamientos para el aprovechamiento de los recursos, planificación y ordenamiento territorial y estrategias para la reducción de problemas de contaminación hídrica que tiene alta incidencia en el municipio.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Establecer la situación actual de los recursos naturales renovables del municipio de Santa Catarina Pinula como herramienta para la planificación de actividades que contribuyan a la conservación, protección y mejoramiento de los mismos.

1.3.2 Específicos

- Caracterizar el recurso hídrico con que cuenta el municipio.
- Caracterizar el recurso suelo a nivel geológico y de uso.
- Caracterizar el recurso bosque a nivel de dinámica de cobertura.
- Identificar problemáticas en cuanto a la utilización del recurso suelo y agua del municipio en el marco de las competencias en materia de recursos naturales y ambiente según el código municipal.

1.4 Metodología

1.4.1 Las solicitudes de la Comisión Municipal de Desarrollo

Como parte de las actividades de la administración municipal se tiene contemplada la realización de las reuniones con los alcaldes auxiliares de cada una de las localidades, síndicos, concejales y alcalde municipal (quien la preside) denominada Comisión Municipal de Desarrollo, (COMUDE). Las reuniones del COMUDE se llevan a cabo mensualmente según lo norma el código municipal. En estas reuniones, cada uno de los alcaldes auxiliares da a conocer las problemáticas existentes en su comunidad en siguientes temas: Infraestructura vial, medio ambiente, servicios públicos, seguridad ciudadana, jurídico-legal, asistencia social, agua y saneamiento y tránsito.

Dichas problemáticas se recopilan en una boleta generada por el Coordinador de estadística de la DMP; las peticiones se analizan y distribuyen de acuerdo a cada una de las Direcciones según las competencias, por ejemplo, a la:

- **Dirección de Obras:** le corresponde bacheo en carreteras, colocación de postes, mantenimiento y reparaciones en infraestructura municipal, escuelas principalmente; reparación y mantenimiento de drenajes pluviales y aguas negras; pavimentaciones, adoquinados y movimiento de tierras.
- **Dirección de Servicios públicos:** se encarga de fugas en el sistema de distribución de agua potable, irregularidades en la distribución, calidad del agua (turbidez, color y sabor del agua principalmente), alumbrado público y funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas negras.
- **Al Juzgado de asuntos municipales:** le corresponde ventilar transgresiones como inmuebles iniciado construcciones sin la licencia respectiva y problemas jurídico-legales entre vecinos.
- **Dirección de Catastro:** se encarga de valuaciones de inmuebles y determinación de la propiedad los mismos con fines de tributación.

- **Desarrollo social:** se encarga de promover acciones que benefician a los vecinos como jornadas de vacunación, programas de alfabetización y cursos de capacitación.
- **Dirección Municipal de Planificación:** le corresponde la elaboración de planificaciones, presupuestos y planos constructivos de los distintos proyectos de infraestructura. También otorga licencias municipales de construcción, licencias municipales de tala de árboles, y evacuar casos de contaminación en ríos y talas ilegales de árboles.
- **Policía Municipal de Seguridad en conjunto con la Policía Nacional Civil, PNC:** patrullajes en determinadas zonas del municipio y participación en la comisión de seguridad ciudadana
- **Policía Municipal de Tránsito, PMT:** asistencia vial, señalizaciones dañadas, colocación de túmulos y/o reductores de velocidad, así como la aplicación de la reglamentación de tránsito.
- **Dirección administrativa:** colocación y gestión de rótulos y señales de tránsito en conjunto con la PMT; la gestión de insumos de uso recurrente y la contratación de personal.

En las primeras reuniones del COMUDE se les pide a los alcaldes auxiliares que hagan especial énfasis en casos relacionados al medio ambiente y recursos naturales renovables para ser tomados en cuenta en la planificación de servicios.

Así mismo se realiza una observación de las labores y expedientes que maneja la coordinadora de la UGAM para determinar, de acuerdo a los conocimientos de formación, en qué áreas del conocimiento podían identificarse problemáticas y planificar algún tipo de servicio profesional en materia de recursos naturales renovables.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Marco Conceptual

1.5.1.1 El manejo integrado de cuencas

A lo largo de la historia la manera de administrar los recursos naturales, sociales y económicos comprendidos dentro de un área en particular, ha variado de acuerdo a los esquemas de gobierno existentes, ya sea nacionales, regionales o locales, también ha variado de acuerdo a las necesidades presentes y a los intereses particulares de unos pocos o de grandes grupos. Cada zona se divide, utilizando criterios políticos que muy poco o nada tienen que ver con las interrelaciones existentes entre los distintos sectores y recursos presentes en dichas zonas. (Jaubert, MA. 2011)

Cada grupo lo ha resuelto a su manera, sin embargo en las últimas décadas se ha difundido el pensamiento de la cuenca como área de planificación y administración. La idea de la cuenca como un área propicia de trabajo se acentúa con el entendimiento de los procesos naturales que se dan en dichas áreas y cómo estos afectan y son afectados por los sectores sociales, económicos y políticos presentes en ella. Lo anterior se puede definir como un ciclo sectorial donde por un lado se agrupan todas las actividades y necesidades humanas, denominadas sectores socioeconómicos y en el otro las naturales o sector natural. (Jaubert, MA. 2011)

Uno de los recursos que ha propiciado que la cuenca se vea como una unidad base para administración y acción es el agua. Lo anterior se fundamenta especialmente en su disponibilidad limitada, ya sea por cantidad o calidad, por la amenaza natural que puede representar, sea inundación o sequía y porque ningún grupo humano se puede desarrollar sin ella. Además este elemento actúa como un enlace entre todos los recursos naturales y sectores, además que es afectado y los afecta de una u otra manera. (Jaubert, MA. 2011)

El agua no se queda en un solo lugar, la misma viaja de forma descendente por lo que puede actuar como una columna que influye y es influida por diversos sectores y otros recursos en la cuenca. (Jaubert, MA. 2011)

Dicha columna actúa como un soporte vertical en el cual se sostienen lo que se pueden denominar pisos o celdas altitudinales. Estos “pisos” o “celdas” son cuatro y representan la parte alta, media, baja y la costa de la cuenca o lago en caso de que sea endorreica. Cada piso puede tener muchos o pocos recursos, muchos o pocos sectores que los utilicen. (Jaubert, MA. 2011)

En la siguiente ilustración se muestra una celda típica, donde se reflejan algunas actividades de diversos sectores que de una u otra se influyen y utilizan recursos naturales y los impactan también el común a ellos es el agua. (Jaubert, MA. 2011)

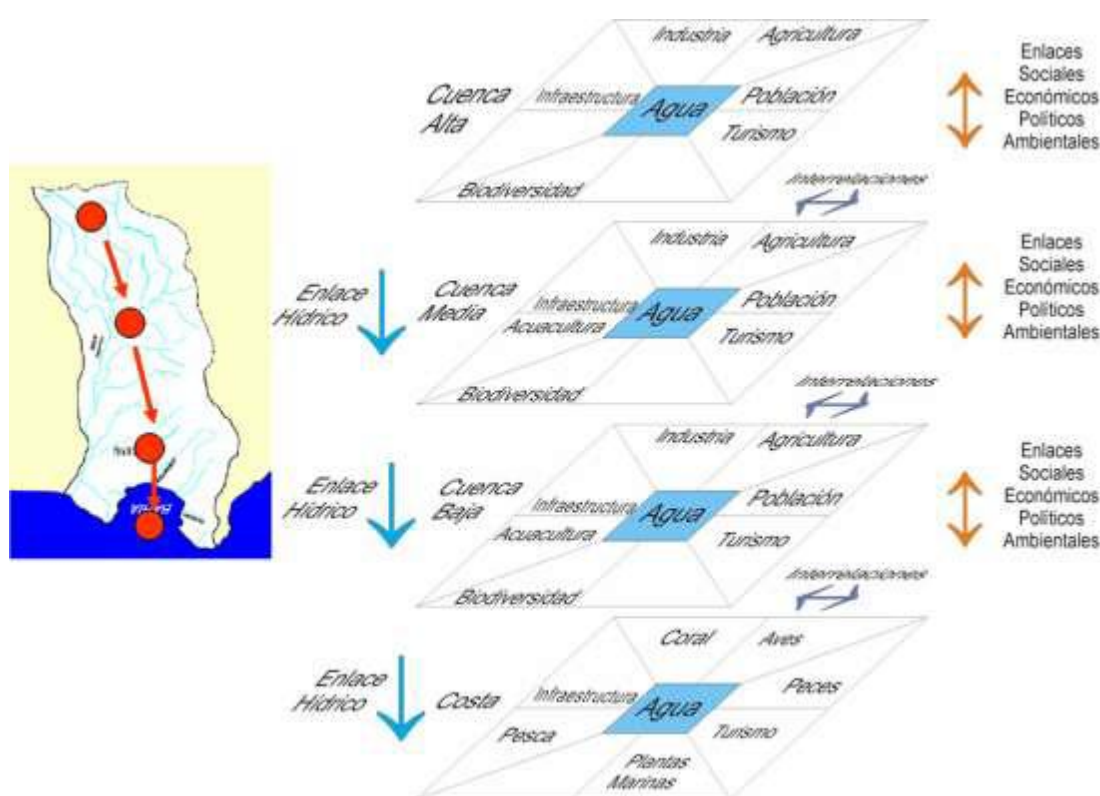


Figura 1. Matriz de relaciones potenciales multisectoriales en una cuenca

Los sectores industriales, comerciales, turísticos, farmacéuticos, servicios públicos entre otros utilizan distintos recursos naturales para fundamentar sus actividades, sin embargo hay recursos que se pueden considerar como sectores o de manera más precisa como usuarios de otros recursos, como por ejemplo los peces o la biodiversidad como un todo. (Jaubert, MA. 2011)

Las celdas no están aisladas entre sí, ya que las actividades de los diversos sectores, aparte de afectarse entre sí, afectan a otros sectores y recursos de celdas superiores o inferiores, convirtiéndose en potenciales limitantes para las actividades de las otras celdas. (Jaubert, MA. 2011)

Las interrelaciones mostradas anteriormente varían de acuerdo al lugar (disponibilidad y variedad de recursos naturales) y a las condiciones sociales, económicas y políticas. Sin embargo es necesario tratar de identificarlas plenamente para poder siquiera conjeturar un posible plan de manejo de cuenca. (Jaubert, MA. 2011)

1.5.1.2 La cuenca como unidad de planificación

Cuando se desea empezar una actividad para alcanzar una meta, como por ejemplo resolver un problema de disponibilidad de agua y además se desea asegurar su continuidad durante un determinado período, se planifican desde su inicio todas las tareas necesarias para arrancar la actividad y para mantenerla en operación hasta que se alcance el objetivo buscado. En algunos casos inclusive se planifican cambios en el camino para “protegerse” de sorpresas, es decir se desarrolla un esquema robusto para que pueda soportar la mayoría de los imprevistos. (Jaubert, MA. 2011)

Para realizar una planificación óptima de la actividad, se depende en gran medida de la información disponible, tanto de la actividad propiamente, como del ambiente externo donde se desarrolla y también de las potenciales afectaciones a la actividad. El caso de cuencas no escapa a lo anterior, la planificación utilizada en este esquema es sumamente sensible a la internalidades y externalidades biofísicas, sociales, económicas y políticas. (Jaubert, MA. 2011)

Cuando se habla de la cuenca como unidad de planificación, se busca alcanzar un objetivo global o múltiples metas, sin embargo esencialmente se quiere resolver un problema a la vez (por lo general el crítico) y que de manera indirecta se vayan resolviendo otros asociados al mismo.

La cuenca puede reflejar distintos niveles de planificación, los cuales dependen de la escala, de la importancia de la cuenca para la región o para el país. También depende de las propuestas de desarrollo socioeconómico y ambiental a corto, mediano y largo plazo y la prioridad de resolución de problemas que definan las autoridades gubernamentales a nivel local, regional y nacional. (Jaubert, MA. 2011)

1.5.1.3 La aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) al manejo de cuencas

La función de un SIG es mejorar la capacidad para la toma de decisiones. Un sistema de información es la cadena de operaciones que va desde la planificación de la observación y recolección de los datos, hasta su almacenamiento y análisis; y luego a la utilización de la misma en algún proceso de toma de decisiones. Un mapa es una colección de datos almacenados y analizados y la información derivada de estos procesos se utiliza en la toma de decisiones. (World Vision. 2001)

Un SIG, en el concepto moderno, es un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados con coordenadas espaciales o geográficas, utilizando medios computarizados o manuales. En otros términos, un SIG es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos espacialmente referidos, como una serie de operaciones para trabajar con los datos. En general, el SIG puede ser definido como una herramienta para recolectar, exhibir, manejar, analizar y producir datos espacialmente referenciados. Una capa de un mapa, es un mapa geográfico en el cual cada ubicación está caracterizada por un solo tipo de dato (ej. suelos, elevación o vegetación). Los estratos de datos SIG pueden considerarse como una pila de "mapas flotantes" con referencias espaciales comunes, lo que permite al usuario "mirar" hacia abajo y a través de los datos utilizando las capacidades de despliegue y análisis. (World Vision. 2001)

Los SIG se utilizan en una amplia variedad de situaciones. Los arquitectos paisajistas han acogido los conceptos del SIG por muchos años, analizando la idoneidad de los sitios y desarrollando capacidades de planificación para un uso específico. Los ingenieros civiles y arquitectos dedicados al desarrollo de grandes áreas tienen intereses y técnicas comparables, incluida la consideración de los impactos ambientales tales como la percepción del ruido y el obscurecimiento o cambio de las vistas. Los profesionales forestales usan esta

tecnología para la confección de mapas y manejo de terrenos y para el seguimiento de plagas y enfermedades. (World Vision. 2001)

Los planificadores de ciudades utilizan los SIG para ayudar a automatizar la tasación de impuestos, el establecimiento de rutas para los vehículos de emergencia, y el mantenimiento de los servicios de transporte y tierras públicas. (World Vision. 2001)

Los administradores del medio ambiente y los científicos utilizan estos sistemas en actividades tales como el mantenimiento de un inventario de especies raras y amenazadas y de sus hábitat, así como para el monitoreo de vertederos riesgosos. Por ejemplo, los SIG se utilizan en la realización de estudios de los hábitat de la vida silvestre, de la contaminación de fuentes no puntuales, el cambio del uso de la tierra, manejo de las plagas, erosión del suelo, análisis de aptitud de uso del suelo, y en modelación de fenómenos naturales.

1.5.2 Marco Referencial

La información detallada a continuación es producto de la revisión bibliográfica que detalla una monografía realizada por la Municipalidad de Santa Catarina Pinula a excepción de las figuras y mapas y los párrafos que no aparecen citados.

1.5.2.1 Localización

El Municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra localizado, en coordenadas geográficas con latitud $14^{\circ} 34' 13''\text{N}$ y longitud $90^{\circ}29' 45''$ Limita al Este con el Municipio de San José Pinula, al Sur con los Municipios de Fraijanes y Villa Canales y al Oeste y Norte con el Municipio de Guatemala. (Porres, 2005)



Figura 2. Mapa de Ubicación del Municipio de Santa Catarina Pinula

1.5.2.2 Vías de comunicación

La principal vía de acceso es la Carretera Interamericana CA-1; la cual se aparta de la ruta nacional No. 2 que a seis kilómetros al Oeste lleva a la cabecera municipal. La carretera principal, totalmente asfaltada, se encuentra en buen estado; conecta con otros caminos asfaltados o con carretera de concreto o adoquín, para llegar a los municipios vecinos y distintas áreas geográficas.

1.5.2.3 Infraestructura

Se tiene el crecimiento inmobiliario más alto de Centro América (17%) el valor de la tierra en los sectores de alta plusvalía varía entre \$120.00 y \$200.00 la vara cuadrada (\$171.74 a \$286.23 por metro cuadrado), contrastando con áreas marginales en donde el valor promedio de la tierra es de \$20 la vara cuadrada (\$28.62/m²).

Se han construido siete plantas de tratamiento de aguas residuales sin embargo no se han cubierto todos los centros poblados los cuales carecen de redes de alcantarillado sanitario esto ha generado la negativa más alta en la población, reflejando adelantos leves en este servicio; además, ninguna las plantas existentes operan correctamente, por lo que el tratamiento de aguas residuales a nivel municipal es nulo. La gran mayoría del territorio es bastante accidentado, suelos arcillosos poco profundos, de vocación forestal en su mayoría. Estas características no permiten el uso de ciertas áreas para ubicación de viviendas; sin embargo, se han dado construcciones en zonas de riesgo por familias de escasos recursos, así como vivienda formal por empresas constructoras particulares.

1.5.2.4 Actividades económicas

1. Porcicultura

Focalizado en la cabecera municipal existe una alta producción de crianza, destace y distribución de productos porcinos al mercado nacional. Este producto caracteriza al municipio como uno de los mejores en el mercado. (Porres, 2005)

2. Ganadería

Existe crianza de ganado en el territorio pero en muy bajas cantidades, existe también práctica de destace y producción en el rastro municipal pero dicha producción está concesionada. (Porres, 2005)

3. Agricultura

Los cultivos principales son maíz, café, trigo y frijol, que son cultivados por pequeños agricultores que los utilizan para el propio consumo y para ser comercializados en pequeña escala en los mercados, así como el cultivo de hortalizas. El desarrollo de la producción agrícola está limitado por la falta de tierras y el extremo crecimiento urbano. (Porres, 2005)

4. Industria

Una fábrica de alimentos para consumo humano, tendría, la primera localizada al Este y la segunda al Sur del Municipio. La Fábrica de alimentos está certificada bajo las normas ISO. (Porres, 2005)

5. Empresas de servicio

Se cuenta con empresas de telefonía celular, hotel cinco estrellas, hospital privado, clínicas, laboratorios, bancos, colegios, escuelas, supermercados, centros comerciales, restaurantes, etc. El territorio pinulteco se ha convertido en una pequeña ciudad en donde se puede decir que se cuenta con todos los servicios en la zona céntrica (alrededores de la Carretera Interamericana CA-1 y la cabecera municipal) que hacen innecesarios los viajes a la ciudad capital. (Porres, 2005)

6. Inmobiliarias

Un 17% del crecimiento económico del municipio es generado por el sector inmobiliario que dirige sus servicios hacia el sector económico pudiente en la zona este del municipio y viviendas de clase media en la zona Sur del Municipio, en donde se ha visualizado el mayor crecimiento. Debido a que el municipio no cuenta con un plan de ordenamiento territorial, ha sido difícil regular de manera legal el establecimiento de algunas urbanizaciones en zonas de riesgo, a pesar de contar con un reglamento de construcción desde donde se dan los lineamientos e inspecciones para su etapa de ejecución, pero para proyectos macros deben contar con la aprobación de los estudios de impacto ambiental aprobados por el MARN, así como aprobación de estudios de cambio de uso de la tierra por el INAB.

1.5.3 Tasa de crecimiento

Según el Instituto Nacional de estadística se presenta una tasa actual de crecimiento poblacional de 2.2%. (Porres, 2005)

1.5.4 Ambiente y recursos naturales

El territorio pinulteco se caracteriza por su vocación forestal pero se necesitan leyes, reglamentaciones, controles y proyectos ambientales efectivos que puedan ser llevadas a la práctica para detener y/u organizar las diferentes actividades que se están desarrollando en el municipio (complejos habitacionales y comercios), porque su crecimiento es inevitable debido al cambio de uso de suelo y la migración al municipio. (Porres, 2005)

1. Flora

Se cuenta con una cobertura vegetal del 42.22% (año 2011) en cuanto al bosque, se encuentran compuesto en su mayoría especies de Pino, *Pinus maximinoi* H.E Moore Encino, *Quercus sp.* y Ciprés, *Cupressus lusitanica* Mill., entre se encuentra el Amate, *Ficus sp.* , Cedro, *Cedrella odorata* L., Palo Blanco, *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda, Ébano y Guachipilín, *Diphysa robinoides*, Benth; ésta última ya ha desaparecido. También se cuenta con la presencia de plantas frutales como: Mora silvestre, *Morus sp.*, Perote, *Pyrus sp.*, Tuna, *Opuntia sp.*, Mango, *Mangifera indica* L., Nance, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, Manzana, *Malus sp.*, Durazno, *Prunus sp.*, variedades de Jocote, *Spondias sp.*, Guayaba, *Psidium guajava* L., Aguacate, *Persea americana* Mill., Naranja, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Anona, *Anona squamosa* L., Níspero, *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl., Granadilla, *Passiflora sp.*, Mandarina, *Citrus reticulata* Blanco.

En algunas áreas aún se conserva parte de esta cobertura y en terrenos con niveles de pendiente altos. Sin embargo, es difícil controlar las talas ilícitas que son provocadas por intermediarios de madera y familias de escasos recursos en menor medida.

2. Suelo

La degradación del suelo y la pérdida de nutrientes para mantener la cobertura boscosa se ha ido deteriorando debido a que con la tala de los árboles el suelo queda expuesto y este en la época lluviosa es transportado a las partes bajas de la cuenca por los altos niveles de pendiente. Aunado a ello, los suelos cercanos a las cuencas contribuyen a incrementar los niveles de contaminación por el incremento de sólidos en suspensión.

1.6 Caracterización general de los recursos naturales del municipio

1.6.1 Recurso hídrico

1.6.1.1 Ríos

Dentro del recurso hídrico se puede mencionar los ríos Acatan, Chicoj, Chiquito, El Sauce, La Palma, Las Minas, Los Ocotes y Pinula, así como los riachuelos Panasequeque, del Manzano, El Guayabo y Piedra Parada, las quebradas Agua bonita, El Anono, El Mezcal, Seca, Agua Fría, El Cangrejito, el Riito, Cuesta Ancha, El Chorro, La Esperanza y Cuesta Grande.

Utilizando un modelo de elevación digital, en una plataforma de sistemas de información geográfica, (SIG) se pudo dibujar la red hídrica del municipio tomando como base la información provista en las hojas cartográficas del año 2010; al mismo tiempo se delimitaron las cuencas del municipio, dividiendo éstas en unidades de manejo como medida tendiente a la implementación de un plan de manejo integrado de cuenca.

Para mejorar el resultado obtenido en la plataforma de SIG (ArcGis 9.3), se afinó la delimitación de la cuenca utilizando fotografías aéreas pancromáticas en un estereoscopio de espejos para posteriormente digitalizar los acetatos para trabajarlos sobre las ortofotos del año 2006 y finalizar el afinado de la delimitación de las cuencas y unidades de manejo. El producto de la delimitación del municipio en cuencas y unidades de manejo, se muestra en el Cuadro 1 y

Cuadro 1. Cuencas o ríos principales y Unidades de Manejo del municipio de Santa Catarina Pinula

No	Vertiente	Unidad de Manejo	Río Principal	Extensión ha.
1	Caribe	Quebrada Agua Bonita	Río Contreras	481.66
2	Caribe	Río Negro	Río Contreras	234.28
3	Caribe	Río El Sauce	Río Contreras	126.46
4	Pacífico	Quebrada El Anono	Río Las Minas	200.78
6	Pacífico	Quebrada Seca II	Río Las Minas	184.48
9	Pacífico	Quebrada El Chorro II	Río Las Minas	126.30
8	Pacífico	Quebrada El Chorro I	Río Las Minas	284.67
5	Pacífico	Quebrada Seca I	Río Las Minas	128.86
7	Pacífico	Quebrada Seca III	Río Las Minas	154.35
10	Caribe	Río Chicoj	Río Los Ocotes	266.55
11	Caribe	Quebrada Cuesta Grande	Río Los Ocotes	281.58
12	Caribe	Río Los Ocotes	Río Los Ocotes	206.45
14	Caribe	Río Chiquito (Cuenca media)	Río Monjitas	431.88
13	Caribe	Río Acatán (Cuenca alta)	Río Monjitas	339.05
15	Caribe	Río Acatán (Cuenca baja)	Río Monjitas	203.97
16	Pacífico	Río Pinula (Cuenca alta)	Río Pinula	801.97
19	Pacífico	Río Panasequeque	Río Pinula	377.74
17	Pacífico	Río Pinula (Cuenca media)	Río Pinula	148.08
18	Pacífico	Río Pinula (Cuenca baja)	Río Pinula	216.51
Total				5195.60

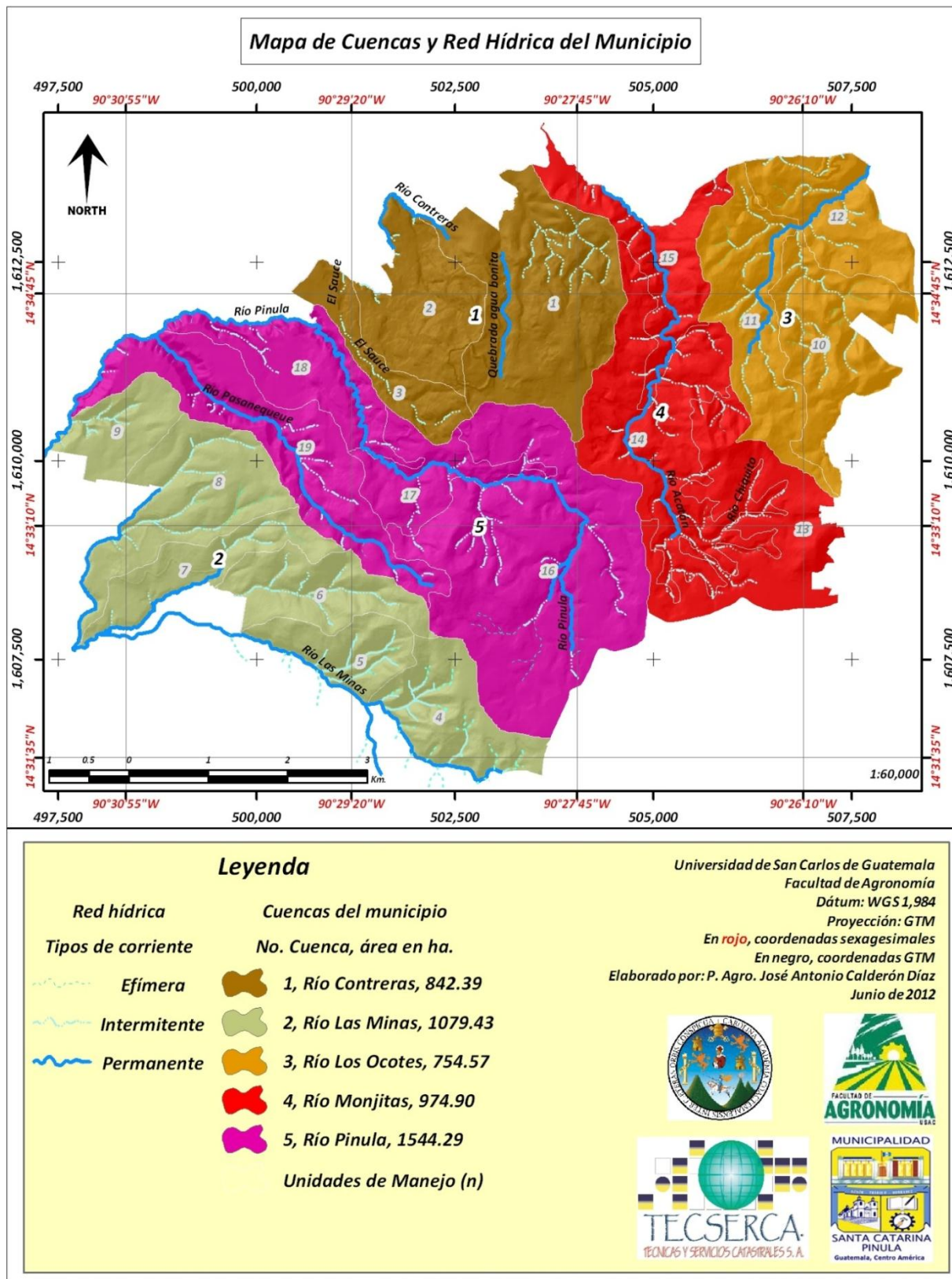


Figura 3. Mapa de Cuencas, red hídrica y unidades de manejo de cuenca del municipio de Santa Catarina Pinula

1.6.1.2 Aprovechamientos hídricos (pozos municipales)

Debido al crecimiento urbano y demanda del recurso hídrico, se ha visto una disminución del caudal en los ríos y algunos de los pozos municipales han quedado en desuso debido a la disminución del agua subterránea.

Actualmente en la cabecera municipal para encontrar agua se tiene que perforar a una profundidad de entre 1,200 a 2,000 pies (365 a 610 metros). El municipio es fuente de abastecimiento de agua para los habitantes de la ciudad capital, por medio del Río Pinula en la Planta de Tratamiento El Cambray que la administra EMPAGUA.

En el río Las Minas se encuentra una obra de captación de agua para abastecimiento de las zonas uno y dos de la cabecera municipal y parte de la Aldea El Pueblito, en las demás cuencas existen otros pozos construidos por la administración municipal desde el año 2000.

A continuación se muestra la distribución espacial de los pozos municipales:

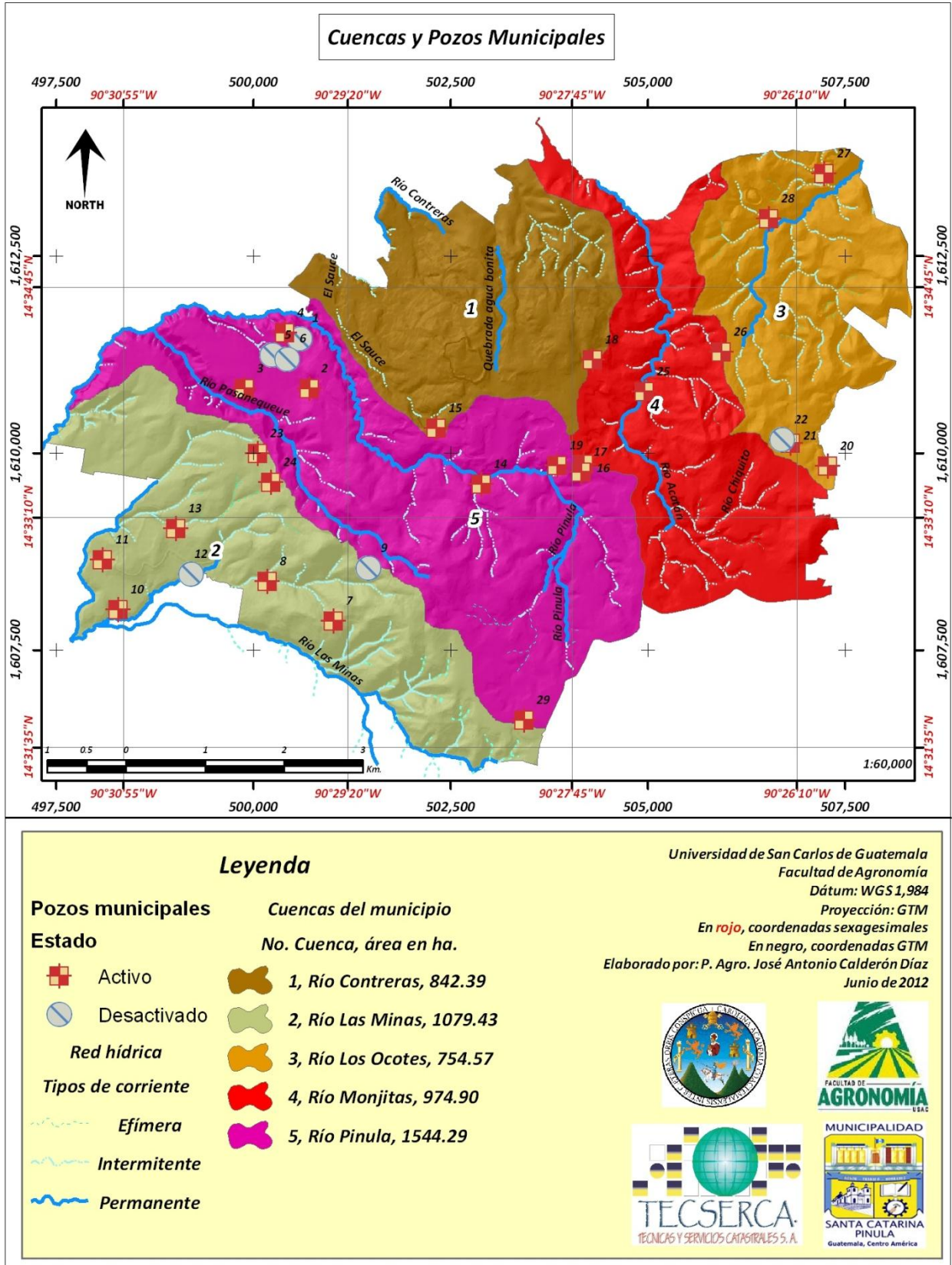


Figura 4. Mapa de Cuencas y Pozos Municipales en Santa Catarina Pinula

Cuadro 2. Listado de Pozos Municipales en Santa Catarina Pinula

ID	Latitud	Longitud	Nombre del Pozo	aldea	Estado
1	14.57331	-90.4945	El Shalom	Cabecera Municipal	Desactivado
2	14.56757	-90.4934	El Huisital	Cabecera Municipal	Activo
3	14.56755	-90.501	El Estadio	Cabecera Municipal	Activo
4	14.57394	-90.4963	Cementerio	Cabecera Municipal	Activo
5	14.57141	-90.4978	El Rastro	Cabecera Municipal	Desactivado
6	14.57095	-90.496	La ceiba	Cabecera Municipal	Desactivado
7	14.54087	-90.4906	Aldea Salvadora II	Salvadora II	Activo
8	14.54541	-90.4984	Sector I	Salvadora I	Activo
9	14.54694	-90.4865	San Miguel Buena Vista	El Pueblito	Desactivado
10	14.54221	-90.5159	Lote 19 sector sur 6	El Carmen	Activo
11	14.54795	-90.5177	Sector 5 la arboleda	El Carmen	Activo
12	14.54624	-90.5074	La tomatera sector 3	El Carmen	Desactivado
13	14.55153	-90.5092	El Carmen	El Carmen	Activo
14	14.55659	-90.4732	Muxbal	Nueva Concepción	Activo
15	14.56298	-90.4785	Calle principal	Nueva Concepción	Activo
16	14.55887	-90.4611	CA-1	Puerta Parada	Activo
17	14.55798	-90.4615	Villas Luissiana	Puerta Parada	Activo
18	14.57087	-90.4601	Callejón La Luz	Puerta Parada	Activo
19	14.55877	-90.4643	Arco azul	Puerta Parada	Activo
20	14.55867	-90.4325	Vistalmonte, callejón la Frontera	El Pajón	Activo
21	14.56127	-90.4368	Planta de Tratamiento	Laguna Bermeja	Activo
22	14.5617	-90.4378	Ingreso a Planta de Tratamiento	Laguna Bermeja	Desactivado
23	14.56009	-90.4995	Sector Los Hernández	Cuchilla del Carmen	Activo
24	14.55678	-90.498	Cuchilla del Carmen	Cuchilla del Carmen	Activo
25	14.56722	-90.454	Puente Acatan	P. P Cristo Rey	Activo
26	14.57178	-90.445	Santo Domingo	P. P Cristo Rey	Activo
27	14.59222	-90.4328	Iglesia Católica	San Jose El Manzano	Activo
28	14.58705	-90.4394	El Puente Lote 425	San Jose El Manzano	Activo
29	14.52951	-90.4682	El Canchón	El Canchón	Activo

Como se observa en la Figura 4 y Cuadro 2 existe un total de 29 pozos municipales de los cuales seis se encuentran desactivados debido a que el descenso en el nivel del agua subterránea que no permite su operación; de los 23 restantes, no todos pueden ser operados las 24 horas debido al abatimiento del pozo, lo cual hace que se desconecten de forma automática y existan irregularidades en el servicio de agua en donde existe red municipal de distribución.

En cuanto a pozos privados respecta, aún no se cuenta con un inventario de los mismos, a pesar de que la municipalidad recibe y aprueba todos los proyectos de urbanizaciones en donde detallan la construcción de pozos.

1.6.2 Recurso Suelo

EL municipio posee una extensión de 5,195.59 hectáreas que equivalen 51.95 kilómetros cuadrados, (referencia común para indicar localmente la extensión del municipio). Debido a la falta de información propia del municipio, se realizó un trabajo de mapeo de las unidades de tierra focalizado a las siguientes temáticas:

- Uso de la tierra (metodología UGI)
- Geología
- Fisiografía y Geomorfología
- Capacidad de Uso de la tierra
- Intensidad de Uso de la Tierra

1.6.2.1 Uso de la Tierra

En el municipio no se había generado información referente al uso de la tierra, el único dato disponible es el de la capa uso de la tierra del año 1999 que se generó a escala 1:50,000 en donde muestra tres categorías de uso de la tierra para el municipio.

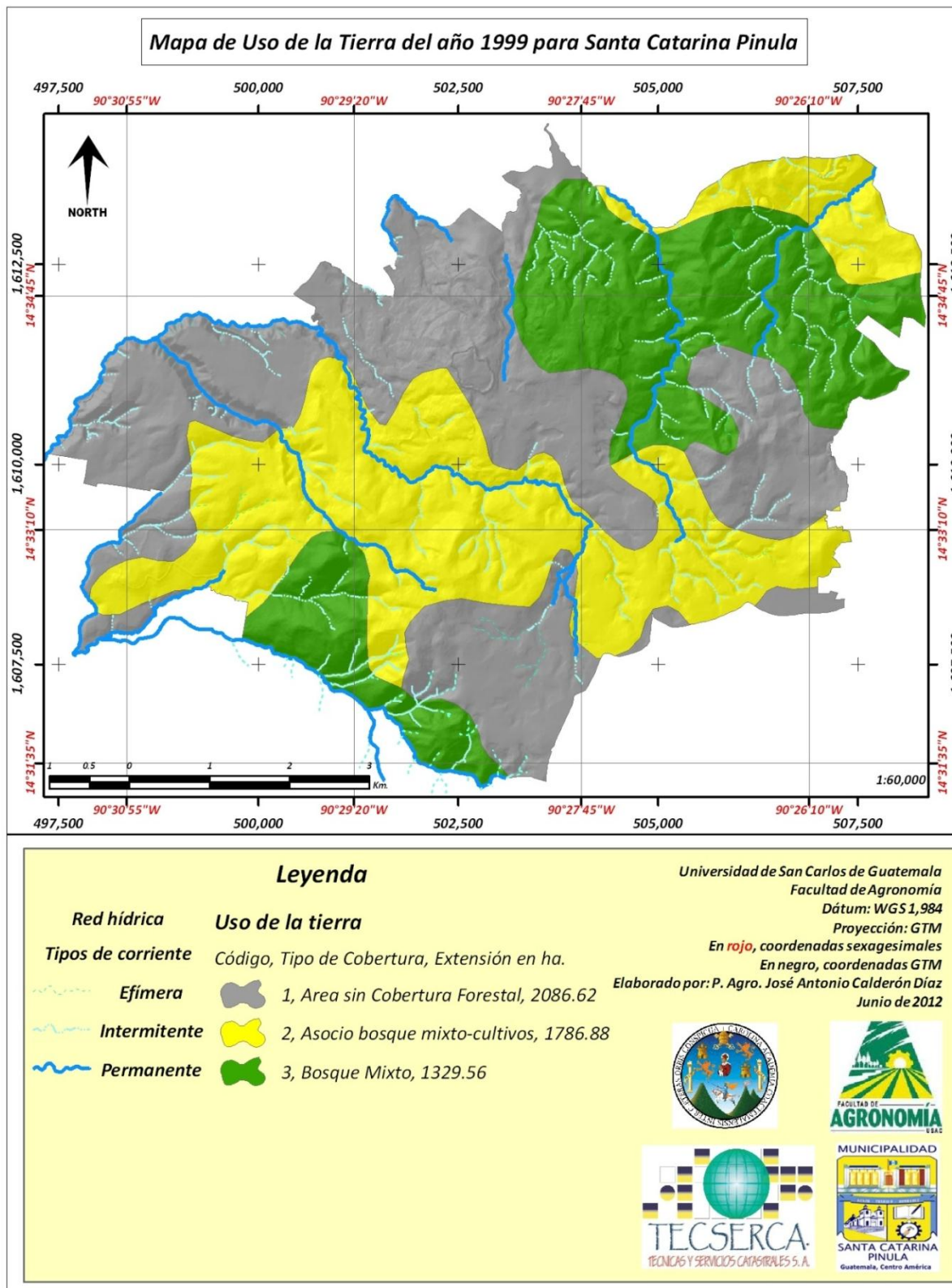


Figura 5. Mapa de uso de la tierra del año 1999 para Santa Catarina Pinula

Ante la falta de información actualizada, se establecieron 26 categorías de uso de la tierra que de manera resumida se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Resumen a nivel exploratorio del uso de la tierra para el año 2011 de Santa Catarina Pinula

Agrupaciones a nivel exploratorio	Extensión en ha.
Centros poblados	2937.06
Cultivos permanentes	4.02
Tierras de cultivo	61.49
Tierras boscosas	2192.7
Tierras improductivas	0.39
Total	5195.66

La distribución espacial se muestra a continuación

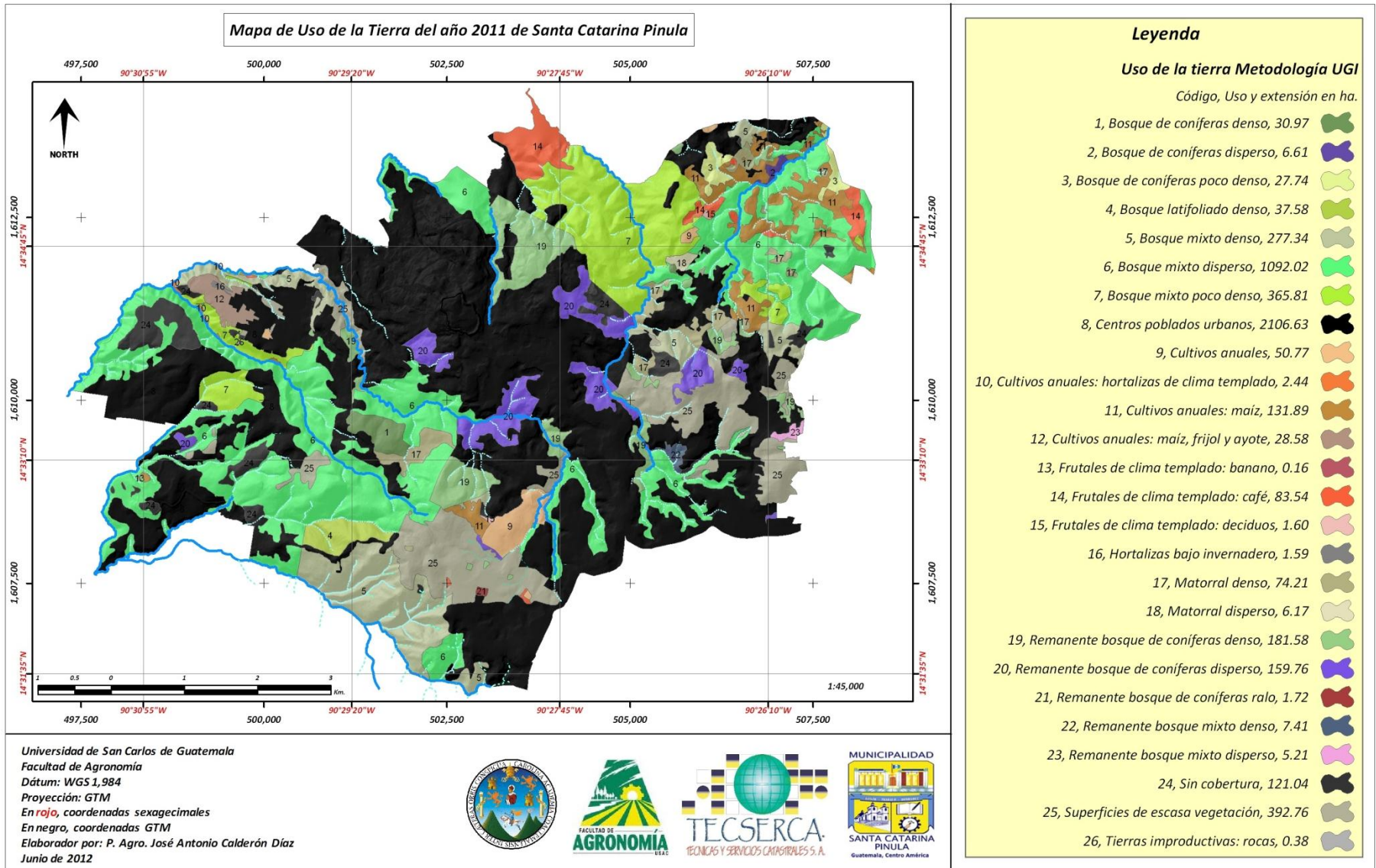


Figura 6. Uso de la tierra para el año 1999 en Santa Catarina Pinula

1.6.2.2 Geología

El municipio se encuentra atravesado por una falla que forma parte del Río Las Vacas, Río Pinula y Las Minas; del lado Oeste se encuentra la fosa tectónica conocida como el Valle de la Ciudad de Guatemala delimitado por pilares tectónicos, lo que lo convierte en una zona altamente sísmica y frágil, originada alrededor del período cuaternario y conformada por rellenos y cubiertas gruesas de ceniza pómez de origen diverso.

Del lado Este (que abarca la mayor parte del municipio) se encuentra un material formado por rocas volcánicas sin dividir, en su mayoría altamente erosionables que se originaron en el período terciario, incluyen materiales laháricos, coladas de lava y sedimentos volcánicos.

1.6.2.3 Fisiografía y Geomorfología

A nivel fisiográfico-geomorfológico se observan tres fragmentos: Las Montañas Volcánicas del Centro del país (en la parte central del municipio) que forman un paisaje bastante accidentado, conformado por cauces de ríos maduros con cauces sinuosos a rectos de tipo dendrítico; es una zona altamente erosionada que surgió durante el período cuaternario.

Del lado Oeste, se encuentra el valle tectónico de la Ciudad de Guatemala, del cual se han mencionado algunas características anteriormente; cabe resaltar que es ahí en donde se sitúa el casco urbano del municipio como tal, en donde existe una formación geológica que se le denomina horst y Graben. El drenaje cambia a subparalelo y subdendrítico. Es una zona que es altamente erosionable, conformada por taludes y valles bastante planos.

Del lado Este, se encuentra el Relleno Piroclástico de la Ciudad de Guatemala, originado en el período Cuaternario; con cauces no tan profundos como en los dos anteriores, que pueden situarse en la juventud temprana. Se observa un material mucho más consolidado, un poco más difícil de erosionar y con superficies más planas. El patrón de drenaje siempre tiende a dendrítico. Cabe resaltar que las tierras se originaron de la caída de fragmentos piroclásticos producto del colapso de la caldera del lago de Atitlán.

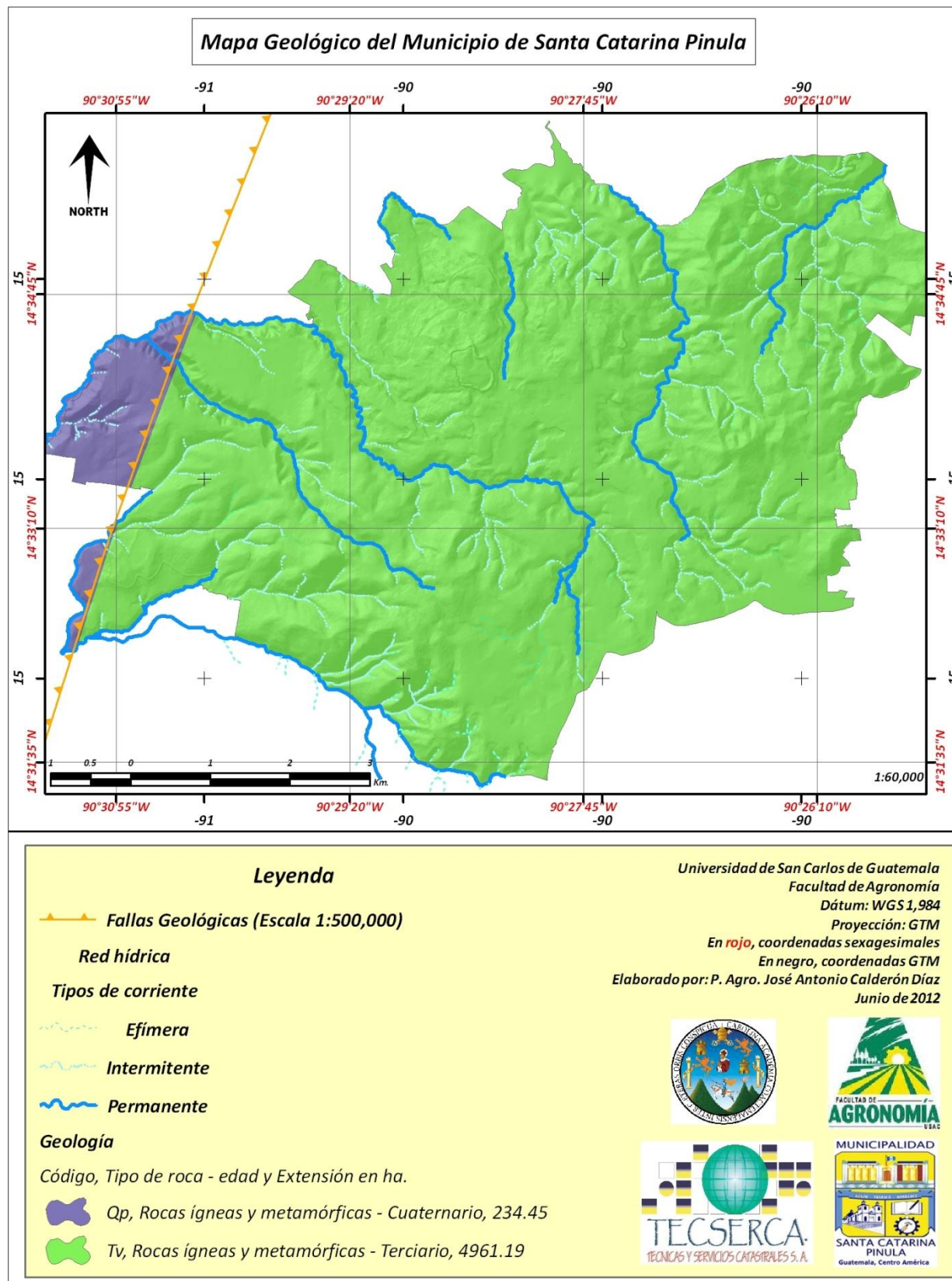


Figura 7. Mapa geológico del Municipio de Santa Catarina Pinula

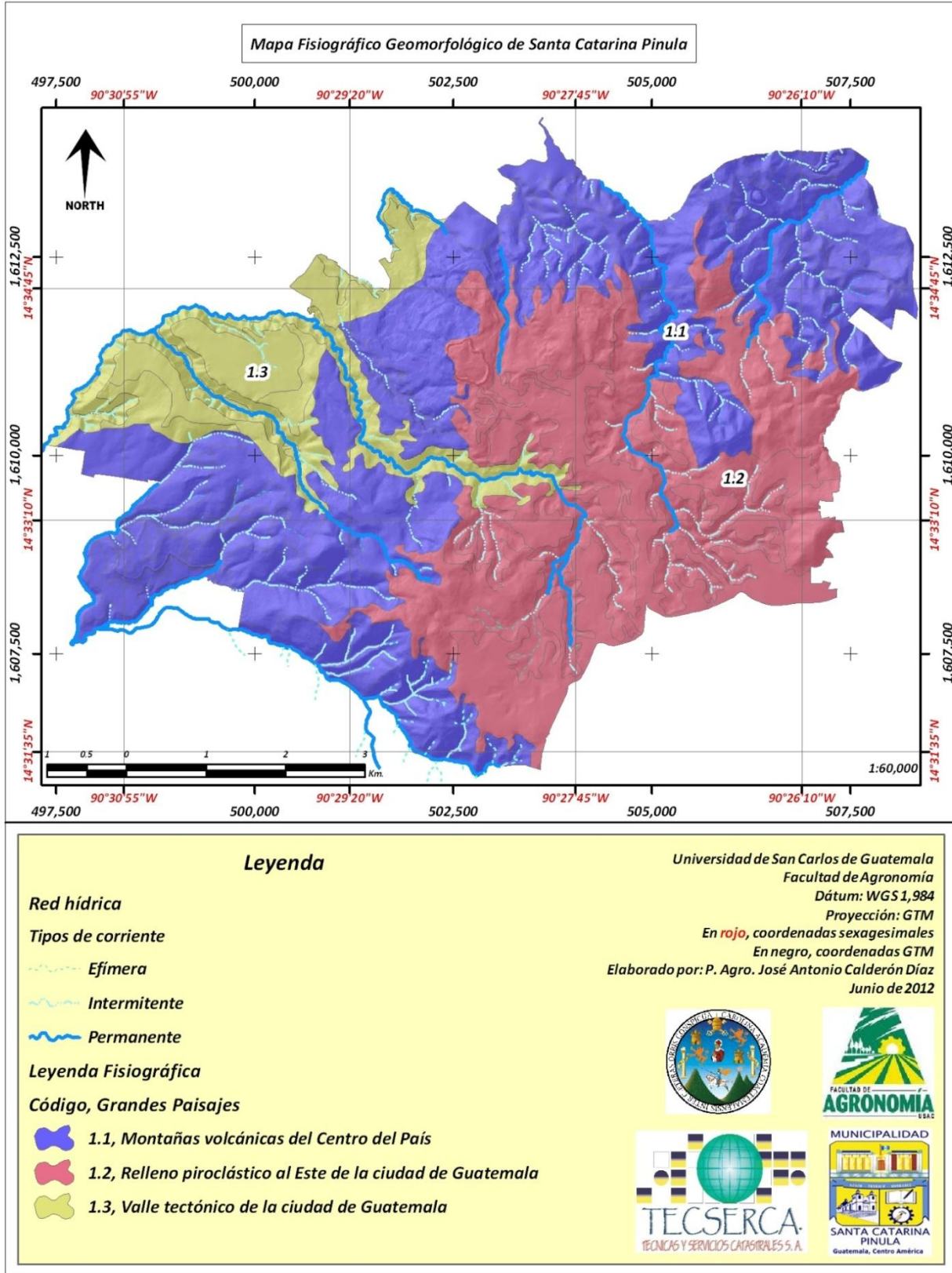


Figura 8. Mapa Fisiográfico-geomorfológico a nivel de Grandes Paisajes de Santa Catarina Pinula

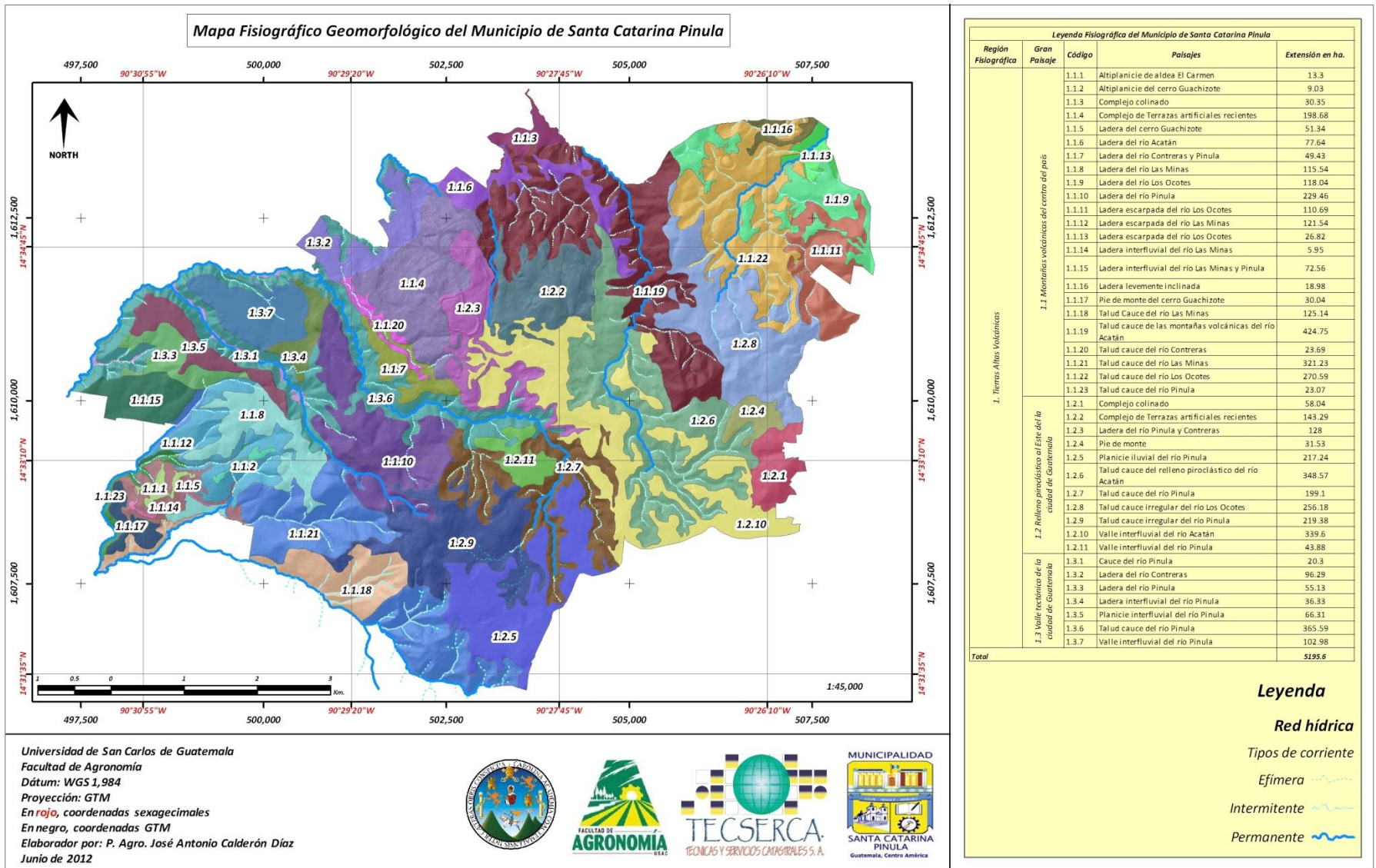


Figura 9. Mapa Fisiográfico-geomorfológico a nivel de Paisajes del Municipio de Santa Catarina Pinula

1.6.2.4 Series de suelo

Según la clasificación realizada por Simmons, C. *et al* 1959, en el municipio prevalecen tres series de suelos, siendo éstas las siguientes:

- **Áreas fragosas:** son terrenos en donde predominan barrancos de casi 100 metros de profundidad; son en su mayoría terrenos baldíos, algunos incluyen partes de planicies que han sido moldeadas por los ríos tal y como se muestra la topografía perteneciente al Valle Tectónico de la Ciudad de Guatemala en donde se encuentran las zonas uno y dos del municipio.

- **Guatemala:** Se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica poco consolidada, se sitúan en topografías onduladas a inclinadas como ocurre en el pasaje de las Montañas Volcánicas del Centro del País ocupando un bolsón intramontañoso

- **Morán:** son suelos profundos, bien drenados al igual que los Guatemala, desarrollados sobre ceniza volcánica pero de tipo pomáceo en climas húmedo-secos. Se diferencian de los Guatemala debido a la coloración más rojiza. Originalmente forestados con coníferas. Actualmente en el municipio en estos suelos se han desarrollado una gran cantidad de complejos habitacionales en donde aún prevalece este tipo de vegetación por ser zonas con alta plusvalía.

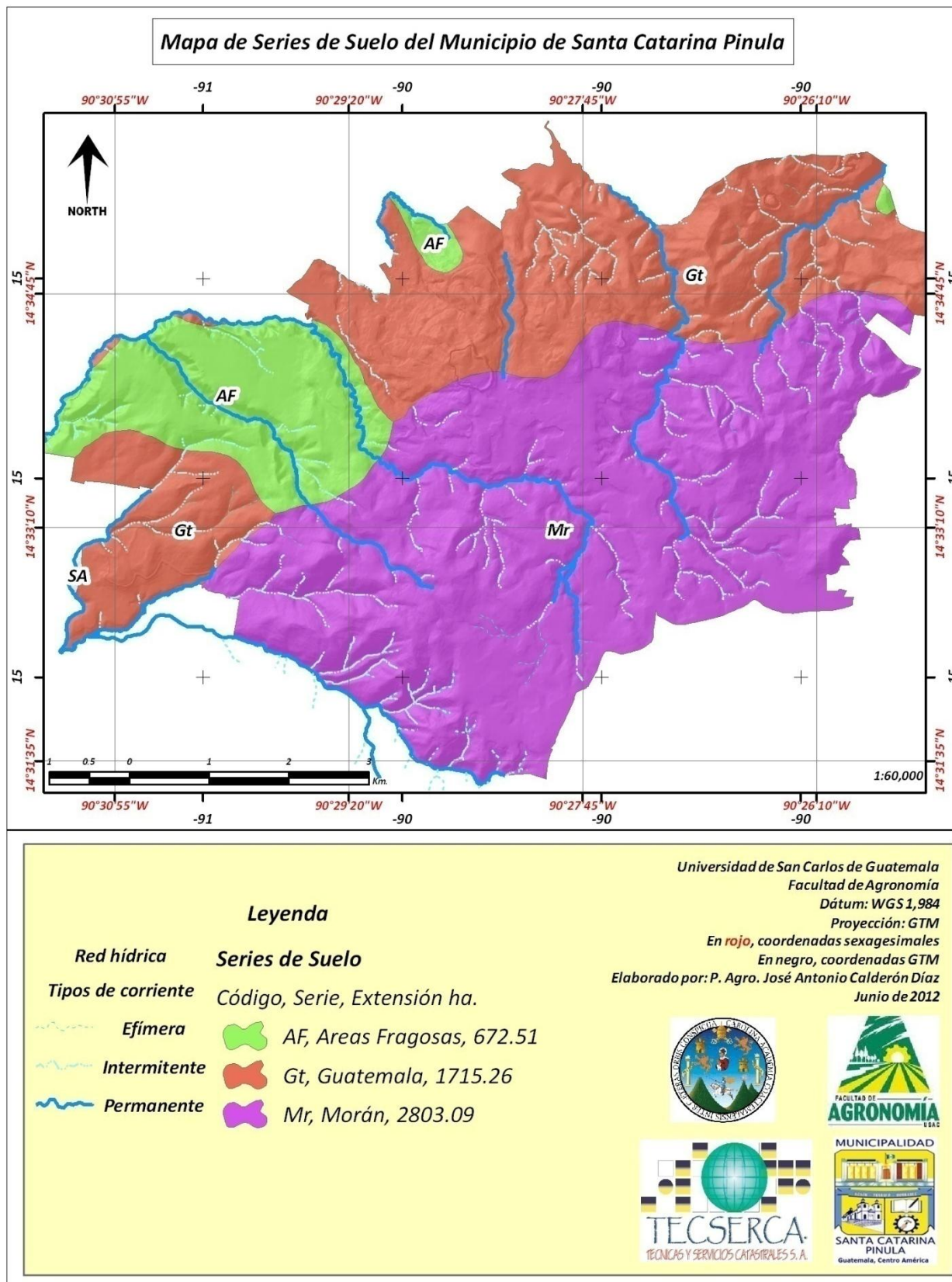


Figura 10. Mapa de Series de Suelo del Municipio de Santa Catarina Pinula

1.6.2.5 Capacidad de Uso de la Tierra

La capacidad de uso de la tierra fue establecida empleando la Metodología de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso del INAB, el resultado que se obtuvo fue el siguiente:

Cuadro 4. Categorías de capacidad de uso de la tierra según la metodología del INAB

No.	Categorías de capacidad de uso		Superficie en ha.	Porcentaje
1	Fp	Tierras forestales de protección	2138.26	41.16%
2	F/Fp	Tierras forestales de producción/de protección	2075.42	39.95%
2	F	Tierras forestales de producción	127.99	2.46%
3	Ss/Ap	Sistemas silvopastoriles	369.64	7.11%
4	Aa	Agricultura con cultivos anuales	484.26	9.32%
Total			5195.57	100.00%

1.6.2.6 Intensidad de Uso de la Tierra

Comparando las capas de Uso del año 2011 y capacidad de uso generados, se estableció que la intensidad de uso de la tierra del municipio corresponde a lo siguiente:

Cuadro 5. Resumen del estudio de Intensidad de uso de la tierra del Municipio de Santa Catarina Pinula

Intensidad de uso	Extensión (ha.)	Extensión como porcentaje
Adecuado	2387.91	45.96
Sobreutilizado	268.59	5.17
Subutilizado	432.46	8.32
Áreas no consideradas (centros urbanos)	2106.61	40.55
Total	5195.58	100

1.6.3 Demografía

1.6.3.1 Situación de la densidad poblacional con enfoque de manejo de cuencas

Según las estimaciones realizadas con base en el censo poblacional del año 2001 realizado por el Instituto Nacional de Estadística, INE y el censo poblacional efectuado por la administración poblacional en el año 2005, se estableció la cantidad de habitantes por cada una de las unidades de manejo de cuenca en las que se dividió el municipio, el resultado fue el siguiente:

Cuadro 6. Total de Habitantes y densidad poblacional por unidad de manejo de cuenca de Santa Catarina Pinula

No.	Unidad de Manejo	Total población al año 2011	Densidad Hab/Km ²	Superficie Km ²
1	Quebrada Seca III	20,681	13,399	1.54
2	Río Pinula (Cuenca baja)	25,977	11,998	2.17
3	Río Pinula (Cuenca media)	17,290	11,677	1.48
4	Río Acatán (Cuenca alta)	34,099	10,057	3.39
5	Río El Sauce	11,383	9,001	1.26
6	Quebrada Seca II	16,183	8,773	1.84
7	Quebrada Cuesta Grande	22,631	8,037	2.82
8	Río Acatán (Cuenca baja)	16,384	8,033	2.04
9	Río Chicoj	20,799	7,803	2.67
10	Río Chiquito (Cuenca media)	32,368	7,495	4.32
11	Quebrada El Chorro I	19,459	6,836	2.85
12	Río Los Ocotes	10,656	5,162	2.06
13	Quebrada El Chorro II	6,207	4,915	1.26
14	Río Negro	11,337	4,839	2.34
15	Río Panasequeque	15,156	4,012	3.78
16	Quebrada Agua Bonita	11,563	2,401	4.82
17	Quebrada Seca I	2,716	2,108	1.29
18	Río Pinula (Cuenca alta)	15,961	1,990	8.02
19	Quebrada El Anono	1,235	615	2.01
Total y promedio		312,087	6,007	51.96

La existencia de una mayor densidad poblacional por unidad de manejo de cuenca, representará una mayor presión sobre los recursos naturales, en este caso al recurso agua debido a la perforación de pozos para abastecimiento de agua potable de los residenciales y descargas de aguas residuales. En menor medida aunque prevaeciente la tala de bosques.

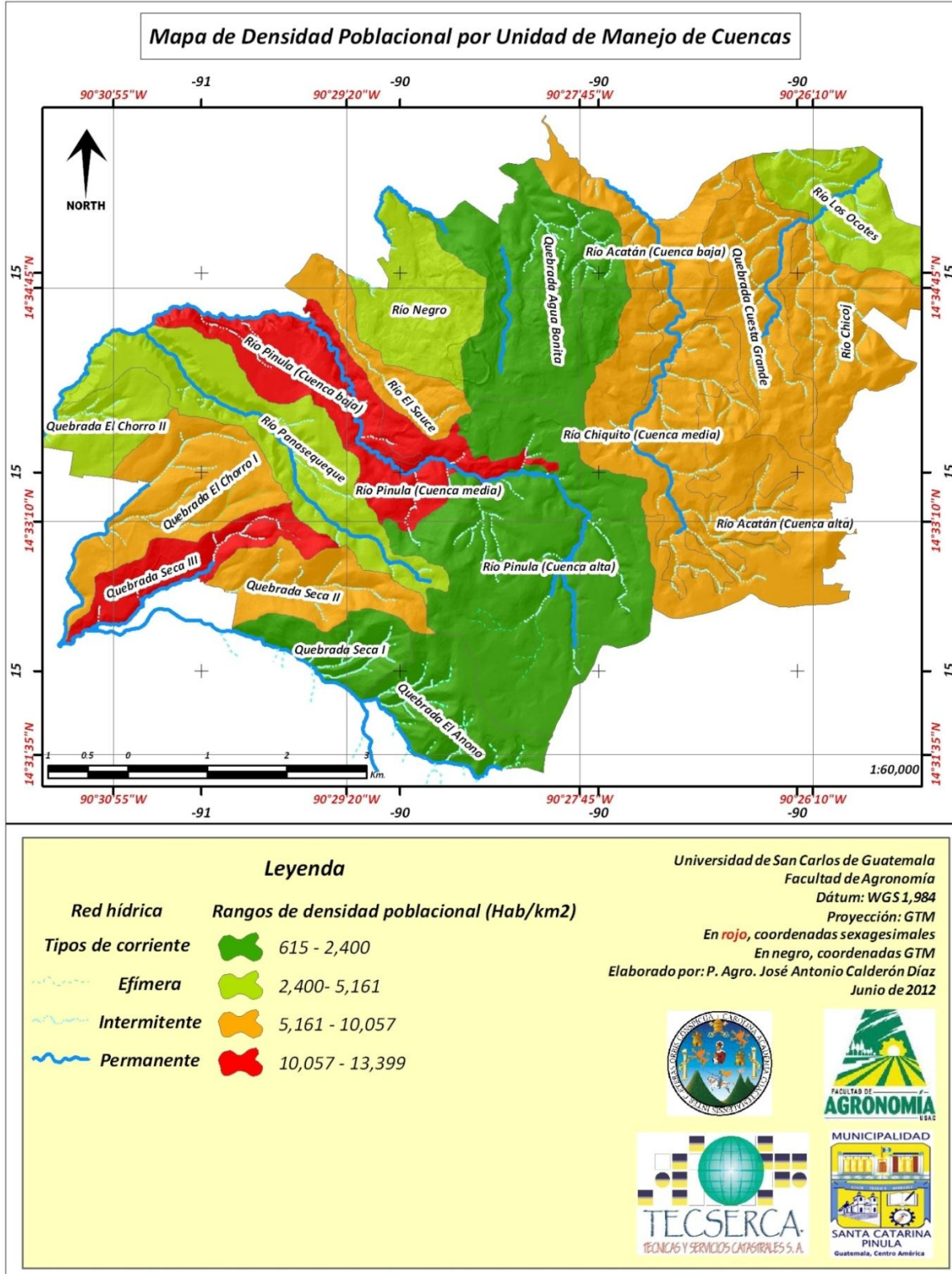


Figura 11. Mapa de densidad poblacional por unidad de manejo de cuenca de Santa Catarina Pinula

Comparando los mapas de ubicación de pozos y densidad poblacional, se observa que en las unidades de manejo en donde existe mayor densidad poblacional, los pozos han cesado operación debido al descenso en el nivel del agua subterránea. De la misma forma, en toda la cuenca del Río Monjitas, conformado por las unidades Río Chiquito y Río Acatán (Cuenca media y baja) es en donde se presenta mayor cantidad de problemas con el servicio municipal de distribución de agua potable y contaminación por aguas residuales.

No se cuenta con información referente a los servicios privados, pero se puede inferir la misma problemática. Es necesario denotar que es en esta cuenca en donde se encuentra el área con mayor desarrollo urbanístico y en donde se concentran las actividades económicas de mayor impacto como centros comerciales, fábricas de textiles, rastros, gasolineras, restaurantes, y complejos habitacionales.

Existen fuertes demandas por parte de la población para la solución de este tipo de problemáticas principalmente en la unidad de manejo Río El Suce y Río Negro debido a que la población se encuentra organizada y han actuado a través de mecanismos legales para llamar la atención de la administración municipal.

En la unidad Quebrada Seca III a pesar de ser una zona con alta densidad poblacional, no se han recibido llamados de atención de la población a pesar de las fuertes actividades de coordinación con alcaldes auxiliares; En dicha unidad los problemas se deben a inundaciones en la época lluviosa. Existe una fuerte presión por el uso de la tierra con fines urbanísticos debido al bajo valor de la tierra ya que es considerada una zona roja dentro del municipio. Las aldeas que históricamente conforman la unidad son: Cuchilla del Carmen y El Carmen.

En la unidad de manejo del Río Pasaneque y Quebrada el Chorro II, la baja presión se debe a que las condiciones topográficas limitan la construcción de viviendas. En la unidad Quebrada Agua Bonita, la baja densidad se debe a que han prevalecido los propietarios originales de las tierras, por lo que prevalecen los latifundios y es ahí en donde se ubican las áreas de mayor plusvalía en el municipio.

En la unidad Río Pinula (Cuenca Alta) no se ha visto afectada por el mismo fenómeno de la parte media y baja de esa misma cuenca debido al carácter de tenencia de la tierra de dicha unidad. Se contabilizan pocas urbanizaciones y los pocos propietarios han resistido a la venta de los inmuebles debido al poder adquisitivo de los mismos, incluso las calles y carreteras que atraviesan dicha unidad son de carácter privado.

El fenómeno de baja densidad observado en las unidades Quebrada el Anono y Quebrada Seca I, se debe a que forman parte de la cuenca del Río Las Minas. Históricamente la población asentada en el casco urbano se ha abastecido del agua producto de la captación y conducción que se da en dicha cuenca; se han establecido convenios entre la municipalidad y el propietario de dichas tierras para evitar la venta de las mismas para prevenir la contaminación de dicha fuente de agua; sin embargo en la actualidad no existe ningún plan de manejo estratégico para la conservación del recurso en dicha cuenca.

1.6.4 Recurso bosque

1.6.4.1 Dinámica de cobertura

Según el MAGA. 1999, para el año 1,999 la cobertura boscosa considerada para el municipio ascendía a 3,116.44 hectáreas y los centros poblados 2,086.62 hectáreas; con base en las ortofotos del año 2006 e imágenes satelitales del año 2011 obtenidas en Google Earth®, la cobertura boscosa es de 2,193.08 hectáreas, los centros poblados 2,937.05 y se adhiere una nueva categoría de uso, tierras de cultivo con 61.48 hectáreas.

Debido a la escala de la realización del estudio del año 1999 posiblemente no se contabilizó dicha categoría. Dentro de la escala de publicación definida para el mapa (1:60,000) se excluyen éstas áreas por ser inferiores al área mínima de mapeo (9 hectáreas); se obtiene como resultado una ganancia de 435.45 hectáreas y una pérdida de bosque de 1,322.54 hectáreas, lo que equivale a una pérdida anual de 110.21 hectáreas de bosque, fijando la tasa anual de deforestación para el municipio en un 2.11%.

Dicho análisis puede verse la Figura 12.

1.6.4.2 Calidad de los bosques

En cuanto a calidad se puede referir que en su totalidad los bosques del municipio pertenecen al estado de desarrollo conocido como C4 que indica bosques maduros de baja productividad, con diámetros a la altura del pecho entre 30 y 60 centímetros. Algunos otros dentro del estado C6 con árboles sobremaduros de entre 1 y 2 metros de diámetro a la altura del pecho que en su mayoría cumplen una función ornamental, sobre todo en viviendas de alta plusvalía.

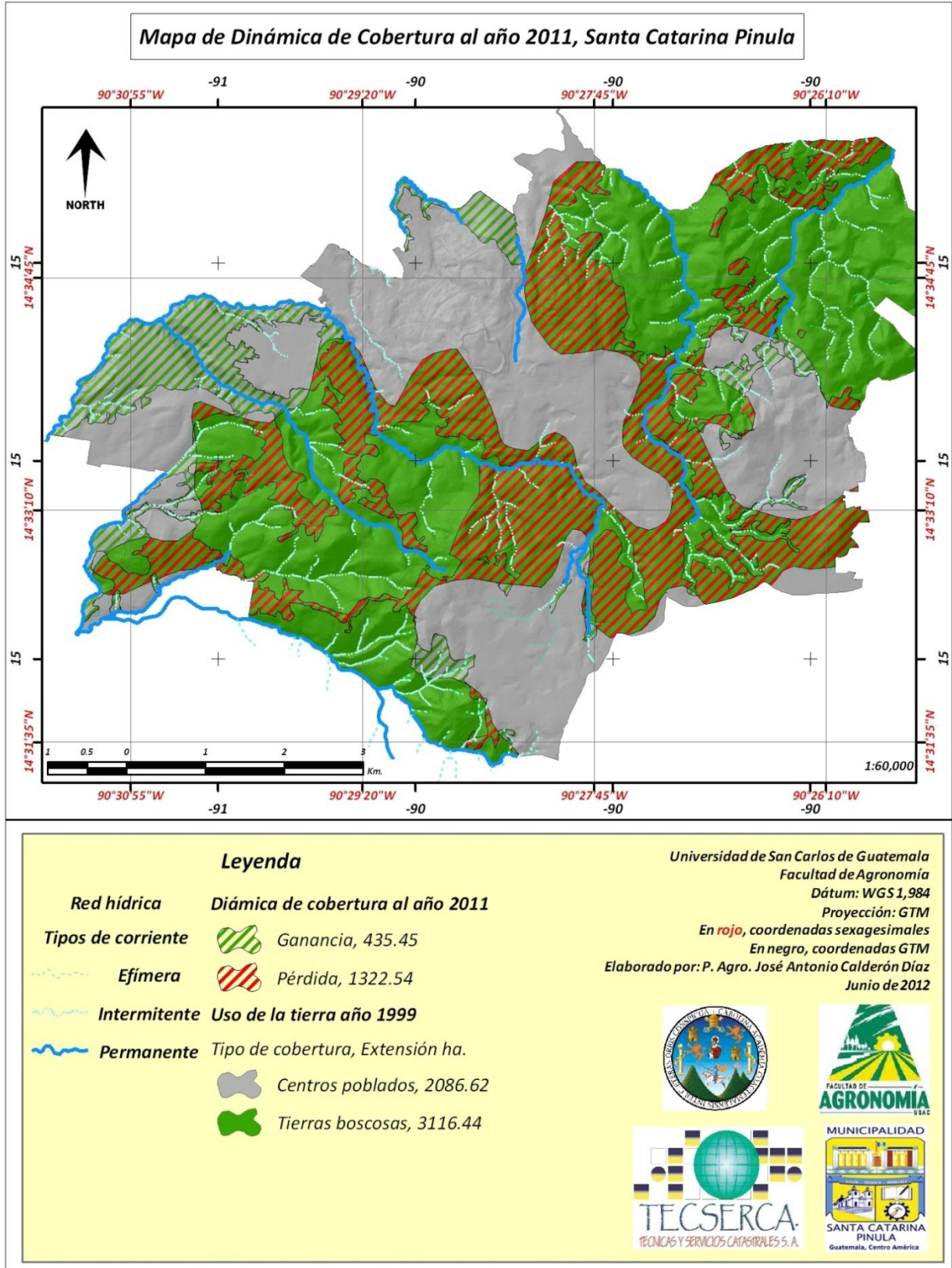


Figura 12. Mapa de dinámica de la cobertura de bosque año 1999 a 2011 en Santa Catarina Pinula

1.7 Resultados

1.7.1 Identificación de la problemática

1.7.1.1 Árbol de causa efecto

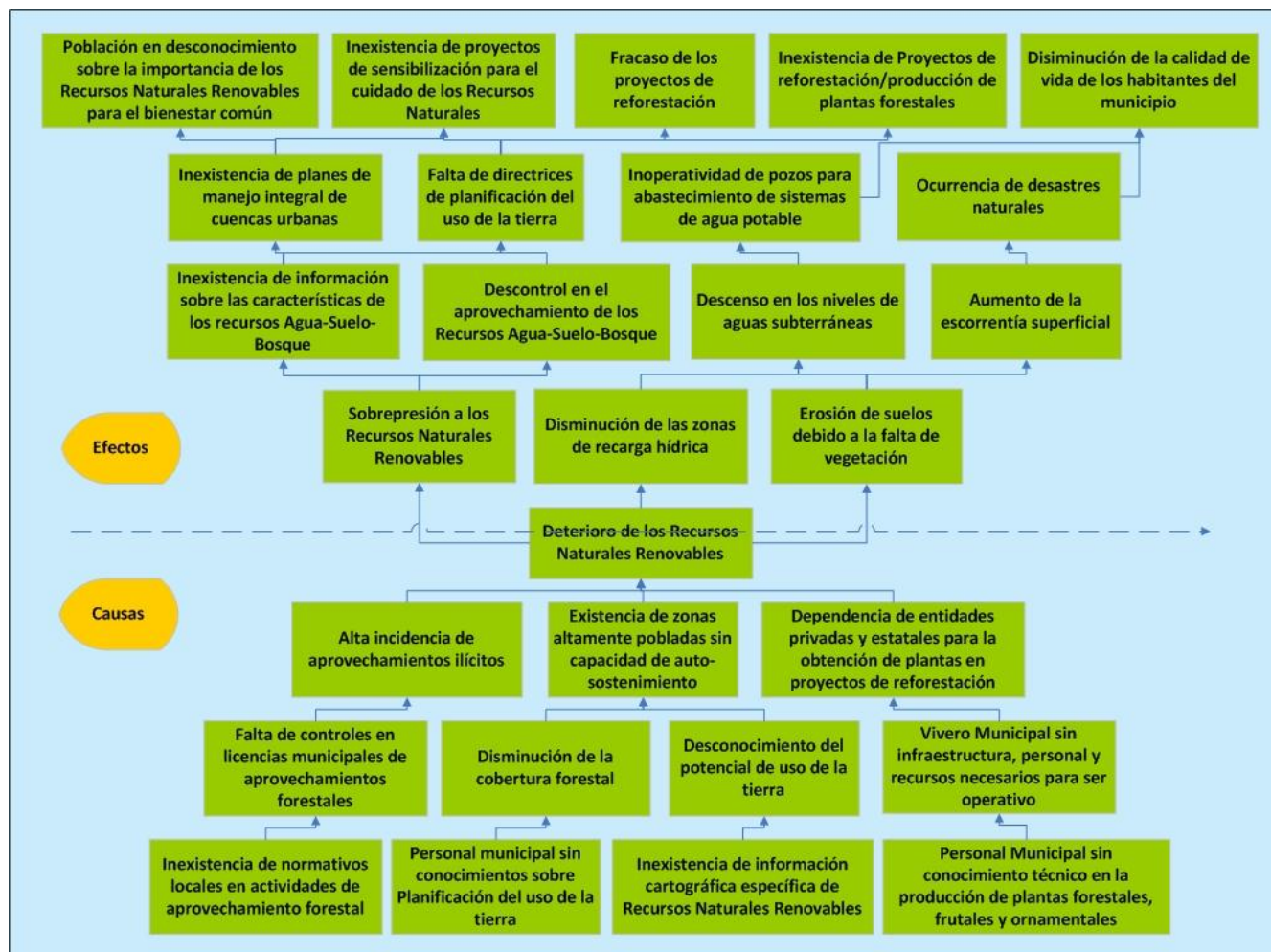


Figura 13. Árbol de causa-efecto de la problemática identificada

1.7.2 Descripción de las causas

Se ha identificado el problema central como “Deterioro de los Recursos Naturales” las cuatro principales causas son:

1. **La inexistencia de normativos locales en actividades de aprovechamiento forestal:** aun existiendo un reglamento de la construcción privada, éste no abarca el

tema de la conservación del recurso bosque para la preservación del ecosistema remanente; dicha problemática, genera que no existan controles en la emisión de licencias municipales de tala de árboles.

Al no existir un reglamento específico, tienden a ocurrir dualidades y confusiones en la autorización de talas en la cadena de la administración de la corporación municipal. Dicho aspecto ha sido apreciado por la población, por lo que la confusión es aprovechada por personas inescrupulosas para realizar aprovechamientos ilegales y ante el cuestionamiento de posesión de la licencia de otros pobladores sobre la respectiva licencia se excusan diciendo poseerla sin mostrar ningún tipo de documento; lo anterior contribuye al deterioro del recurso bosque.

2. **No existe personal municipal con conocimientos en materia de planificación de uso de la tierra:** la administración municipal se encuentra dividida en una serie de direcciones que se encargan de diversas tareas. La rectora de estas es la Dirección Municipal de Planificación, (DMP) sus funciones se encuentran detalladas en el Código Municipal, Reglamento de Organización Municipal y Manual de Normas y Procedimientos; sin embargo existen vacíos en dichas normativas.

Actualmente la DMP no cuenta con personal con dichos conocimientos para lograr involucrar aspectos de gestión de riesgo, conservación de recursos naturales (agua, suelo y bosque principalmente) lo que ha ocasionado en gran parte la deforestación del municipio a costas del desarrollo urbano del mismo. Dicha deforestación ha causado que existan zonas densamente pobladas y que la misma población perciba al recurso suelo-bosque como un obstáculo para el desarrollo local, al recurso agua como afluentes de los desechos domiciliarios (en el caso de los ríos) y fuente de abastecimiento inagotable de agua para consumo humano (pozos).

En su conjunto, dichas apreciaciones con tribuyen al deterioro de los recursos en su conjunto, lo que propicia otras problemáticas como la invasión de la propiedad privada

y municipal, aparecimiento de basureros clandestinos; en general dicha causa, contribuye al deterioro de los recursos naturales.

3. Inexistencia de información cartográfica específica en materia de recursos

naturales renovables: existe información básica como los estudios de capacidad de uso de la tierra, fisiografía, fallamientos, geología, zonas de recarga hídrica, cuencas y su relación con la densidad poblacional, uso y cobertura de suelo y su relación con la dinámica de cobertura. El no considerar dichos elementos no permite realizar un análisis integral en el proceso de planificación que actualmente es inexistente ya que no se cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial Municipal, (POT). Lo anterior en interacción con lo descrito en el numeral anterior contribuye al deterioro de los recursos naturales.

4. Personal municipal sin conocimientos técnicos en la producción de plantas

forestales, frutales y ornamentales: actualmente la municipalidad cuenta con un vivero con fines mixtos que ha centrado su actividad en la acumulación y mantenimiento de plantas forestales, frutales y ornamentales producto de la compra y donación de entidades como INAB, Fundación Castillo Córdoba y viveros comerciales respectivamente. El mantenimiento se limita al riego y eventuales fertilizaciones cuando existe el recurso. Dicho vivero no posee ningún tipo de infraestructura especializada para la propagación de plantas de ningún tipo.

Al no existir personal con conocimientos en la producción de plantas, no permite que pueda darse la coordinación y capacitación al personal de campo para dichas tareas. Lo que hace que se tenga que depender de otras entidades estatales para obtener plantas para proyectos de reforestación que no han sido planificados adecuadamente. La existencia de un vivero tecnificado abriría la posibilidad de incluir a cierta parte de la población en actividades de voluntariado, al no existir contribuye al deterioro de los recursos naturales del municipio.

1.7.3 Descripción de los efectos

El análisis de la problemática derivó en tres efectos que derivan en otros que a continuación se describen:

1. **Sobrepresión a los recursos naturales renovables:** la sobrepresión ha causado que no exista un control o regulación adecuada en el aprovechamiento de este tipo de recursos; el reglamento de construcción indica que los pozos mecánicos deberán estar separados 50 metros entre sí, pero no se ha tomado en cuenta la información hidrogeológica del lugar y radios de abatimiento de pozos y niveles freáticos que indiquen la disponibilidad de agua subterránea; el mismo reglamento no limita la construcción en áreas claves para recarga hídrica y en materia de bosques no existe ningún tipo de regulación.

Derivado de la sobrepresión de los recursos, no existen mecanismos que deleguen explícitamente funciones en la administración municipal, tendientes a la caracterización de los recursos naturales. La falta de información y aprovechamiento desmedido causa que no existan planes de manejo integrado de cuencas urbanas y/o planes de ordenamiento territorial.

2. **La disminución de las zonas de recarga hídrica:** esto ha ocasionado que muchos de los pozos construidos por la municipalidad hayan dejado de ser operativos debido a que el nivel freático descendió y no permite operar las bombas para aportar agua a los sistemas de potabilización y distribución de agua lo que representa una disminución de calidad de vida al no tener acceso a los servicios básicos o bien un servicio básico de mala calidad.
3. **Erosión de suelos debido a la falta de vegetación:** la erosión de suelos aunado a la disminución de zonas de recarga ha ocasionado un aumento en el agua de escorrentía superficial, en la época lluviosa es común la ocurrencia de deslizamientos de tierra en el municipio ya que a pesar de la accidentada topografía, no se realizan o no se contemplan prácticas de conservación de suelos en los proyectos de infraestructura, lo que también representa una disminución de la calidad de vida de la población al residir en una zona de alto riesgo a desastres naturales

La ocurrencia de desastres, inoperatividad de pozos de abastecimiento de agua para sistemas distribución de agua potable, falta de directrices de planificación territorial y manejo integral de cuencas urbanas ocasiona que la población desconozca la importancia de los recursos naturales para el bienestar común, falta de sensibilidad para el cuidado de los recursos naturales, el fracaso de los proyectos de reforestación, conservación de suelos y producción de plantas forestales.

1.7.4 Árbol de medios y fines

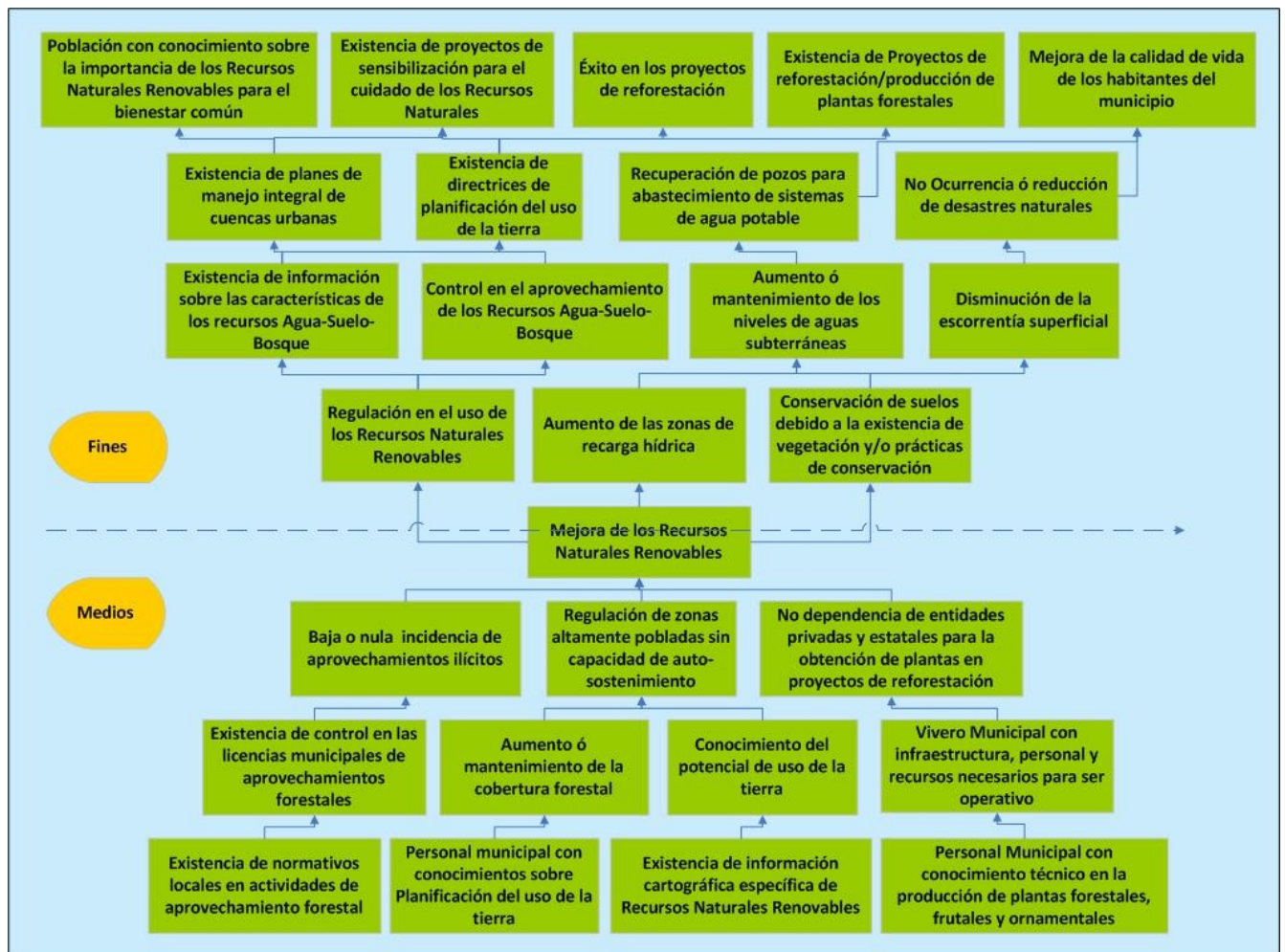


Figura 14. Árbol de medios y fines para la problemática identificada

1.7.5 Descripción de los medios

- Existencia de normativos locales de aprovechamiento:** es necesario generar reglamentos locales como medida de control local para la autorización de licencias municipales de tala de árboles y que sean otorgadas únicamente por el/la técnico forestal a cargo. Esto permitirá no solo regularizar los aprovechamientos, sino crear mecanismos de acción ante la ocurrencia de talas ilícitas, atención a la comunidad para la realización de proyectos de reforestación para la selección de especies, métodos de siembra, mantenimiento, gestión de recursos y sanciones, lo que contribuirá a la mejora del recurso bosque.

- 2. Personal municipal con conocimientos sobre planificación del uso de la tierra:** posicionar recurso humano con los adecuados conocimientos en la planificación del uso del territorio permitirá mantener ó aumentar la cobertura forestal ya que la planificación del uso de la tierra toma en cuenta factores biofísicos, sociales y económico-productivos. Esto permitirá evitar la concentración de poblaciones sin acceso a servicios básicos como agua potable, ya que en la actualidad existen zonas del municipio que poseen instalado el servicio de agua potable, pero el mismo es deficiente; la reserva de espacios para la siembra de árboles y conservación de suelos debido a que la erosión es una problemática seria en el municipio, sobre todo en la época lluviosa.

- 3. Información cartográfica específica en recursos naturales renovables:** el análisis de la información en materia de recursos naturales (agua, suelo y bosque), permitirá realizar una adecuada planificación del uso de la tierra tomando en cuenta aspectos de vulnerabilidad como deslizamientos de tierra, fallas geológicas, uso y capacidad de uso para lograr un adecuado balance con otras como ingeniería vial y urbanística para regular la cantidad de complejos habitacionales y por ende, reducir la presión sobre los recursos en las cuencas urbanas.

- 4. Personal municipal con conocimientos técnicos en la producción de plantas:** esto permitirá desarrollar una producción diversificada, bajo estándares de calidad, reduciendo los costos de adquisición de plantas y pudiendo abastecer a un mercado insatisfecho ya que en el área no existen viveros productores de plantas forestales, ornamentales y frutales a bajo costo. Teniendo la infraestructura y personal capacitado, es posible desarrollar proyectos de voluntariado con estudiantes en la etapa final de carreras a nivel medio, además de no depender de la gestión con otras instituciones estatales u ONG's para la consecución de plantas para proyectos de reforestación y en caso de establecer plantaciones en áreas municipales, tener la posibilidad de optar a incentivos forestales.

1.7.6 Descripción de los fines

1. **Regulación en el uso y aprovechamiento de los recursos naturales:** esto permitirá generar información como la caracterización de cuencas urbanas a nivel de detalle y obtener datos reales sobre las redes de distribución de agua potable (público y privado), drenaje de aguas pluviales, negras, drenaje artificial, pozos, plantas de tratamiento de aguas negras; esto conllevará a la formulación de planes de manejo integrado de cuencas y planificación del uso de la tierra, cambiando el sistema político administrativo municipal por uno de enfoque integral de cuenca que permita desarrollar proyectos de sensibilización sobre la importancia de los recursos naturales para el bienestar común.
2. **Aumento de las zonas de recarga hídrica:** si bien no es posible eliminar los asentamientos urbanos, es posible mejorar la recarga hídrica en zonas que poseen potencial, pero que serán urbanizadas a través de modificaciones al reglamento de la construcción privada. Esto permitirá mantener y en el largo plazo recuperar las napas freáticas claves para el abastecimiento de los sistemas de potabilización y distribución de agua municipal, abriendo la posibilidad de ampliar y mejorar el servicio, lo que deriva en una mejora de la calidad de vida de los habitantes.
3. **Realización de prácticas de conservación de suelos:** la realización de prácticas de conservación de suelos permitirá la reducción de la escorrentía superficial, propiciando la infiltración del agua de lluvia, previniendo los deslizamientos de tierra, disminuyendo la vulnerabilidad a desastres de este tipo, lo que conlleva a mejorar la calidad de vida de la población.

Los fines anteriores permitirán en el largo plazo la sensibilización de la población para el cuidado y mejora de los recursos naturales, propiciar el éxito de los proyectos de reforestación en el tiempo y la existencia de plantas para dichos fines.

1.7.7 Medios – posibles acciones/servicios profesionales

Luego de un análisis de la situación con la coordinadora de la unidad de gestión ambiental, se elaboró el siguiente recuadro de acciones para cada medio

Cuadro 7. Medios y posibles acciones/servicios profesionales para palear la problemática central

No.	Medios	Posibles acciones
1	Existencia de normativos locales en actividades de aprovechamiento forestal	Creación del Reglamento Forestal Municipal
		Modificación del formato de Licencia Municipal de Tala de árboles
		Apoyo al Juzgado de Asuntos Municipales en casos de talas ilícitas
		Regulación en la emisión de licencias municipales de tala de árboles
2	Personal municipal con conocimientos sobre planificación del uso de la tierra	Generación de un plan de ordenamiento territorial
		Generación de un estudio de delimitación de zonas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes
		Delimitación y caracterización de cuencas urbanas a nivel de detalle
		Priorizar cuencas para el desarrollo de planes de manejo
3	Existencia de información cartográfica específica de recursos naturales renovables	Generación de información cartográfica específica en el tema de recursos naturales para el municipio
		Mapeo y actualización de capas de uso y cobertura de suelo
		Generación de un estudio de capacidad de uso de la tierra a nivel municipio
		Mapeo y actualización de la red hídrica del municipio
		Mapeo de la red de pozos municipales y privados en el municipio
		Mapeo de la red de drenajes municipales y privados
4	Personal municipal con conocimiento técnico en la producción de plantas forestales, frutales y ornamentales	Reinstalación del vivero municipal "El Huisital"
		Capacitación a personal de campo en técnicas de propagación de plantas y bioseguridad
		Producción de plantas forestales, frutales y ornamentales
		Creación de proyectos de voluntariado para la producción de plantas forestales, frutales y ornamentales; mantenimiento del vivero y conservación de suelos.

1.8 Priorización institucional de los medios

Debido a la existencia de un plan operativo en ejecución (año 2011) existen ciertas actividades que deben realizarse de acuerdo al requerimiento de la coordinadora de la UGAM y según las líneas de acción que interesan a la corporación municipal. La más importante, por el carácter y antecedentes de la situación decidió trabajarse como proyecto de investigación y el resto como servicios profesionales. La priorización se desarrolló de la siguiente manera:

Cuadro 8. Priorización institucional de los medios a desarrollar como servicios profesionales

Actividad	No.	Nombre de la actividad
Proyecto de investigación	1	Generación de un estudio de delimitación de zonas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes
Servicios profesionales	1	Delimitación y caracterización de cuencas urbanas a nivel de detalle
	2	Priorizar cuencas para la realización de caracterización a nivel de detalle
	4	Modificación al formato de Licencia Municipal de Tala de árboles
	5	Regulación en la emisión de licencias municipales de tala de árboles
	6	Apoyo al Juzgado de Asuntos Municipales en casos de talas ilícitas
	7	Reinstalación del vivero municipal "El Huisital"
	8	Capacitación a personal de campo en técnicas de propagación de plantas y bioseguridad
	9	Producción de plantas forestales, frutales y ornamentales
	10	Creación de proyectos de voluntariado para la producción de plantas forestales, frutales y ornamentales; mantenimiento del vivero y conservación de suelos.
	11	Elaboración del Plan Operativo Anual del año 2012 con enfoque de cuencas

Existen servicios que han sido omitidos o eliminados, pero que serán cubiertos dentro del proyecto de investigación como lo es la generación de información cartográfica en recursos naturales renovables.

1.9 Conclusiones

- El municipio de Santa Catarina Pinula cuenta con una superficie de 5,200 hectáreas, de las cuales el 42 corresponde a tierras boscosas, la tasa de deforestación anual se sitúa en 2.11% el doble de lo que se estimaba para el país entre los años 2006 y 20001 (1.16% respectivamente). Posee cinco cuencas que abastecen a 29 pozos municipales, 6 de los cuales se encuentran inactivos debido al descenso en el nivel del agua subterránea; el 40% del municipio corresponde a zonas urbanas, el 83% posee vocación forestal y el 5.17% del mismo se encuentra sobreutilizado.
- Los suelos de Santa Catarina Pinula se encuentran divididos en tres series según la clasificación de Simmons, C. et al 1959; el 56% del territorio corresponde a centros poblados. Se encuentra dividido por una falla geológica que diferencia dos materiales que difieren en cuanto a edad de formación (período terciario y cuaternario) que pertenecen a materiales volcánicos; existen tres grandes paisajes divididos en 41 paisajes dominados por laderas y valles interfluviales.
- El municipio posee cinco cuencas divididas en 18 unidades de manejo principalmente como cuenca alta, media y baja; las cuencas del los ríos Pinula y Las Minas son las más importantes debido a que abastecen de agua a parte del municipio de Guatemala y Santa Catarina Pinula. Las cuencas más susceptibles a la presión sobre el recurso son Las Minas, (Unidad Quebrada Seca III); Pinula (Unidad Cuenca media y baja); Contreras (Unidad El Sauce) y las tres unidades del río Acatán debido a la alta densidad poblacional.
- La principal problemática del municipio desde el punto de vista de la administración municipal en el cuidado de los recursos naturales renovables, es el fracaso de los proyectos de reforestación; en segundo lugar el descenso en el nivel de la napa freática para abastecer pozos de los sistemas de distribución de agua potable; falta de información cartográfica en materia de recursos naturales renovables y caracterización de cuencas urbanas.

1.10 Recomendaciones

- Debido a los indicadores como la densidad poblacional referido en habitantes/Km² en las unidades de manejo de cuenca, es necesario establecer una priorización de cuencas que permita realizar caracterizaciones a nivel de detalle para desarrollar planes de manejo integrado de cuencas urbanas a fin de disminuir los problemas de contaminación que ya se registran y demandan los habitantes.
- Ante el fracaso de los anteriores proyectos de reforestación debido al rechazo por parte de la población y que existe fuerte presión para la deforestación por parte de los proyectos inmobiliarios, es necesario establecer directrices que permitan la selección de áreas para tales fines tomando en cuenta factores biofísicos, socioeconómicos y económico-productivos para delimitar zonas con potencial de reforestación.

1.11 Bibliografía

1. Alvarado Cabrera, GD. 2008. Adecuación del uso de la tierra al medio guatemalteco. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía / Unión Geográfica Internacional. 2 p.
2. Calderón D, JA; Grajeda D, MA; Ibáñez H, EO; Valdez P, JC; Quex M, HE; Zepeda M, JA. 2010. Plan de manejo de la microcuenca del río Los Chocoyos, Tecpán-Patzún, Chimaltenango. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Módulo de Manejo de Cuencas. 85 p.
3. Concejo Municipal, Municipalidad de Santa Catarina Pinula, GT. 2000a. Manual de normas y procedimientos. Santa Catarina Pinula, Guatemala, Municipalidad de Santa Catarina Pinula. 544 p.
4. _____. 2000b. Manual de organización municipal. Santa Catarina Pinula, Guatemala, Municipalidad de Santa Catarina Pinula. 318 p.
5. Congreso de la República de Guatemala, GT. 1989. Ley de áreas protegidas, decreto 4-89. Guatemala. 16 p.
6. _____. 1993. Constitución política de la república de Guatemala. Guatemala. 76 p.
7. _____. 1996. Ley forestal, decreto 4-83. Guatemala. 36 p.
8. _____. 2002. Código municipal, decreto 12-2002. Guatemala. 46 p.
9. Duque-Escobar, G. 2000. Manual de geología para ingenieros. Manizales, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 479 p.
10. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2005. Clasificación de tierra por capacidad de uso: aplicación de una metodología para tierras de la república de Guatemala. Guatemala. 96 p.
11. _____. 2012. Curso de elaboración de estudios de capacidad de uso de la tierra. Guatemala. 15 p.
12. Jaubert V, MA. 1998. El manejo integrado de cuencas. Costa Rica, Costarricense de Electricidad, Unidad de Manejo de Cuencas, Instituto. 6 p.
13. López Bautista, EA. 2009. Notas de estadística general. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 242 p.
14. Orozco, E. 2013. Notas del curso de hidrología estocástica. Guatemala, USAC, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos / USAC, Facultad de Ingeniería. 20 p.

15. Sandoval, JJ. 2013. Notas del curso de potamología. Guatemala, USAC, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos / USAC, Facultad de Ingeniería. 20 p.
16. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p.
17. USDA, US. 2007. Technical guide to managing ground water resources. US, United States Forest Service / United States Geological Service. 295 p.

2 Capítulo II

Delimitación de zonas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes en el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala, Guatemala, C.A.

2.1 Introducción

Existen diversas causas asociadas a la pérdida de la cobertura vegetal, dentro de ellas se puede mencionar la falta de acceso al medio de producción fundamental (la tierra), altos niveles de pobreza, dificultad de acceso a tecnologías que permitan el uso sostenible de los recursos, renuencia a cambios, animadversión a distintos cultivos o usos de la tierra debido a que las actividades actuales les representan a los usuarios una mayor rentabilidad sin tomar en cuenta el costo ambiental de la degradación.

Guatemala es un país multicultural en donde existen contrastes bastante marcados entre las clases sociales. Las clases sociales determinadas a nivel general como alta, media y baja, en la realidad nacional tienden a marcarse más hasta llegar a existir solo la clase alta y la baja. Las clases sociales se encuentran asociadas a los niveles de pobreza. El medio de producción más importante, la tierra, es un factor limitante para el desarrollo, ya que cada día existen más personas demandando la misma como medio de subsistencia y vivienda.

El cuidado y administración de los recursos naturales de Guatemala, debe de tomar en cuenta las siguientes premisas: primero, la causa-efecto de la mala utilización de los recursos naturales; y la segunda: no es posible implementar el desarrollo de un cultivo en particular o bien una actividad económica, si ésta interfiere con el derecho consuetudinario prevaleciente. Con la finalidad de lograr un uso sostenible de recursos naturales, es necesario desarrollar procedimientos que garanticen la cobertura del suelo tomando en cuenta a la sociedad, es decir, considerando si es viable o no el desarrollo de proyectos que pretendan incrementar la cobertura del suelo de acuerdo a variables biofísicas, socioeconómicas y sociales.

Derivado de lo anterior, se desarrolla el proyecto de investigación que tiene como fin identificar áreas geográficas que en función de las características biofísicas, socioeconómicas y productivas permitan establecer una ponderación denominada "Potencial de Reforestación" y que la misma sirva como indicador para la gestión de, proyectos para el establecimiento de plantaciones forestales, frutales y áreas en donde no sea factible alguna

de las anteriores, gestionar el desarrollo de proyectos de sensibilización que permitan en el mediano plazo establecer las plantaciones.

Es sabido que áreas con ponderaciones desfavorables de factores socioeconómicos como pobreza, nivel de educación y densidad de población, se correlacionan con bajos potenciales de reforestación. (Castellanos *Et al*, 2003)

2.2 Definición del Problema

El municipio de Santa Catarina Pinula, posee una superficie de 52 kilómetros cuadrados, según el Mapa de Uso de la Tierra del año 1999, la persistencia de bosque en más de alguna forma era de 3,116.44 hectáreas lo que representaba el 59.89% de la superficie total del municipio; desde el año 2000, se han hecho esfuerzos por aumentar esa cobertura forestal realizando reforestaciones con el apoyo de distintos entes como Fundación Castillo Córdoba, Movimiento Aj Tzuk, ex Patrulleros de Autodefensa Civil, campañas de reforestación con distintos centros educativos en coordinación con la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

Según el mapa de Uso de la Tierra para el año 2011, la persistencia de bosque en más de alguna forma es de 2,193.81 hectáreas, lo que representa el 42.22% de las 5,195.65 hectáreas que posee el municipio de Santa Catarina Pinula. Las reforestaciones hechas a lo largo del tiempo han fracasado debido a que en el proceso de selección de áreas para reforestación, no se han tomado en cuenta factores biofísicos de importantes, así como factores socioeconómicos y productivos que afectan de manera directa o indirecta a dichas áreas (unidades de manejo).

Según Merino, L. (2005) citada por Helfrich, S. (2008), “existen diversos elementos sociales que pueden explicar la causa del éxito o fracaso en la gestión de recursos forestales, es más bien un complejo conjunto de factores que unidos afectan los incentivos y la conducta de los ciudadanos-usuarios que conducen hacia un bosque de mejor calidad”. Por ejemplo, Merino, L. (2005) comprueba que la densidad poblacional no es una determinante clave que afecte a la degradación del recurso bosque.

La existencia de áreas desprovistas de cobertura ocasiona la erosión de los suelos del municipio y por tratarse de materiales volcánicos de reciente formación, la ocurrencia de deslizamientos de tierra en la época lluviosa es alta. Las áreas idóneas para el establecimiento de plantaciones forestales, serán aquellas en donde los factores socioeconómicos sean los más altos y con condiciones biofísicas que justifiquen su establecimiento.

Castellanos *Et al.* (2003), utilizaron mapas a escala 1:250,000 para mapear zonas con potencial de reforestación con base en los criterios biofísicos y económico productivos; posteriormente, dichas áreas fueron evaluadas y se obtuvo como resultado una relación de bajos potenciales de reforestación, con bajas ponderaciones en las variables que se consideraron como determinantes en los proyectos de reforestación las cuales son densidad de población, nivel de pobreza y nivel de educación.

Para el efecto, es necesario establecer criterios de valoración tanto biofísicos como socioeconómicos que permitan determinar el potencial para el establecimiento de plantaciones forestales y/o frutales que se ajusten de mejor manera a las condiciones del municipio de Santa Catarina Pinula.

2.3 Justificación

En el municipio de Santa Catarina Pinula, el aspecto de la participación comunitaria se encuentra desarrollado mediante la realización de las reuniones del Consejo Municipal de Desarrollo en el cual se plantean todas las problemáticas de todas las aldeas del municipio a través de los alcaldes auxiliares. Una de las problemáticas planteadas es la pérdida de la cobertura forestal de forma general en el municipio; otra es el fracaso de las plantaciones forestales en las zonas marginales del municipio.

En función de palear las problemáticas anteriores, el problema se define como la inadecuada selección de las áreas para el establecimiento de plantaciones forestales y/o cultivos frutales, es necesario plantear un estudio que permita la identificación de las mismas.

La adecuada selección de las especies permitirá en primera instancia que las plantaciones no sean rechazadas por la población a tal punto que les causen daño como la destrucción de plantas y los incendios provocados. En el mediano plazo, permitirá que la tasa de deforestación sea equiparada por la de reforestación y en el largo plazo aumentar la cobertura del suelo del municipio.

La inclusión de plantaciones frutales, permitirá reducir el rechazo a los proyectos de reforestación por parte de la población con bajos indicadores socioeconómicos, ya que en el mediano plazo pueden significar ingresos económicos debido a la venta de frutos y/o alimentos procesados. La guayaba, *Psidium guajava L.*, es una especie que se encuentra de forma natural en el municipio por lo que existe interés en el establecimiento de plantaciones con este cultivo para ayudar a la estabilidad de la seguridad alimentaria.

El desarrollo de la investigación permite la generación de información agronómica inexistente que puede emplearse como punto de partida para la elaboración de planes de ordenamiento territorial, (que se encuentran inmersos en los compromisos de gobierno) planificación del uso de la tierra, reforestación de microcuencas, vulnerabilidad y sensibilización de la población a la implementación de plantaciones forestales y frutales.

En el corto plazo, la investigación permite establecer el tamaño de proyecto de vivero para el establecimiento de las plantaciones forestales o cultivos permanentes que en el mediano y largo plazo, ayudará a la reducción de la erosión del suelo en las cuencas, aumento de los niveles de las capas freáticas que para el año 2002 abastecía a 63,000 personas en todo el municipio.

2.4 Marco Teórico

2.5 Marco Conceptual

2.5.1 La degradación de los suelos

Según el mapa publicado por la Asistencia Global para la degradación de los suelos inducida por el hombre del año 1991, sitúa a los países centroamericanos dentro de la categoría severa degradación de suelos, esto debido a las características físicas que predominan en la región. En su mayoría el continente centroamericano es de reciente formación, debido a la prevalencia de los materiales volcánicos de baja densidad que son altamente susceptibles a la erosión hídrica. (GLASOD, 1990)

2.5.2 Capacidad de uso forestal del suelo o aptitud preferentemente forestal del suelo

Guatemala, con una superficie territorial de 108,889 Km² tiene una significativa porción de su territorio con capacidad de uso forestal; entendiendo por Capacidad de Uso, la determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo. (INAB, 2005)

En ese sentido, basados en la metodología para la realización de estudio de capacidad de uso de la tierra, hecha por el Instituto Nacional de Bosques, INAB y publicada en el 2002, se ha hecho una separación entre la Capacidad de Uso Forestal o Aptitud Preferentemente Forestal para actividades de producción de bienes maderables y no maderables; y una más general que incluye la producción de bienes y servicios ambientales. (INAB, 2005)

2.5.3 Clasificación de tierras por capacidad de uso

El agrupamiento de interpretaciones que se hacen principalmente para fines agropecuarios y/o forestales y comienza por la distinción de las unidades de mapeo. Permite hacer generalizaciones con respecto a las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo. Se refiere solo a un nivel máximo de aplicación del recurso suelo, sin que este se deteriore, con una tasa más grande que la tasa de su formación. Para su

realización, es posible la utilización de los sistemas de información geográfica como herramienta facilitadora. (INAB, 2012)

2.5.4 Los sistemas de información geográfica (SIG)

Los SIG son herramientas para hacer mapas y llevar a cabo análisis espaciales. La gestión de los recursos forestales requiere la integración de gran número de datos referenciados en el espacio y en el tiempo. Para el manejo y análisis de toda esta información los SIG son en la actualidad una herramienta imprescindible en la toma de decisiones respecto al manejo de los recursos, siendo especialmente interesantes en la valoración de los recursos forestales (inventario, seguimiento y determinación de la idoneidad de localización) y en el manejo de los recursos (análisis, modelización, y predicciones para la toma de decisiones de gestión). (Sánchez *Et al*, 2008)

Se le llama SIG a la tecnología con la cual se puede almacenar, analizar y desplegar datos, ya sean estos espaciales o no espaciales. Al utilizarlo para el manejo de datos espaciales se representa la ubicación geográfica del objeto, sus características o atributos, y la relación de éstas con las otras características del mapa. (Sánchez *Et al*, 2008)

2.5.4.1 Unidad mínima cartografiable o área mínima de mapeo

A partir que un mapa puede ser observada su delineación con facilidad a una distancia de 30 cm., se estableció que el área mínima cartografiable puede ser de 0.25 cm². Esta medida puede ser de 0.50 x 0.50 cm y en el caso de dos linderos próximos, estos pueden estar a una distancia mínima de 2 milímetros. (Sánchez *Et al*, 2008)

2.5.4.2 Áreas reforestables

Con el fin de definir las potenciales zonas para desarrollar proyectos de forestación y reforestación en Guatemala, se definieron como áreas reforestables lo siguiente:

- Son las áreas sin con ningún tipo de cobertura forestal, eximiendo de éstas a las que ya se encontrasen ocupadas por infraestructura de algún tipo. (Castellanos *Et al*, 2003)

Por lo cual las áreas no reforestables, se definieron como lo siguiente:

- **Bosque:** coníferas (pinos), conífera abierto (bosque degradado), latifoliado (cualquiera que no sea pino o ciprés), latifoliado abierto (bosque degradado), manglar, mixto y mixto abierto. (Castellanos *Et al*, 2003)
- **No bosque:** humedales, lagunas y pantanos. (Castellanos *Et al*, 2003)

2.6 Antecedentes

2.6.1 Guatemala frente al cambio climático

El problema del cambio climático es uno de los más serios que le ha tocado enfrentar a la humanidad y que ella misma ha generado, poniendo en riesgo la vida entera del Planeta. Reducir la emisión de gases contaminantes que calientan la atmósfera y destruyen la capa de ozono, mediante tecnologías limpias y el retiro de muchos de estos gases del mercado, es una parte de la solución. La otra parte es absorber gran cantidad de esos gases a través de los bosques y plantaciones, cuyos árboles cumplen con la función de limpiar el aire que respiramos. (Castellanos *Et al*, 2008)

Los reductos de bosque tropical y las plantaciones forestales de Centroamérica son parte importante de esos “limpiadores” con que cuenta el mundo, pero además la región tiene un potencial de tierras en que se pueden plantar más árboles o regenerar los bosques de manera natural, aumentando su capacidad para mitigar gases de efecto invernadero. Estas son las llamadas “tierras Kyoto”, en donde los países pueden desarrollar proyectos de forestación y reforestación con apoyo del sistema de financiamiento generado por el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), creado por el Protocolo de Kyoto y la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMCC). (Castellanos *Et al*, 2008)

El MDL lo que permite es que las naciones desarrolladas, que generan los gases, paguen a los países en desarrollo por sus servicios de mitigación. Los fondos podrán negociarse mediante proyectos que pueden presentarse ante diversas “bolsas” o iniciativas que se están creando para financiar “proyectos MDL”. (Castellanos *Et al*, 2008)

2.6.2 El escenario del cambio climático

Los últimos eventos naturales extremos sucedidos en la región Centroamericana nos confirman que hay un evidente cambio climático, tal y como los científicos vienen pregonando desde hace varios años. Entre los efectos de estos cambios, se habla de un

aumento de la temperatura planetaria, propiciando el derretimiento del casco polar y por consiguiente un aumento del nivel de mar que afectará las tierras bajas e insulares.

También se prevé una mayor y menor precipitación, provocada por eventos extremos como huracanes en ciertas temporadas y sequías en otros períodos. Actualmente hay certeza sobre cuáles son las causas que están provocando este cambio climático: básicamente el uso intensivo de energía de origen fósil y la conversión de tierras de bosques a cultivos y otros usos. Los combustibles fósiles liberan gases, denominados de efecto invernadero, y entre ellos el más importante es el carbono, convertido por oxidación en dióxido de carbono. (Castellanos *Et al*, 2008)

A pesar de lo grave que puede ser esta situación, los acuerdos entre naciones para tomar medidas correctivas han sido lentos, más que todo porque significan cambios en los hábitos y necesidades de los países que inciden directamente en sus economías y patrones sociales. Entre los pocos compromisos, no es sino hasta en el año 2001 que se reafirma el acuerdo para poner en práctica el Protocolo de Kyoto, gestado desde 1997. En este acuerdo se reconocen prácticas para mitigar el cambio climático, y uno de los mecanismos se refiere al tema forestal y al cambio de uso de la tierra. Así, en el marco del Protocolo de Kyoto, es que se establece el MDL para países en desarrollo, previendo que éste entrara en vigencia en el 2003. (Castellanos *Et al*, 2008)

2.6.2.1 Las bases de Guatemala

Guatemala posee un amplio marco normativo para la protección del ambiente en lo referente al manejo del recurso forestal, caracterizado por una gran visión. Por ejemplo, la Ley Forestal reconoce que, mediante un manejo sostenido de los recursos forestales, pueden producirse bienes que coadyuven a la fijación de carbono. No obstante, aún queda mucho por hacer, como mejorar el marco de los incentivos forestales para hacer más equitativa su distribución. El tema de cambio climático tuvo gran aceptación en Guatemala. Prueba de ello es que la temática se incluyó en la política forestal, en la Estrategia y Plan de Acción de la Biodiversidad, en la Agenda Estratégica Nacional de Ambiente y Recursos Naturales 2002-2004 y en la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. (Castellanos *Et al*, 2008)

La particularidad de Guatemala, al poseer una población mayoritariamente indígena, es su deber de acordar consideraciones especiales sobre los temas vinculados con los derechos de los pueblos indígenas y la tenencia de la tierra. Existen una serie de instituciones como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el INAB, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y el Ministerio de Energía y Minas (MEM) que ya trabajan en el tema de bosques y cambio climático.

También hay avances en el cumplimiento de los compromisos asumidos internacionalmente, un ejemplo de ello lo constituye la publicación de la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. La intención de Guatemala es, tras evaluar su capacidad institucional y jurídica para ejecutar proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático, fortalecer los marcos jurídico-institucionales, adecuándolos a los requerimientos establecidos en las negociaciones de la CMCC, para permitirle participar en el MDL y aprovechar las oportunidades dentro del mecanismo financiero de la Convención. (Castellanos *Et al*, 2008)

2.6.3 El potencial de mitigación del sector forestal guatemalteco

Guatemala podría aportar 30 millones de toneladas de carbono a la mesa de negociaciones internacionales sobre cambio climático, generadas mediante proyectos enmarcados dentro del MDL, según se desprende del estudio realizado por el Proyecto de Bosques y Cambio Climático (PBCC) de CCAD y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, FAO. Dicho estudio se efectuó para calcular el potencial de mitigación del sector forestal de Guatemala ante el cambio climático (reducción y/o absorción de CO₂ atmosférico).

La investigación reveló que cerca de un 7% del territorio guatemalteco (unas 750 mil hectáreas) son aptas para desarrollar Proyectos MDL, luego de hacer los ajustes de cuál es la capacidad real del país, tomando en cuenta las limitantes biofísicas y socioeconómicas a nivel nacional. (Castellanos *Et al*, 2008)

Según el acuerdo de las Partes en Marrakech, los proyectos forestales que se pueden incluir dentro de los MDL son los proyectos de forestación y reforestación, así como programas de manejo de sistemas terrestres que aumenten el nivel de fijación de carbono en dichos

procedimientos. Los proyectos de reforestación y manejo serán limitados a aquellos terrenos que carezcan de bosque al 31 de diciembre de 1989 y que no hayan sido reforestados al año 2000 (“tierras Kyoto” para el MDL). Las actividades forestales admisibles serán aquellas que se hayan iniciado en el 2000 o después, y que finalicen antes del 31 de diciembre del 2012; por lo tanto, la presencia de carbono almacenado fuera de este período o almacenado en actividades no aceptadas dentro del MDL, se excluirá de la contabilidad del carbono negociable. (Castellanos *Et al*, 2008)

Para determinar el potencial general de Guatemala frente a este escenario internacional de negociaciones, el estudio realizado se centró en tres objetivos específicos:

- Establecer las áreas potenciales de fijación de carbono en las que se puedan desarrollar proyectos de mitigación según el MDL (actividades de forestación y reforestación) en la República de Guatemala, hasta el año 2012. (Castellanos *Et al*, 2008)
- Estimar el potencial de fijación de carbono mediante proyectos de MDL en las áreas mencionadas. (Castellanos *Et al*, 2008)
- Calcular la cantidad total estimada de carbono que podría ser negociada por Guatemala bajo los mecanismos MDL. (Castellanos *Et al*, 2008)

2.6.4 Metodología para identificar las áreas Kyoto de Guatemala

Con el fin de definir las potenciales zonas para desarrollar proyectos de forestación y reforestación en Guatemala, denominadas “Áreas Kyoto”, se utilizaron los siguientes mapas con información de cobertura forestal:

1. Mapa Preliminar de la Cubierta Forestal, escala 1:260,000, generado con imágenes LANDSAT TM de 1988, publicado en 1992 y digitalizado en 1998 por el Plan de Acción Forestal de Guatemala (PAFG). (Castellanos *Et al*, 2008)

2. Mapa de Uso de la Tierra, escala 1:260,000, generado con imágenes LANDSAT TM de 1999 y publicado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) bajo el Programa de Emergencia por Desastres Naturales, en el 2001. (Castellanos *Et al*, 2008)

3. Mapa de Capacidad de Uso del Suelo (elaborado con la metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, USDA), publicado por el MAGA bajo el Programa de Emergencia por Desastres Naturales, en el 2001. Estos mapas eran los únicos disponibles en Guatemala, referentes a cobertura forestal, cuando se elaboró este estudio. Además, eran los que más se adecuaban a las necesidades del proyecto. (Castellanos *Et al*, 2008)

2.6.4.1 Identificación de áreas sin cobertura forestal en 1990

El mapa de Cobertura Forestal de Guatemala de 1988, elaborado por el PAFG, se utilizó para la identificación de las áreas sin bosque debido a que no se contaba con un mapa de cobertura forestal del año 1990 en Guatemala. Este mapa se confeccionó por medio de la interpretación visual de imágenes LANDSAT TM. Las categorías de este mapa se clasificaron de nuevo, quedando de la siguiente forma:

- **Áreas reforestables:**

Otros (terrenos sin bosque) no determinado. La clase “no determinado” incluye regiones con cobertura de nube en la imagen satelital original. Por comparación con mapas de otros años se estimó que esta clase incluía en su mayoría territorio sin cobertura forestal. (Castellanos *Et al*, 2008)

- **Áreas no reforestables:**

Bosque: conífera, conífera abierto, latifoliado, latifoliado abierto, manglar, mixto y mixto abierto.

No bosque: humedal, laguna y pantano.

En la clasificación anterior, el término “reforestable” indica áreas sin cobertura boscosa donde, en teoría, podrían sembrarse árboles. Esta clasificación no toma en cuenta si el suelo es de vocación forestal o no lo es. Esa consideración fue incluida más adelante, al momento de determinar el potencial de reforestación del área. No se hizo ninguna corrección por área para ajustar el mapa de 1988 al 31 de diciembre de 1999 (fecha de inicio según el Protocolo de Kyoto). Las razones son varias. En primer lugar, no se pudieron obtener los datos de las fechas exactas de las imágenes satelitales que se usaron en el mapa de 1988. Tampoco se tienen valores de tasas de deforestación confiables para el país. (Castellanos *Et al*, 2008)

Una comparación sencilla entre los mapas de 1988 y 1999, arroja una tasa de deforestación neta de 1.25% anual. Esto significa que el total de Áreas Kyoto reportado por el mapa de 1988 debería aumentarse en un 2.5%. De igual forma, debería disminuirse el valor arrojado por el mapa de 1999, en 0.5% debido a la reforestación ocurrida de 1999 al presente. Al momento de calcular el carbono fijado por proyectos MDL, el error neto del 2% en las Áreas Kyoto disminuiría a 0.5%, ya que se estima que los proyectos MDL sólo ocurren en aproximadamente el 20% de las tierras disponibles. (Castellanos *Et al*, 2008)

En conclusión, el no corregir los mapas de cobertura forestal de 1988 y 1999 a los años requeridos por los acuerdos de Marrakech provoca un error de cálculo de 0.5% de la fijación de carbono estimado.

Esta imprecisión es insignificante si se le compara con las equivocaciones en los datos originales de cobertura, debido a que una interpretación visual de imágenes satelitales generará un margen de error de por lo menos 15% sobre el cálculo del área. Este yerro debe sumarse a los cometidos en las otras variables incluidas en el cálculo del carbono fijado. (Castellanos *Et al*, 2008)

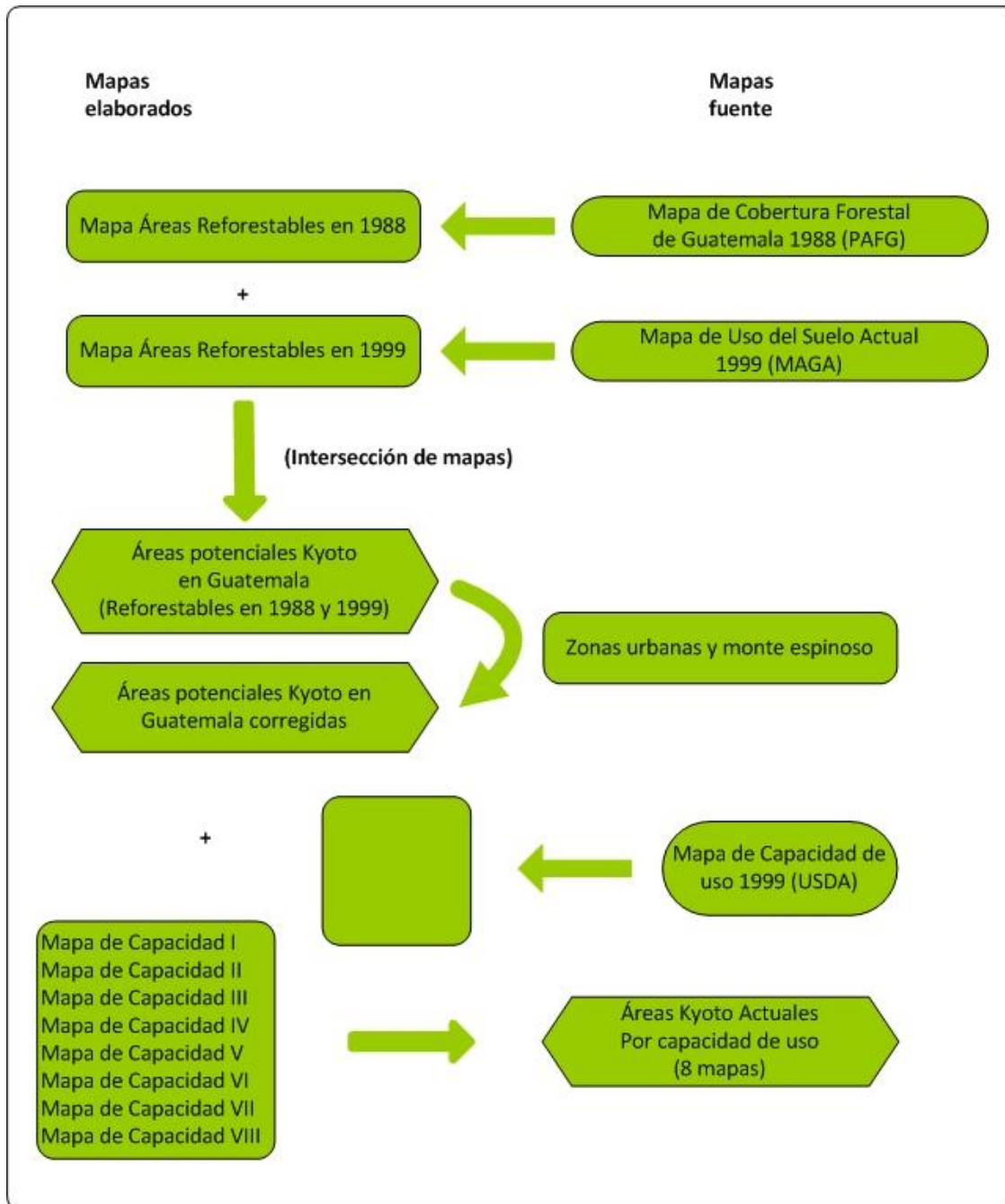


Figura 15. Ruta de mapas para identificar áreas Kyoto

2.6.4.2 Identificación del uso actual del suelo en las áreas Kyoto

El uso actual del suelo determina, en parte, el potencial de reforestación de las Áreas Kyoto. Por ejemplo, la posibilidad de implementar un proyecto de reforestación es diferente en un área de cafetales que en una zona de pastos ganaderos, ya que las consideraciones económicas de costo-beneficio son distintas. Por esta razón, los ocho mapas de Áreas Kyoto por capacidad de uso se traslaparon con el mapa de Uso del Suelo Actual de 1999 (MAGA), para poder establecer la capacidad presente del suelo en cada Área Kyoto. Nuevamente, se obtuvieron ocho mapas de Áreas Kyoto-Capacidad (I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII) y Uso Actual del Suelo. Para simplificar el proceso de análisis, los usos actuales del suelo fueron agrupados en cuatro categorías, dependiendo del potencial económico:

- Hortalizas, café y caña.
- Agricultura limpia anual (cultivos anuales) y otros cultivos.
- Pastos cultivados y naturales, charrales y matorrales.
- Tierras agrícolas en descanso o abandono.

La cuarta categoría de uso actual corresponde a tierras que están experimentando una regeneración natural, a pesar de que la vegetación se encuentra en un estado de sucesión temprana. En los mapas forestales utilizados, este tipo de vegetación joven no se clasificó como bosque, aunque, en principio, estas tierras se designaran como Áreas Kyoto en el presente estudio. Un análisis detallado de la situación y del ciclo de uso determinó que la regeneración natural las podría descalificar como tierras Kyoto, por ser consideradas con cobertura forestal. Por otra parte, cualquier regeneración en estas áreas ocurriría sin intervención antropogénica, lo que también las descalificaría como tierras Kyoto. Por estas razones, se descartó la cuarta categoría de los análisis subsecuentes de potencial de reforestación por MDL. (Castellanos *Et al*, 2008)

2.6.4.3 Identificación de áreas con potencial socioeconómico homogéneo

Para obtener zonas con potencial socioeconómico homogéneo se utilizó el mapa de Pobreza de Guatemala 2001, elaborado por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN a escala 1:250.000 y el mapa de Municipios, digitalizado por el MAGA (2001). A partir de estos dos mapas se concibió uno nuevo, llamado Mapa Socioeconómico, que identifica tres niveles socioeconómicos clasificados según el potencial para desarrollar proyectos de reforestación. (Castellanos *Et al*, 2008)

Asimismo, se utilizaron tres variables consideradas determinantes al momento de implementar un proyecto de reforestación:

- Densidad de población: Gran cantidad de habitantes en una región ejerce mayor presión sobre la disponibilidad de tierra. Se usó la densidad de población por municipio, según el censo de 1994. (Castellanos *Et al*, 2008)
- Nivel de pobreza de la población: Una población pobre tendrá más necesidades inmediatas insatisfechas por lo que ejercerá más presión para implementar usos de suelo basados en agricultura de subsistencia. En estos casos, resulta más difícil convencer a las comunidades de las ventajas de los proyectos de reforestación. Se utilizó como variable el porcentaje de la población bajo la línea de pobreza (ingreso anual menor de Q 4,020). (Castellanos *Et al*, 2008)
- Nivel de educación de la población: Un nivel de educación elevado diversifica las posibilidades de empleo, disminuyendo la dependencia de la población de sistemas de producción agrícola. Como variable se utilizó el porcentaje de analfabetismo del censo de 1994. (Castellanos *Et al*, 2008)

Los municipios de Guatemala fueron ordenados en rangos porcentuales dentro de cada una de las tres variables. Luego, se calculó un promedio para cada municipio. Posteriormente, se ordenaron y agruparon los municipios de acuerdo a este cociente. Los tres rangos de potencial social para la reforestación fueron:

- Bajo (alta densidad de población y altos índices de analfabetismo y pobreza).
- Medio (valores medios relativos de las tres variables incluidas).
- Alto (baja densidad de población, niveles altos de educación, ingresos altos).

2.6.4.4 Cálculo del potencial de reforestación en las áreas Kyoto según datos económicos, sociales, biofísico y de tendencias históricas

- Cálculo de potencial de forestación y reforestación

Para calcular el potencial de forestación y reforestación de las Áreas Kyoto se elaboró una matriz donde las columnas corresponden a los usos potenciales del suelo (metodología USDA). Así, el uso I corresponde al suelo sin ninguna limitante para provecho agropecuario y el uso VIII, en el otro extremo, se refiere al suelo altamente limitado, recomendado para protección de vegetación nativa. Las filas de la matriz corresponden a la combinación de los tres niveles de la variable social contra los tres niveles de la variable de uso actual del suelo.

Esta matriz de 8 x 9 posee los valores de potencial de reforestación, que en la práctica se tradujeron en porcentajes del área total a re f o restar bajo el esquema MDL. A priori, se estimó que un rango realista de estos porcentajes debería ser de 0 a 30%, por lo que la tarea se redujo a colocar los valores intermedios de este rango en las diferentes casillas de la matriz. Para completar la tarea de asignación de los potenciales de reforestación MDL, se utilizó una ecuación matemática que permitiera ponderar los factores sociales, económicos y biofísicos de cada área. La ecuación aplicada fue:

$$PR = 8 \times \{[(F \text{ Económico} * 0.35) + (F \text{ Social} * 0.25) + (F \text{ Biofísico} * 0.4)] - 1\}$$

Donde:

PR = es el potencial de reforestación de un Área Kyoto. Este valor se traduce en el porcentaje del área total que podría ser reforestada bajo un proyecto MDL. (Castellanos *Et al*, 2008)

F Económico = representa el uso actual del suelo de las Áreas Kyoto. Valor 1 para hortalizas, caña y café; valor 2 para agricultura y cultivos; valor 3 para pastos cultivados o naturales, charral o matorral. (Castellanos *Et al*, 2008)

F Social = corresponde al potencial socioeconómico. Valor 1 para potencial bajo; valor 2 para potencial medio; valor 3 para potencial alto. (Castellanos *Et al*, 2008)

F Biofísico = se refiere al tipo de capacidad de uso. Valor de 1 a 8 según la capacidad de uso del suelo. Los valores de ponderación utilizados para cada factor fueron determinados a criterio del autor, de acuerdo con la importancia relativa de cada elemento considerado. El factor de 8 al inicio, permite que el rango de resultados tenga valores de 0 a 32. Los valores finales calculados mediante la ecuación 1, fueron redondeados al valor inferior múltiplo de cinco para simplificar los cálculos. Por ejemplo, el valor 32 fue reducido a 30, el valor 28 a 25, etc. Este procedimiento logró el objetivo de asignar valores de potencial de reforestación MDL en el rango 0-30. (Castellanos *Et al*, 2008)

- **Corrección de los potenciales de reforestación según las tendencias históricas por región**

Después de calcular los potenciales de reforestación en todas las Áreas Kyoto con sobre en lasa variables económicas, sociales y biofísicas se procedió a revisarlos de acuerdo a las tendencias históricas de producción agropecuaria y de uso del suelo, de Guatemala a nivel departamental en los últimos años. Se utilizaron las estadísticas de producción, relevantes de acuerdo al uso actual del suelo en las tierras Kyoto, así como las estadísticas de reforestación para el país. Específicamente, se consideraron las variaciones históricas para la década del 90 de las siguientes variables:

1. Producción de quintales de café oro.
2. Número de cabezas de ganado bovino.
3. Área sembrada con caña de azúcar.
4. Hectáreas reforestadas bajo los programas del Plan Estratégico del Programa de Incentivos Forestales, PINFOR y el Plan de Incentivos Fiscales (PIF).

Se redujo en 2.5% el porcentaje de reforestación potencial en los departamentos donde las tendencias históricas muestran un incremento sustancial en la actividad agrícola o ganadera, o donde los programas de reforestación han tenido poco impacto. (Castellanos *Et al*, 2008)

- **Cuantificación del contenido de carbono en la Línea Base para Guatemala**

La Línea Base para el país es definida como el escenario de fijación de carbono proyectado al 2012 sin desarrollar proyectos MDL. Bajo este escenario, la única reforestación del país ocurre debido a otros programas que incentiven esta actividad. En el presente, el PINFOR cumple esta función para Guatemala. Se procedió a comparar las estimaciones de reforestación hechas por el Plan Estratégico del PINFOR para el período 1997-2000 con las cifras reales de reforestación observadas en ese período. Esta comparación permitió calcular un porcentaje de reforestación real vs. estimada. Este porcentaje fue aplicado luego a las estimaciones del Plan Estratégico PINFOR del período 2003-2012 para calcular una proyección de hectáreas reforestadas.

Para calcular el carbono almacenado por este proceso de reforestación no MDL, se multiplicó el total de hectáreas PINFOR por un valor genérico de fijación de carbono para plantaciones comerciales de coníferas de 120 ton C/ha (Fehse *Et al.*, 1999), deduciendo 10 ton C/ha (valor genérico para pastos), que es el carbono perdido al cambiar de pasto a bosque. Dado que el valor genérico para plantaciones de latifoliadas (110 ton C/ha, comunicación personal, EcoSecurities, 2002) es muy similar al de coníferas, se consideró que el error introducido al asumir todas las plantaciones como de coníferas no es significativo con relación a los errores acumulados a lo largo del proceso de estimación de Áreas Kyoto. (Castellanos *Et al*, 2008)

- **Cuantificación del contenido de carbono en el escenario de proyectos MDL**

Cuantificación del contenido de carbono original en las tierras Kyoto sujetas a proyectos MDL, es necesario calcular el contenido original de carbono de las áreas donde se implementarán los proyectos MDL, ya que éste deberá sustraerse del carbono total fijado por el proyecto. Esto se debe a que el proyecto MDL ocurre a expensas de un cambio de uso del suelo, donde se pierde la cobertura original del área en cuestión.

Para hacer este cálculo se utilizó la información del uso actual del suelo para las Áreas Kyoto. Se tomó el valor genérico para pastos de 10 ton C/ha para todos los usos excepto para el café con sombra, que utilizó un valor de 65 ton C/ha. (Castellanos *Et al*, 2008)

- **Cuantificación del contenido de carbono en las tierras Kyoto en el escenario con proyectos MDL**

En este paso, es posible definir diferentes proyectos de forestación y reforestación utilizando diferentes especies comerciales o naturales. La gama de opciones es muy amplia. Desafortunadamente, la literatura no cuenta con valores de fijación de carbono para esta variedad de opciones de especies forestales. Sin embargo, independientemente de la especie forestal escogida para el proyecto, la cantidad de carbono fijada en un plazo de 10 años no varía significativamente (rango de 90-120 ton C/ha) en relación con la variabilidad agregada por los diferentes pasos de estimación. Por ello se decidió utilizar un valor general de 120 ton C/ha, correspondiente a una plantación de pino, para todos los proyectos de reforestación. Este valor es multiplicado por los porcentajes de Áreas Kyoto a reforestar, para obtener el valor de carbono total bajo el escenario con proyecto. (Castellanos *Et al*, 2008)

2.7 Resultado del estudio de las áreas Kyoto

Esta variable representa los valores de carbono neto adicional (final – inicial) resultante de los proyectos de MDL a realizarse en las Áreas Kyoto identificadas.

2.7.1 Áreas Kyoto identificadas en Guatemala

Al traslapar los mapas de cobertura forestal de 1988 y 1999 se obtuvieron las áreas sin cobertura forestal en 1990, que continuaban en la misma condición en el 2002. Estas son, por definición, las Áreas Kyoto. Las zonas deforestadas durante el período 1990-2002 no pueden ser incluidas dentro de los territorios Kyoto, cual es el caso de muchas tierras en el norte del Petén, que no pueden considerarse para proyectos MDL. Las Áreas Kyoto localizadas en las zonas con capacidad de uso del suelo VII de vocación claramente forestal, constituyen la mayor superficie de tierras Kyoto de todo el país.

Sin embargo, en estos momentos el uso del suelo que se les está dando es principalmente agrícola. En todas estas zonas hay agricultura limpia anual (cultivos anuales) y otros cultivos, así como áreas de matorral o charral.

El Cuadro 9 muestra las diferentes áreas (en km² y en hectáreas) de las tierras Kyoto totales, de acuerdo al uso potencial del suelo. Un total de 47,680 km² equivalente al 43.7% del territorio nacional, en la actualidad, cumple con los requisitos para ser considerado en la implementación de proyectos MDL. Cabe destacar que de este total, únicamente 28,085 km² (o 2.8 millones de hectáreas) son territorios con vocación forestal (uso potencial VI –VIII).

Cuadro 9. Superficie de áreas Kyoto de Guatemala según los mapas elaborados

Mapas elaborados	Área (km²)	Área (has.)
Áreas reforestables en 1990	57,564.82	5,756.48
Áreas reforestables actuales	65,580.51	6,558.05
Áreas potenciales Kyoto (reforestables en 1990 y en la actualidad)	49,192.45	4,919.25
Áreas potenciales Kyoto excluyendo ciudades y zona de vida del monte espinoso	44,586.18	4,458.62
Por capacidad de uso del suelo		
Áreas Kyoto actuales I	1,156.39	115.64
Áreas Kyoto actuales II	6,833.23	683.32
Áreas Kyoto actuales III	7,055.41	705.54
Áreas Kyoto actuales IV	3,241.85	324.19
Áreas Kyoto actuales V	620.59	62.06
Áreas Kyoto actuales VI	6,668.66	666.87
Áreas Kyoto actuales VII	17,022.37	1,702.24
Áreas Kyoto actuales VIII	1,989.67	198.97
Total	44,586.18	4,458.62

Fuente: Castellanos *Et al.* 2003

2.8 Marco Referencial

2.8.1 Localización

El Municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra localizado, en coordenadas geográficas con latitud 14° 34' 13"N y longitud 90°29' 45" Limita al Este con el Municipio de San José Pinula, al Sur con los Municipios de Fraijanes y Villa Canales y al Oeste y Norte con el Municipio de Guatemala. (Porres, 2005)

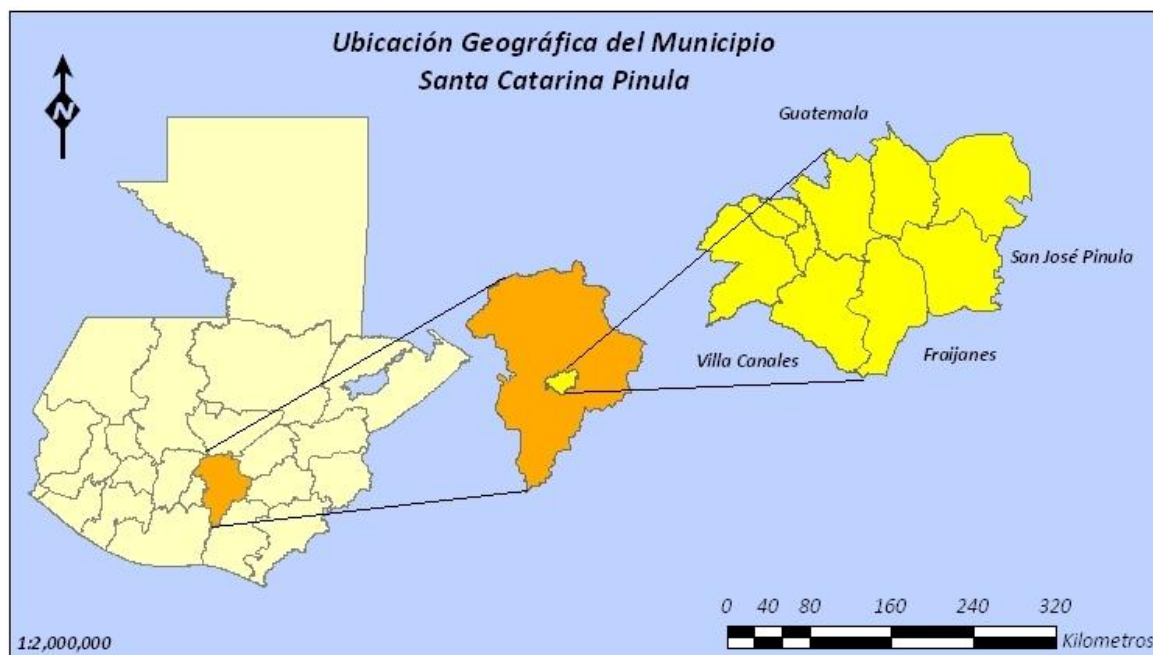


Figura 16. Mapa de Ubicación del Municipio de Santa Catarina Pinula

2.8.2 Vías de comunicación

La principal vía de acceso es la Carretera Interamericana CA-1; la cual se aparta de la ruta nacional No. 2 que a seis kilómetros al Oeste lleva a la cabecera municipal. La carretera principal, totalmente asfaltada, se encuentra en buen estado; conecta con otros caminos asfaltados o con carretera de concreto o adoquín, para llegar a los municipios vecinos y distintas áreas geográficas.

2.8.3 Infraestructura

Se tiene el crecimiento inmobiliario más alto de Centro América (17%) el valor de la tierra en los sectores de alta plusvalía varía entre \$120.00 y \$200.00 la vara cuadrada, contrastando con áreas marginales en donde el valor promedio de la tierra es de \$20 la vara cuadrada. (Porres, 2005)

Se han construido siete plantas de tratamiento de aguas residuales sin embargo no se han cubierto todos los centros poblados los cuales carecen de redes de alcantarillado sanitario esto ha generado la negativa más alta en la población, reflejando adelantos leves en este servicio; además, ninguna las plantas existentes operan correctamente, por lo que el tratamiento de aguas residuales a nivel municipal es nulo. La gran mayoría del territorio es bastante accidentado, suelos arcillosos poco profundos, de vocación forestal en su mayoría. Estas características no permiten el uso de ciertas áreas para ubicación de viviendas; sin embargo, se han dado construcciones en zonas de riesgo por familias de escasos recursos, así como vivienda formal por empresas constructoras particulares.

2.8.3.1 Actividades económicas

1. Porcicultura

Focalizado en la cabecera municipal existe una alta producción de crianza, destace y distribución de productos porcinos al mercado nacional. Este producto caracteriza al municipio como uno de los mejores en el mercado. (Porres, 2005)

2. Ganadería

Existe crianza de ganado en el territorio pero en muy bajas cantidades, existe también práctica de destace y producción en el rastro municipal pero dicha producción está concesionada. (Porres, 2005)

3. Agricultura

Los cultivos principales son maíz, café, trigo y frijol, que son cultivados por pequeños agricultores que los utilizan para el propio consumo y para ser comercializados en pequeña escala en los mercados, así como el cultivo de hortalizas. El desarrollo de la producción agrícola está limitado por la falta de tierras y el extremo crecimiento urbano. (Porres, 2005)

4. Industria

Una fábrica de alimentos para consumo humano, tendría, la primera localizada al Este y la segunda al Sur del Municipio. La Fábrica de alimentos está certificada bajo las normas ISO. (Porres, 2005)

5. Empresas de servicio

Se cuenta con empresas de telefonía celular, hotel cinco estrellas, hospital privado, clínicas, laboratorios, bancos, colegios, escuelas, supermercados, centros comerciales, restaurantes, etc. El territorio pinulteco se ha convertido en una pequeña ciudad en donde se puede decir que se cuenta con todos los servicios en la zona céntrica (alrededores de la Carretera Interamericana CA-1 y la cabecera municipal) que hacen innecesarios los viajes a la ciudad capital. (Porres, 2005)

6. Inmobiliarias

Un 17% del crecimiento económico del municipio es generado por el sector inmobiliario que dirige sus servicios hacia el sector económico pudiente en la zona este del municipio y viviendas de clase media en la zona Sur del Municipio, en donde se ha visualizado el mayor crecimiento. Debido a que el municipio no cuenta con un plan de ordenamiento territorial, ha sido difícil regular de manera legal el establecimiento de algunas urbanizaciones en zonas de riesgo, a pesar de contar con un reglamento de construcción desde donde se dan los lineamientos e inspecciones para su etapa de ejecución, pero para proyectos macros deben contar con la aprobación de los estudios de impacto ambiental aprobados por el MARN, así como aprobación de estudios de cambio de uso de la tierra por el INAB.

2.8.3.2 Tasa de crecimiento

Según el Instituto Nacional de estadística se presenta una tasa actual de crecimiento poblacional de 2.2%. (Porres, 2005)

2.8.4 Ambiente y recursos naturales

El territorio pinulteco se caracteriza por su vocación forestal pero se necesitan leyes, reglamentaciones, controles y proyectos ambientales efectivos que puedan ser llevadas a la práctica para detener y/u organizar las diferentes actividades que se están desarrollando en el municipio (complejos habitacionales y comercios), porque su crecimiento es inevitable debido al cambio de uso de suelo y la migración al municipio. (Porres, 2005)

1. Flora

Se cuenta con una cobertura vegetal del 42.22% (año 2011) en cuanto al bosque, se encuentran compuesto en su mayoría especies de Pino, *Pinus maximinoi* H.E Moore Encino, *Quercus sp.* y Ciprés, *Cupressus lusitanica* Mill., entre se encuentra el Amate, *Ficus sp.* , Cedro, *Cedrella odorata* L., Palo Blanco, *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda, Ébano y Guachipilín, *Diphysa robinoides*, Benth; ésta última ya ha desaparecido. También se cuenta con la presencia de plantas frutales como: Mora silvestre, *Morus sp.*, Perote, *Pyrus sp.*, Tuna, *Opuntia sp.*, Mango, *Mangifera indica* L., Nance, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, Manzana, *Malus sp.*, Durazno, *Prunus sp.*, variedades de Jocote, *Spondias sp.*, Guayaba, *Psidium guajava* L., Aguacate, *Persea americana* Mill., Naranja, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Anona, *Anona squamosa* L., Níspero, *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl., Granadilla, *Passiflora sp.*, Mandarina, *Citrus reticulata* Blanco.

En algunas áreas aún se conserva parte de esta cobertura y en terrenos con niveles de pendiente altos. Sin embargo, es difícil controlar las talas ilícitas que son provocadas por intermediarios de madera y familias de escasos recursos en menor medida.

2. Suelo

La degradación del suelo y la pérdida de nutrientes para mantener la cobertura boscosa se ha ido deteriorando debido a que con la tala de los árboles el suelo queda expuesto y este en la época lluviosa es transportado a las partes bajas de la cuenca por los altos niveles de

pendiente. Aunado a ello, los suelos cercanos a las cuencas contribuyen a incrementar los niveles de contaminación por el incremento de sólidos en suspensión.

2.8.5 Recurso hídrico

En el recurso hídrico se pueden mencionar los ríos Acatan, Chicoj, Chiquito, El Sauce, La Palma, Las Minas, Los Ocotes y Pinula, así también los riachuelos Panasequeque, del Manzano, El Guayabo y Piedra Parada, las quebradas Agua bonita, El Anono, El Mezcal, Seca, Agua Fría, El Cangrejito, el Riito, Cuesta Ancha, El Chorro, La Esperanza y Cuesta Grande.

Debido a la disminución de cobertura boscosa, crecimiento urbano y demanda del recurso hídrico, los caudales de agua, tanto superficiales como subterráneos, han disminuido lo que afecta a la mayor parte de la población. Actualmente en la cabecera municipal para encontrar agua se tiene que perforar a una profundidad de entre 1,200 a 2,000 pies (365 a 610 metros). El municipio es fuente de abastecimiento de agua para los habitantes de la ciudad capital, por medio del Río Pinula, lo que hace más importante la conservación del recurso hídrico y los asociados al mismo, sin embargo aún no existe un plan de manejo de cuencas para la formación de alguna mancomunidad que vele por el cuidado de las aguas superficiales y la subterráneas del municipio.

2.9 Objetivos

2.9.1 General

- Delimitar zonas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes en el municipio de Santa Catarina Pinula.

2.9.2 Específicos

- Realizar un estudio de capacidad de uso de la tierra.
- Identificar y mapear áreas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes.
- Establecer criterios de valoración, biofísicos, económico productivos y socioeconómicos con base en una consulta a expertos.
- Elaborar una matriz para la ponderación de los criterios de valoración y ponderar las áreas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes.

2.10 Metodología

2.10.1 Capacidad de uso de la tierra

La capacidad de uso de la tierra, es la determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo. (INAB, 2012)

Básicamente es una agrupación de interpretaciones con fines agrícolas y/o forestales para la distinción de las unidades de mapeo en función de sus características físicas. La metodología a utilizar es la “Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso” del Instituto Nacional de Bosques, debido a que ésta en particular, para las condiciones del país y el objetivo del estudio, confiere un favorecimiento tendiente hacia los usos forestales.

2.10.2 Resumen de la aplicación de la metodología del ECUT

2.10.2.1 Fase de gabinete

Esta comprendió la recopilación de información biofísica sobre el área en estudio; dicha información fue importante para realizar correlaciones y tomar decisiones sobre las unidades de manejo. La recopilación de la información abarca por ejemplo: zonas de vida presentes, altura sobre el nivel del mar, especies indicadoras, red hídrica, suelos, entre otras, tal y como se muestran en el marco referencial.

- En el orden más sencillo para la aplicación de la metodología se hizo como primer paso, la identificación de la región natural (región fisiográfica) en donde se encuentra el área de estudio; para los estudios del caso, se trata de la región “Tierras Altas Volcánicas”.
- Como segundo paso, se mapearon las unidades fisiográficas del terreno. Para los fines de este estudio, se utilizó como escala de publicación la 1:60,000 y escala de

trabajo, 1:25,000. Para el mapeo de las unidades fisiográficas, tuvo como punto de partida, el uso del modelo digital de elevación (DEM por sus siglas en inglés) con base en las curvas a nivel a cada 20 metros de altura para identificar las regiones fisiográficas y los grandes paisajes. Posteriormente, se realizó el mapeo de las unidades, hasta el nivel de paisaje empleando para ello, otro modelo de elevación digital conforme a las curvas a nivel a cada 5 metros proporcionado por la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

- Como tercer paso, elaboró el mapa de pendientes del terreno. Para este estudio en particular, se utilizó el modelo de elevación con curvas a nivel con intervalos a cada 5 metros, para crear una imagen digital de pendientes conforme a la clasificación de rangos de pendiente que precisa la matriz de capacidad de uso de las Tierras Altas Volcánicas. Posteriormente, con base en las unidades fisiográfico-geomorfológicas se generalizó un valor de pendiente promedio para dicha unidad; finalmente se clasificó dicho valor, dentro de los rangos establecidos de la matriz.

2.10.2.2 Fase de campo

Durante el desarrollo de esta fase, se compilaron los valores de profundidad del terreno y factores modificadores en cada una de las unidades de mapeo.

- **Primer paso:** se verificaron e identificaron los límites de las unidades de mapeo con base a los límites naturales y político-administrativos del municipio.
- **Segundo paso:** se determinaron los valores de profundidad efectiva de suelo y los factores modificadores; la profundidad efectiva de suelo, se define como la profundidad máxima del suelo susceptible de ser penetrada por sistemas radiculares de plantas nativas o cultivadas, para obtener agua y nutrimentos, para lo cual se realizarán las anotaciones de los valores en la libreta de campo, para su posterior digitalización en la base de datos y su clasificación según los rangos de la matriz de capacidad de uso. (INAB, 2012)

La pedregosidad (factor modificante) se refiere a la presencia de fracciones mayores a las gravas (4-5 cm de diámetro) sobre la superficie de suelo y dentro del perfil del mismo. Se determinaron con base en la inspección visual de los perfiles del terreno en cortes de carretera y excavaciones de construcciones ya que las condiciones del terreno así lo facilitan.

El drenaje (segundo factor modificante) se refiere a la facilidad con la que el agua se infiltra y/o percola en el interior del perfil del suelo. Su cualificación se hizo a través de indicadores del drenaje como: presencia directa de capas de agua sobre la superficie del terreno, procesos de reducción dentro del perfil del suelo (moteados grisáceos), clase textural, presencia de capas endurecidas. (INAB, 2012)

- **Tercer paso:** se verificaron visualmente, mediante el uso de clinómetro las pendientes ponderadas a nivel de gabinete, en cada una de las unidades fisiográficas.

2.10.2.3 Segunda fase de gabinete

En esta fase se realizó la información de los datos recopilados en campo y la información digital elaborada en la primera fase de gabinete.

- **Primer paso:** se construyó la base de datos para el mapa de profundidades de suelo con base en las unidades fisiográficas y se clasificaron dentro de los rangos según la matriz de capacidad de uso.
- **Segundo paso:** se construyó la base de datos para la elaboración del mapa de capacidades de uso.
- **Tercer paso:** se agregaron los factores modificantes de uso de la tierra a la base de datos de capacidad de uso y se reclasificaron según la matriz de capacidad de uso para las Tierras Altas Volcánicas.

Finalmente, se obtuvieron algunas de las siguientes categorías de capacidad de uso de la tierra:

Agricultura sin limitaciones.	Agroforestería con cultivos permanentes.
Agricultura con mejoras.	Tierras forestales para producción.
Agroforestería con cultivos anuales.	Tierras forestales para protección.
Sistemas silvopastoriles.	

2.10.3 Identificación de áreas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes

Se realizó el mapeo de las unidades de tierra con base en la metodología propuesta por la Unión Geográfica Internacional, (UGI) para su publicación a escala 1:60,000 y utilizando una escala de trabajo de 1:25,000.

A continuación se presentan las categorías de uso de la tierra utilizadas para los fines del estudio, obsérvese las sombreadas, mismas que fueron susceptibles a modificarse para adaptarse al estudio.

Cuadro 10. Categorías de uso de la tierra modificadas para el estudio, según la metodología UGI

Categorías UGI Mundial	Nivel exploratorio (1:1,000,000)	Nivel de reconocimiento (1:260,000)	Semidetalle (1:60,000)	Detalle (>1:25,000)
1. Centro poblado	1. Centros poblados	1.1 Centros poblados urbanos	1.1.1 Superficies de escasa vegetación	1.1.1.1 Reciente
				1.1.1.2 Subreciente
				1.1.1.3 Sin cobertura
			1.1.2 Remanentes de bosque	1.1.2.1 Mixto
			1.1.3 Frutales de clima templado	1.1.3.1 Cítricos
			1.1.4 Cultivos anuales	1.1.4.1 Maíz
		1.1 Centros poblados urbanos	1.1 Centros poblados urbanos	
	1.2 Centros poblados rurales	1.2 Centros poblados rurales	1.2 Centros poblados rurales	
2. Horticultura	2. Horticultura	2.1 Olericultura	2.1.1 Hortalizas de clima frío	2.1.1 Hortalizas de clima frío
			2.1.2 Hortalizas de clima templado	2.1.2 Hortalizas de clima templado
			2.1.3 Hortalizas de clima cálido	2.1.3 Hortalizas de clima cálido
		2.2 Fruticultura	2.1.1 Frutales de clima frío	2.1.1 Frutales de clima frío

			2.1.2 Frutales de clima templado	2.1.2 Frutales de clima templado
			2.1.3 Frutales de clima cálido	2.1.3 Frutales de clima cálido
3. Cultivos permanentes	3. Cultivos permanentes	3.1 Cultivos de clima frío	3.1.1 Café	3.1.1 Café
			3.2.2 Café	3.2.2 Café
		3.2 Cultivos de clima templado	3.2.1 Café	3.2.1 Café
			3.2.2 Banano	3.2.2 Banano
			3.2.3 Plátano	3.2.3 Plátano
			3.2.4 Quina	3.2.4 Quina
			3.2.5 Mimbres	3.2.5 Mimbres
			3.2.6 Otros	3.2.6 Otros
		3.3 Cultivos de clima cálido	3.3.1 Hule	3.3.1 Hule
			3.3.2 Cacao	3.3.2 Cacao
			3.3.3 Banano	3.3.3 Banano
			3.3.4 Plátano	3.3.4 Plátano
			3.3.5 Quina	3.3.5 Quina
			3.3.6 Mimbres	3.3.6 Mimbres
3.3.7 Otros	3.3.7 Otros			
4. Tierras de cultivo	4. Tierras de cultivo	4.1 Tierras de cultivo anual	4.1.1 Maíz	4.1.1 Maíz
			4.1.2 Frijol	4.1.2 Frijol
			4.1.3 Arroz	4.1.3 Arroz
			4.1.4 Trigo	4.1.4 Trigo
			4.1.5 Sorgo	4.1.5 Sorgo
			4.1.6 Avena	4.1.6 Avena
			4.1.7 Ajonjolí	4.1.7 Ajonjolí
			4.1.8 Algodón	4.1.8 Algodón
			4.1.9 Maní	4.1.9 Maní
			4.1.10 Tabaco	4.1.10 Tabaco
			4.1.11 Pepitoria	4.1.11 Pepitoria

			4.1.12 Otros	4.1.12.1 Asocio de maíz, frijol y ayote
		4.2 Tierras de cultivo semipermanente	4.2.1 Caña de azúcar	4.2.1 Caña de azúcar
			4.2.2 Cardamomo	4.2.2 Cardamomo
			4.2.3 Citronela	4.2.3 Citronela
			4.2.4 Té de limon	4.2.4 Té de limon
			4.2.5 Palma africana	4.2.5 Palma africana
			4.2.6 Achiote	4.2.6 Achiote
			4.3 Tierras de cultivos con alta tecnología	4.3.1 Invernaderos
		4.4 Otros	4.4.1 Infraestructura	4.4.1.1 Casas
5. Praderas	5. Praderas o pastos	5.1 Pastos cultivados	5.1.1 Pastos mejorados	5.1.1 Pastos mejorados
		5.2 Pastos naturales	5.2.1 Pastos no mejorados	5.2.1 Pastos no mejorados
		5.3 Sabanas	5.2.2 Guamil	5.2.2 Guamil
6. Tierras boscosas	6. Tierras boscosas	6.1 Bosque de conífera	6.1.1 Denso	6.1.1 Denso
			6.1.2 Poco denso	6.1.2 Poco denso
			6.1.3 Disperso	6.1.3 Disperso
		6.2 Bosque latifoliar	6.1.1 Denso	6.1.1 Denso
			6.1.2 Poco denso	6.1.2 Poco denso
			6.1.3 Disperso	6.1.3 Disperso

		6.3 Mixto	6.1.1 Denso	6.1.1 Denso
			6.1.2 Poco denso	6.1.2 Poco denso
			6.1.3 Disperso	6.1.3 Disperso
		6.4 Bosque de mangle		
		6.5 Bosque espinoso		
		6.6 Matorral		
		6.7 Otros	6.7.1 Sin cobertura	6.7.1 Sin cobertura
			6.7.2 Disperso	6.7.1.1 De galería
			6.7.3 Cultivos anuales	6.7.3.1 Maíz
			6.7.4 Remanentes de bosque	6.7.4.1 Coníferas
7. Cuerpos de agua	7. Cuerpos de agua	7.1 Lagos	7.1 Lagos	7.1 Lagos
		7.2 Lagunas	7.2 Lagunas	7.2 Lagunas
		7.3 Ríos	7.3 Ríos	7.3 Ríos
		7.4 Tierras inundables	7.4 Tierras inundables	7.4 Tierras inundables
		7.5 Embalses	7.5 Embalses	7.5 Embalses
8. Pantanos	8. Pantanos	8.1 Humedales (pantanos, ciénagas)	8.1.1 Permanentes	8.1.1 Permanentes
			8.1.2 Temporales	8.1.2 Temporales
9. Tierras improductivas	9. Tierras improductivas	9.1 Superficies de escasa vegetación	9.1.1 Degradadaas	9.1.1 Degradadaas
			9.1.2 No degradadas	9.1.2 No degradadas

		9.2 Lava o roca	9.2.1 Reciente	9.2.1 Reciente
			9.2.2 Subreciente	9.2.2 Subreciente
		9.3 Playas	9.3.1 Lacustres y/o fluviales	9.3.1 Lacustres y/o fluviales
			9.3.2 De mar	9.3.2 De mar

Obsérvese las modificaciones realizadas en las categorías de escala 1:60,000 y 1:25,000 para adaptarlas a las condiciones del municipio y efectos del estudio.

En este caso, las unidades de interés para realizar la ponderación de las variables socioeconómicas se les llamó “zonas R” y debido a las condiciones prevaletientes del municipio, fueron las siguientes:

- Bosques de coníferas dispersos:
- Bosque mixto disperso
- Cultivos anuales (la categoría completa)
- Frutales de clima templado
- Remanente de bosque de coníferas denso
- Remanente de bosque de coníferas ralo
- Remanente de bosque mixto denso
- Remanente de bosque mixto disperso
- Remanente de bosque de coníferas disperso
- Superficies de escasa vegetación

Se consideraron como zonas R las unidades de bosque mencionadas, debido a que son áreas susceptibles de ser manejadas (debido a que la densidad en árboles/ha se estima entre 15 a 20); la baja densidad de los árboles y la edad avanzada de los mismos, condiciona a los mismos como de alto riesgo por ser posibles focos de plagas, enfermedades e incendios forestales, por lo que el manejo se centraría a la aplicación de tala y establecimiento de plantación.

Se excluyeron del estudio la categoría de “Centros poblados urbanos”, “Hortalizas bajo invernadero” y “Tierras improductivas: rocas”; éstas dos últimas, debido a que son unidades demasiado pequeñas para ser mapeadas y resultan ser irrelevantes en el estudio.

Se utilizaron ortofotos del año 2006 para mapear las unidades de tierra según la metodología UGI anteriormente expuesta y se realizó una comparación de las unidades de mapeo contra las imágenes satelitales del año 2011 disponibles en la plataforma de Google Earth®; de esta manera, se obtuvo el mapa de uso del año 2011 realizando las correcciones del caso en cada una de las unidades de mapeo.

2.10.4 Establecimiento de criterios de valoración

2.10.5 Categorías de los criterios de valoración

Se trabajaron tres grandes grupos de criterios de valoración:

1. **Biofísicos:** referido a aspectos como, capacidad de uso de la tierra, zonas de recarga hídrica, tierras forestales de regulación y captación hidrológica,
2. **Económico productivos:** referido al valor productivo que tiene una unidad de tierra específica en función de su uso, como tierras para cultivos agrícolas, superficies de escasa vegetación y las áreas de bosque remanentes descritas anteriormente.
3. **Socioeconómicos:** referido a variables como densidad poblacional, ingresos per cápita y analfabetismo.

2.10.6 Recopilación de criterios de valoración

Las tres categorías de los criterios, fueron sometidas a una encuesta de recopilación de criterios de valoración. Como punto de partida, se plantearon dichos componentes para cada uno de los criterios de valoración para enriquecer con otros componentes y/o criterios adicionales y así realizar un análisis integral de las zonas “R”.

En la recopilación de los criterios de valoración, se consultaron a expertos de las siguientes ramas del conocimiento.

- Economía
- Economía de Recursos Naturales Renovables.
- Sistemas de Información Geográfica.
- Hidrogeología
- Manejo de Cuencas y Recursos Naturales Renovables.
- Desarrollo Rural
- Gestión Integral de Recursos Naturales.
- Edafología y geología.

2.10.7 Conformación de la matriz de ponderación de criterios

Para cada uno de los criterios de valoración, se determinó el valor promedio asignado según los resultados de la consulta a expertos.

- Para las variables biofísicas, se les asignó el mayor valor porcentual a las unidades que tiendan a la conservación del recurso. En el caso de capacidad de uso, la categoría Fp (Forestal de protección) es el 100% y A (agricultura sin limitaciones) obtuvo el menor valor porcentual (14.28%) de entre las siete categorías.
- Y así sucesivamente, para las demás variables que se consideren.
- Para las variables socioeconómicas, fueron asignados con un valor de 100% los más altos valores registrados para el municipio. De manera general, se agruparon en tres categorías, alto medio y bajo.
- Factor económico productivo. Se encuentra ligado a la actividad productiva (uso de la tierra) que presente mayor cuantía económica. De esta manera, el gradiente fue el siguiente: cultivos agrícolas, cultivos anuales, los tipos de bosque encontrados y las superficies de escasa vegetación.

De esa manera, se colocaron los criterios de valoración en una matriz de datos, para realizar la ponderación de los criterios de valoración por cada una de las unidades de mapeo.

2.10.8 Ponderación de áreas con potencial de reforestación

A continuación se presenta una primera aproximación de la matriz de datos para determinar el valor del potencial de las zonas "R", utilizando criterios a manera de ejemplo:

Cuadro 11. Ejemplo de matriz de ponderación de criterios:

Factores	Componentes específicos	Peso	Calificación de la zona "R"	Subtotal
Criterios Biofísicos	Capacidad de uso	10	75%	7.5
	Tierra Forestal de Captación y Regulación Hidrológica	10	83%	8.3
	Zona de recarga hídrica	10	66%	6.6
Económico Productivo	Uso de la tierra	10	100%	10
Socioeconómico	Ingreso per cápita	20	80%	16
	Analfabetismo	20	100%	20
	Densidad Poblacional	20	70%	14
Valor del potencial de la zona				82.4

Para la utilización de la matriz anterior, fue necesario realizar una superposición de las capas con la información biofísica, económico productiva (uso de la tierra) y socioeconómica. Habiendo obtenido una base de datos con dicha información, se le extrajeron los valores hacia una hoja de cálculo electrónica, asignando un correlativo a cada una de las unidades de tierra creadas en la cruce de capas de información.

Habiendo organizado la información, se aplicó la ecuación que permitió establecer el potencial de reforestación. Posteriormente, se anexaron dichos valores a la base de datos original, utilizando el correlativo de identificación para cada uno de los polígonos.

Se eliminaron polígonos con superficies menores a nueve hectáreas (que corresponde al área mínima de mapeo para la escala de publicación); posteriormente, se clasificó el potencial de reforestación en cinco categorías, habiendo utilizado el criterio estadístico:

2.11 Resultados y Discusión

2.11.1 Análisis fisiográfico-geomorfológico

El estudio de capacidad de uso de la tierra, empleando la metodología de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso del INAB, partió de la realización del estudio fisiográfico-geomorfológico del municipio. El municipio de Santa Catarina se encuentra ubicado en la región natural “Tierras Altas volcánicas” y en el municipio se localizan tres grandes paisajes:

- Las Montañas Volcánicas del Centro del País.
- El Relleno Piroclástico al Este de la Ciudad de Guatemala
- Valle Tectónico de la Ciudad de Guatemala

La interpretación para la delimitación de los grandes paisajes y paisajes, se realizó utilizando un modelo de elevación digital con curvas a nivel a cada cinco metros propiedad de la municipalidad de Santa Catarina Pinula. Posteriormente, las unidades fisiográficas se corroboraron mediante la verificación de campo. En total, se mapearon 41 unidades fisiográficas, tal y como se detalla a continuación:

Cuadro 12. Leyenda fisiográfica-geomorfológica del municipio de Santa Catarina Pinula

Región Fisiográfica	Gran Paisaje	Código	Paisajes	Extensión en ha.
1. Tierras Altas Volcánicas	1.1 Montañas volcánicas del centro del país	1.1.1	Altiplanicie de aldea El Carmen	13.30
		1.1.2	Altiplanicie del cerro Guachizote	9.03
		1.1.3	Complejo colinado	30.35
		1.1.4	Complejo de Terrazas artificiales recientes	198.68
		1.1.5	Ladera del cerro Guachizote	51.34
		1.1.6	Ladera del río Acatán	77.64
		1.1.7	Ladera del río Contreras y Pinula	49.43
		1.1.8	Ladera del río Las Minas	115.54
		1.1.9	Ladera del río Los Ocotes	118.04
		1.1.10	Ladera del río Pinula	229.46

		1.1.11	Ladera escarpada del río Los Ocotes	110.69	
		1.1.12	Ladera escarpada del río Las Minas	121.54	
		1.1.13	Ladera escarpada del río Los Ocotes	26.82	
		1.1.14	Ladera interfluvial del río Las Minas	5.95	
		1.1.15	Ladera interfluvial del río Las Minas y Pinula	72.56	
		1.1.16	Ladera levemente inclinada	18.98	
		1.1.17	Pie de monte del cerro Guachizote	30.04	
		1.1.18	Talud Cauce del río Las Minas	125.14	
		1.1.19	Talud cauce de las montañas volcánicas del río Acatán	424.75	
		1.1.20	Talud cauce del río Contreras	23.69	
		1.1.21	Talud cauce del río Las Minas	321.23	
		1.1.22	Talud cauce del río Los Ocotes	270.59	
		1.1.23	Talud cauce del río Pinula	23.07	
	o de la ciudad Guatemala	1.2 Relleno piroclástico al Este del la ciudad de Guatemala	1.2.1	Complejo colinado	58.04
			1.2.2	Complejo de Terrazas artificiales recientes	143.29
			1.2.3	Ladera del río Pinula y Contreras	128.00
			1.2.4	Pie de monte	31.53
			1.2.5	Planicie iluvial del río Pinula	217.24
			1.2.6	Talud cauce del relleno piroclástico del río Acatán	348.57
			1.2.7	Talud cauce del río Pinula	199.10
			1.2.8	Talud cauce irregular del río Los Ocotes	256.18
			1.2.9	Talud cauce irregular del río Pinula	219.38
			1.2.10	Valle interfluvial del río Acatán	339.60
	1.2.11	Valle interfluvial del río Pinula	43.88		
	1.3.1	Cauce del río Pinula	20.30		
	1.3.2	Ladera del río Contreras	96.29		

	1.3.3	Ladera del río Pinula	55.13
	1.3.4	Ladera interfluvial del río Pinula	36.33
	1.3.5	Planicie interfluvial del río Pinula	66.31
	1.3.6	Talud cauce del río Pinula	365.59
	1.3.7	Valle interfluvial del río Pinula	102.98
Total			5195.60

Cuadro 13. Leyenda fisiográfica a nivel de grandes paisajes de Santa Catarina Pinula

Grandes Paisajes		
Gran Paisaje	Área en ha.	Área en %
1.1 Montañas volcánicas del centro del país	2,467.87	47.50
1.2 Relleno piroclástico al Este de la Ciudad de Guatemala	1,984.80	38.20
1.3 Valle tectónico de la ciudad de Guatemala	742.93	14.30
Total	5,195.60	100.00

De manera general, como se puede observar en el Cuadro 13, el 48% de la superficie del municipio, se encuentra ubicado en el gran paisaje “Montañas volcánicas del centro del país”, un 38% es el “Relleno piroclástico al Este de la Ciudad de Guatemala”. Los materiales volcánicos tienen baja densidad, por lo cual son susceptibles a procesos de erosión, en este caso principalmente hídrica; razón por la cual, en estas unidades de tierra. Su formación se encuentra fechada alrededor de finales del período terciario y principios del cuaternario¹, según la clasificación de suelos hecha por Simmons *Et al.*

¹ **Período terciario y cuaternario:** El terciario se sitúa hace 90 millones de años antes de cristo, sucede después del Jurásico que es cuando se extinguen los dinosaurios; aquí ocurre el apareamiento de los grandes mamíferos actuales; recién comienza a consolidarse el puente entre Norte y Sur América. Durante el período cuaternario aparece el hombre moderno (*Homo sapiens*); ocurre el desarrollo de los grandes mamíferos, se sitúa hace 70 millones de años; para el territorio guatemalteco se tienen datos sobre la existencia de un antepasado del caballo moderno, un mamífero equino de 50 centímetros de alto como especie típica de fauna.

Finalmente, con menor superficie, un 14% se encuentra el “Valle tectónico de la ciudad de Guatemala”, esta región en particular es bastante sensible en cuanto a la actividad sísmica debido a la falla del Río Contreras que limita con la Ciudad de Guatemala; las características geológicas, situá al paisaje “Valle interfluvial del río Pinula” como un horst². Es aquí en donde se encuentran asentadas las zonas uno y dos de la cabecera municipal.

El municipio de Santa Catarina Pinula, se encuentra esculpido por la erosión hídrica que ha dado origen a los valles interfluviales desde finales del período terciario. En su mayoría se encuentran formaciones de tipo talud cauce y laderas en las cinco cuencas que se encuentran en el municipio. De esta cuenta, las de mayor superficie son:

- El Talud cauce de las montañas volcánicas en la cuenca del río Acatán (424.75 ha.)
- El Talud cauce del río Pinula (365.59 ha.)
- El Talud cauce del relleno piroclástico del río Acatán (348.57 ha.)
- El Talud cauce del río Las Minas (321.23 ha.)

La gran mayoría de los valles, han sido utilizados para el desarrollo de complejos habitacionales y los taludes cauce son las formaciones en las que prevalece la cobertura boscosa en más de alguna forma.

² **Horst o pilar tectónico:** es una masa terrestre que se forma debido a la elevación causada por efecto de uno o varios graben o fosas tectónicas que se desplazan hacia abajo. El Horst o pilar tectónico de Santa Catarina Pinula se encuentra conformado por el valle interfluvial en donde se ubican las zonas uno y dos de la cabecera municipal.

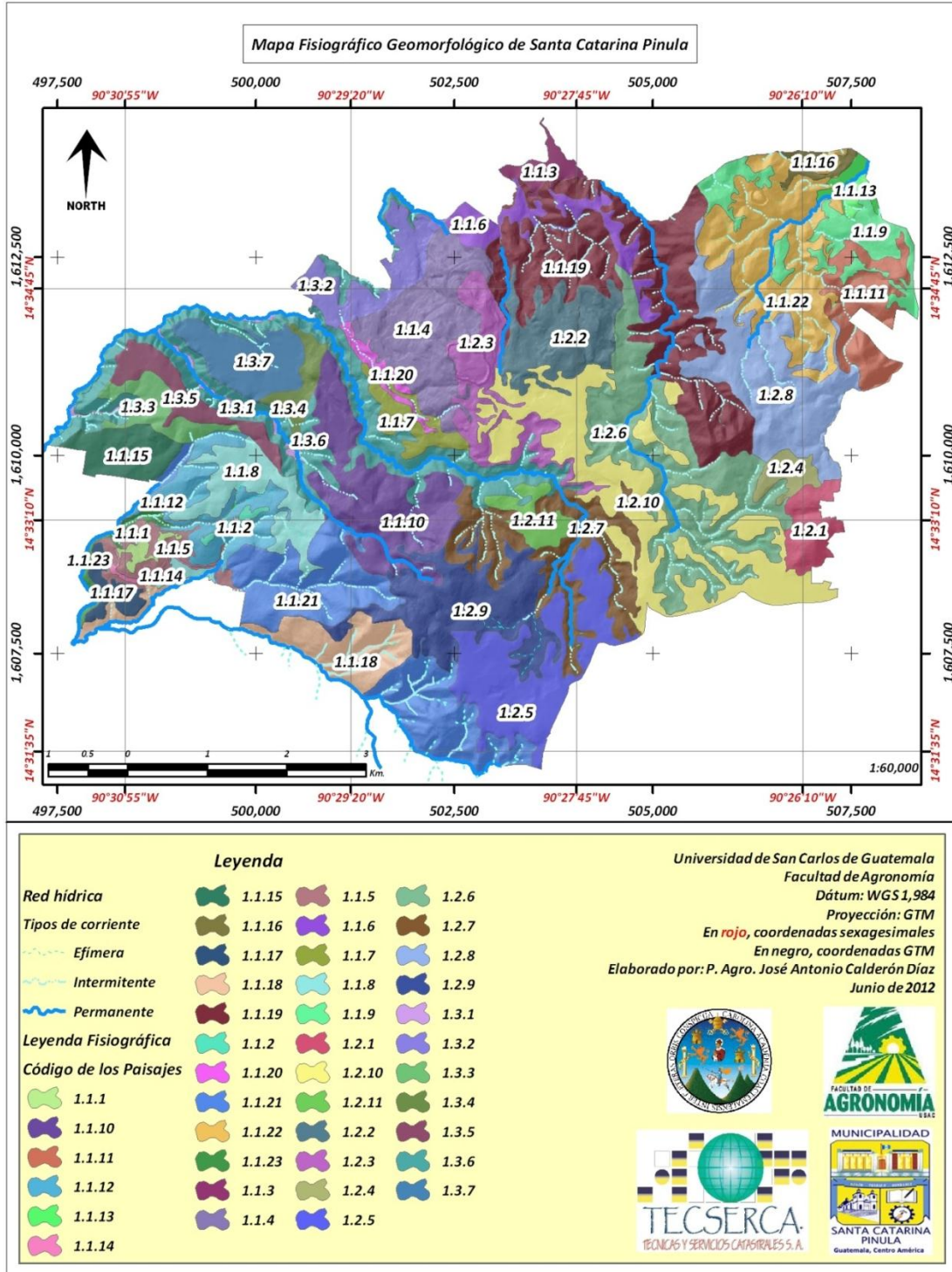


Figura 17. Fisiografía y geomorfología a nivel de Paisajes de Santa Catarina Pinula

2.11.2 Pendientes del municipio

2.11.2.1 Pendientes detalladas

Utilizando el modelo de elevación digital, se realizó un proceso para identificar las pendientes según los rangos establecidos por la metodología, combinando el mapa fisiográfico con la imagen de pendientes, se hizo una generalización de las mismas para posteriormente confirmarlas en campo, recopilando la información para los factores limitantes.

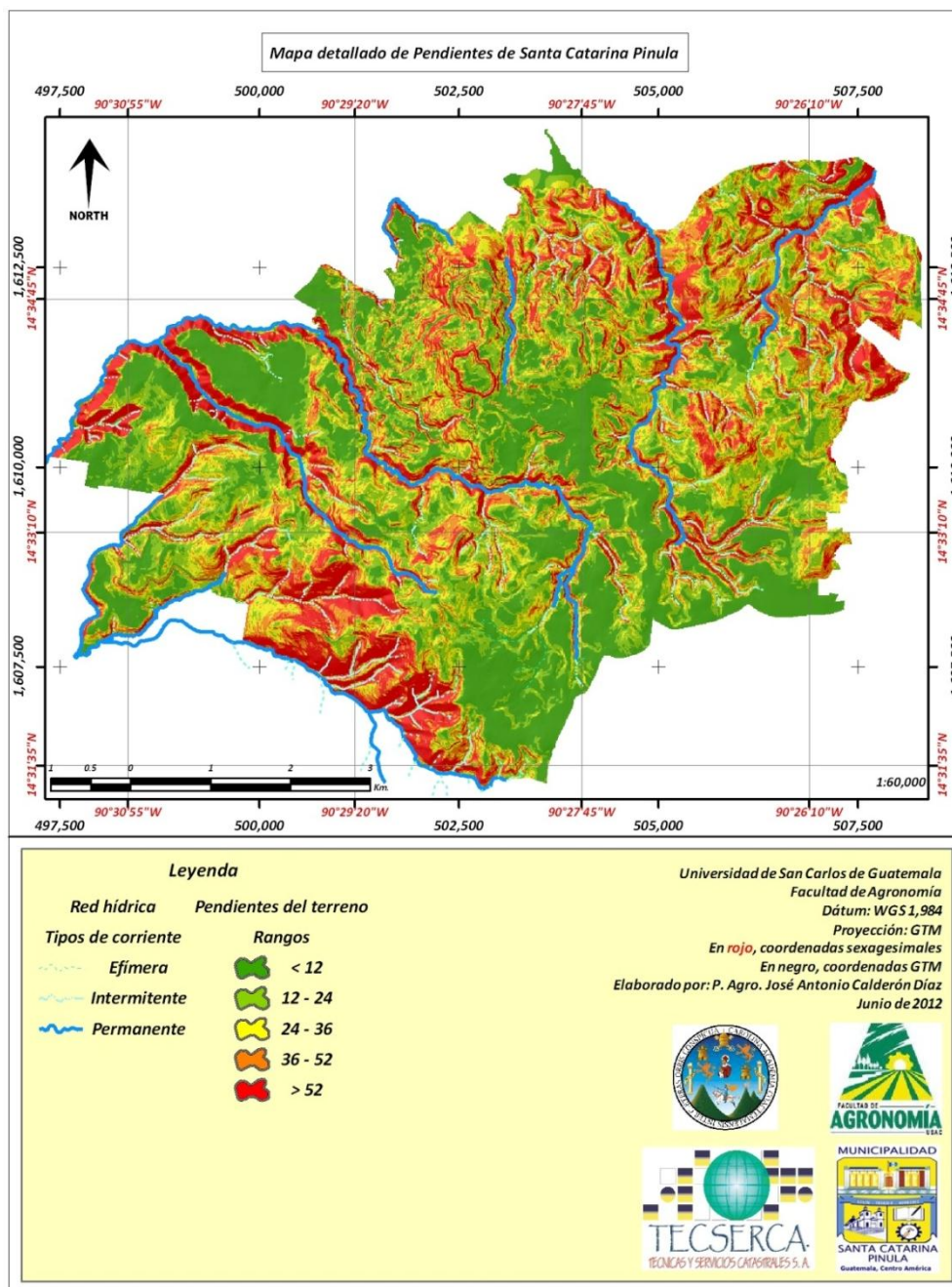


Figura 18. Pendientes del terreno a nivel de detalle de Santa Catarina Pinula.

2.11.2.2 Pendientes generalizadas

Como lo muestra el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el municipio de Santa Catarina Pinula, es bastante accidentado, casi el 70% de la superficie está dominado por pendientes que van del 12 al 52% y sólo un 16% de la superficie lo ocupan áreas bastante planas. Tal y como lo mostró el análisis fisiográfico, el municipio se encuentra dominado por taludes cauce y laderas; dicho resultado, se refleja en que casi el 70% del municipio posea una superficie bastante accidentada. Sólo un 16% de la superficie lo ocupan las pendientes extremas.

Es importante resaltar que las superficies planas en el municipio son bastante escasas por lo que se puede inferir que en su mayoría, el municipio tiene potencial para el desarrollo de actividades forestales de protección, debido a la alta demanda de recurso hídrico que supone la existencia de numerosos centros poblados, debido a la plusvalía que ha adquirido el lugar en los últimos años.

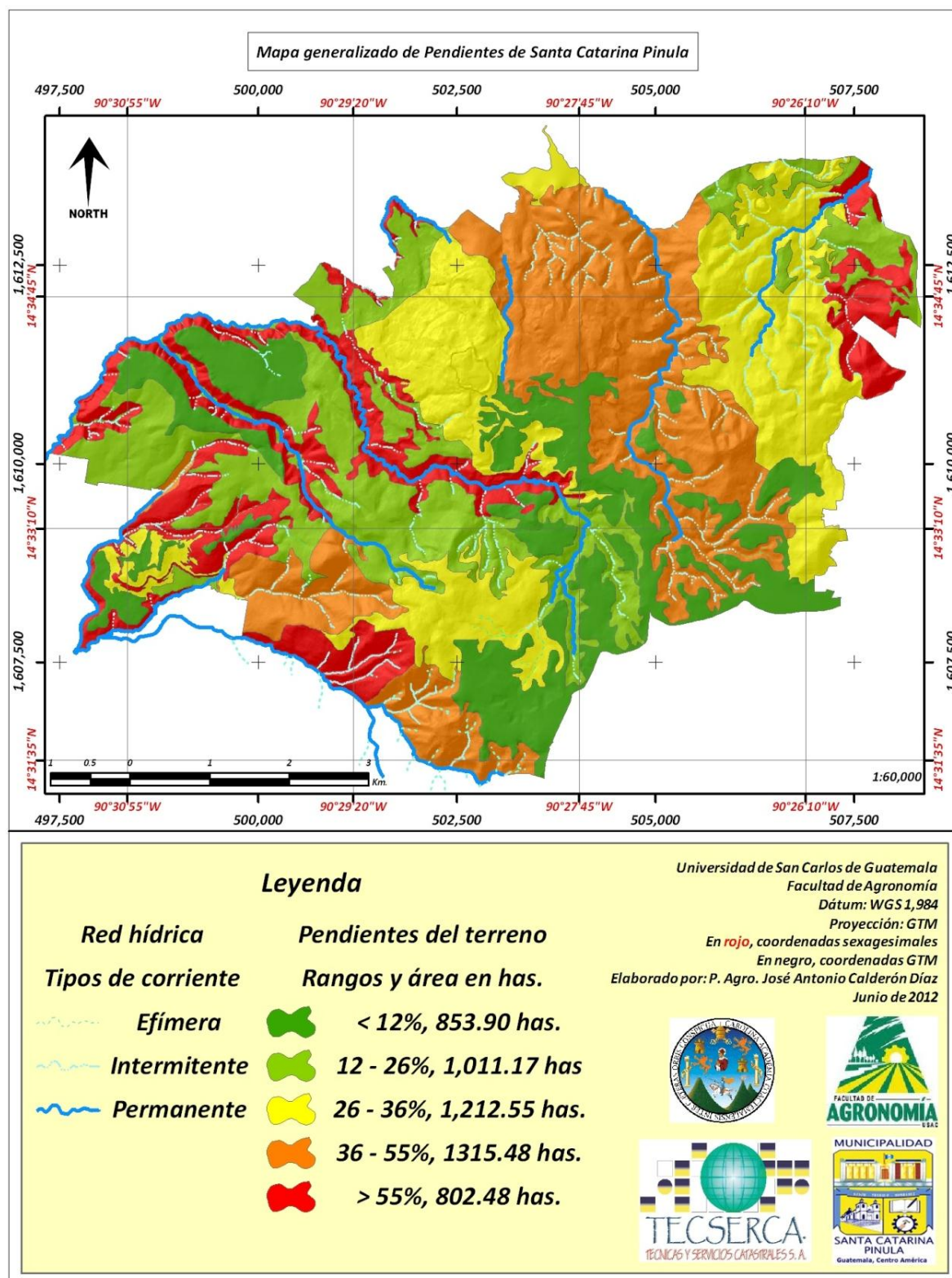


Figura 19. Mapa de pendientes generalizadas con base en las unidades fisiográficas de Santa Catarina Pinula

2.11.3 Profundidad de suelos

Santa Catarina Pinula, posee suelos de mediano a poco profundos. Las menores profundidades se observan en los lugares en donde existe una alta densidad de fuentes de drenaje. En mayor medida, se observan suelos poco profundos en el gran paisaje correspondiente al relleno piroclástico del este de la Ciudad de Guatemala; lo anterior se debe a que son materiales litológicos de reciente formación y su naturaleza les confiere una baja densidad, lo que facilita el arrastre por efecto de la erosión hídrica.

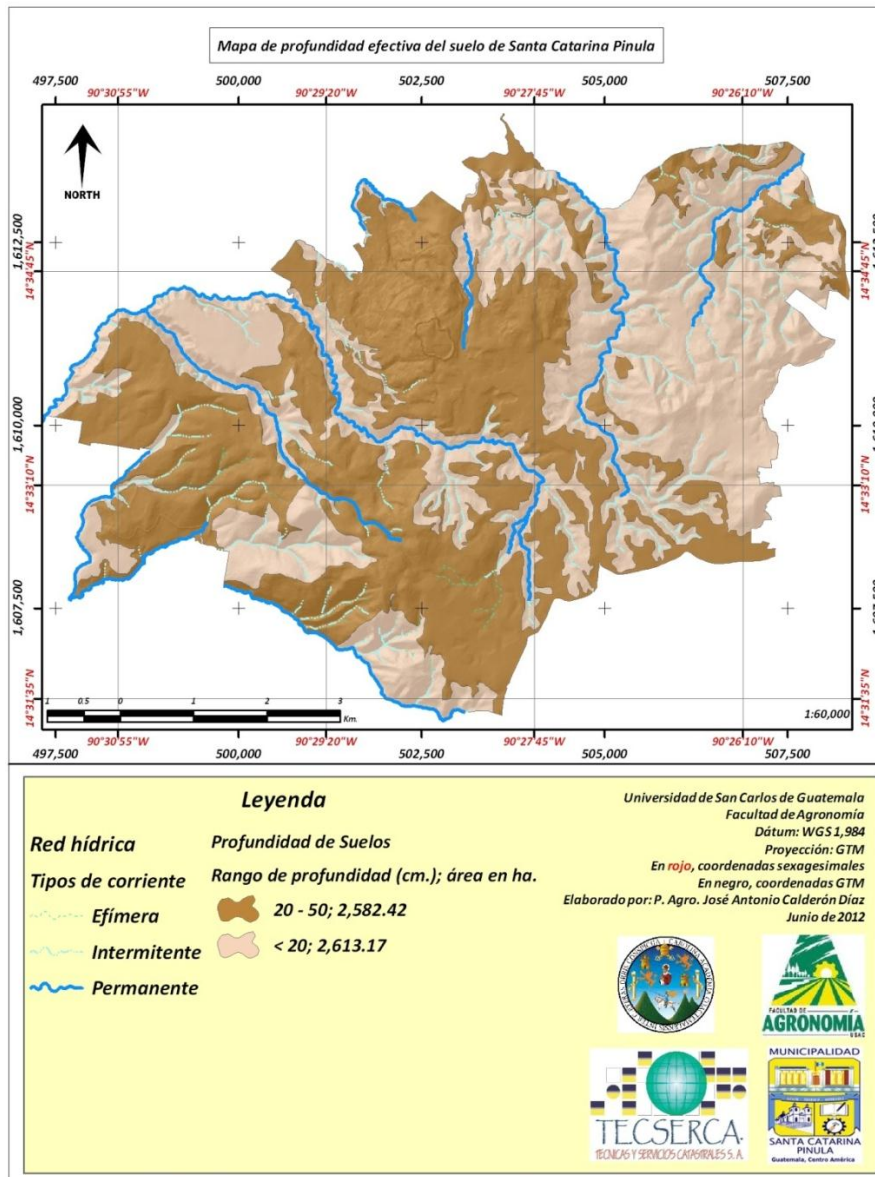


Figura 20. Mapa de profundidad efectiva de los suelos de Santa Catarina Pinula

2.11.4 Capacidad de uso de la tierra

Cuadro 14. Análisis comparativo de la capacidad de uso de la tierra bajo la metodología propuesta por INAB para Santa Catarina Pinula

No.	Categorías de capacidad de uso		Superficie en ha.	Porcentaje
1	Fp	Tierras forestales de protección	2138.26	41.16%
2	F/Fp	Tierras forestales de producción/de protección	2075.42	39.95%
2	F	Tierras forestales de producción	127.99	2.46%
3	Ss/Ap	Sistemas silvopastoriles	369.64	7.11%
4	Aa	Agricultura con cultivos anuales	484.26	9.32%
Total			5195.57	100.00%

Como se puede apreciar en el Cuadro 14, y Figura 21 , más del 80% del municipio, tiene vocación forestal debido a las condiciones de pendiente, profundidad de suelo; el que determinada unidad de mapeo posea la categoría de Forestal de Protección no implica que no se pueda tocar, más bien requiere un tipo especial de manejo a fin de que cumpla con los requisitos de máximo rendimiento, sostenibilidad y rentabilidad económica.

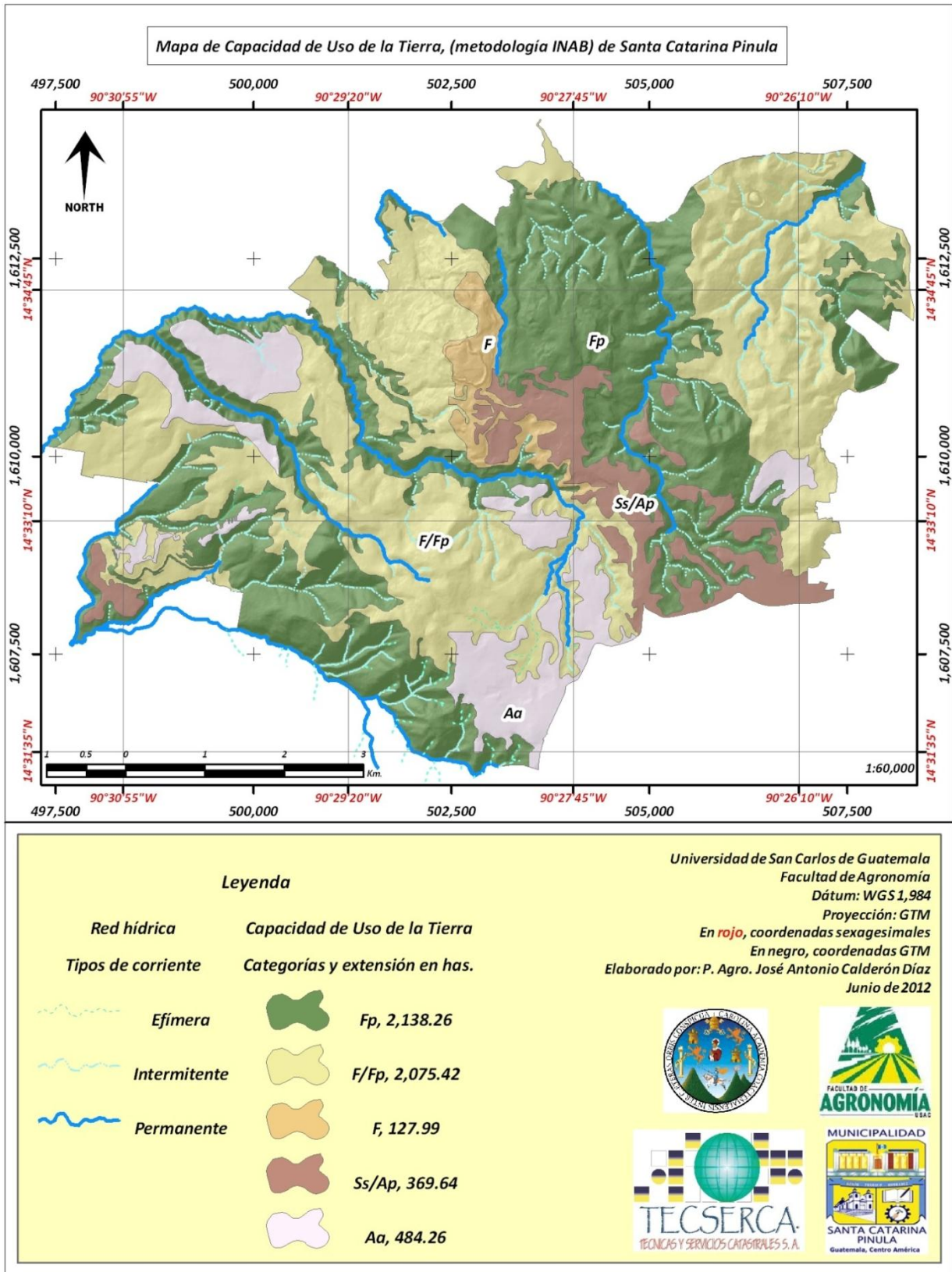


Figura 21. Mapa de capacidad de Uso de la Tierra bajo (metodología del INAB) de Santa Catarina Pinula

2.11.5 Uso y cobertura de la tierra

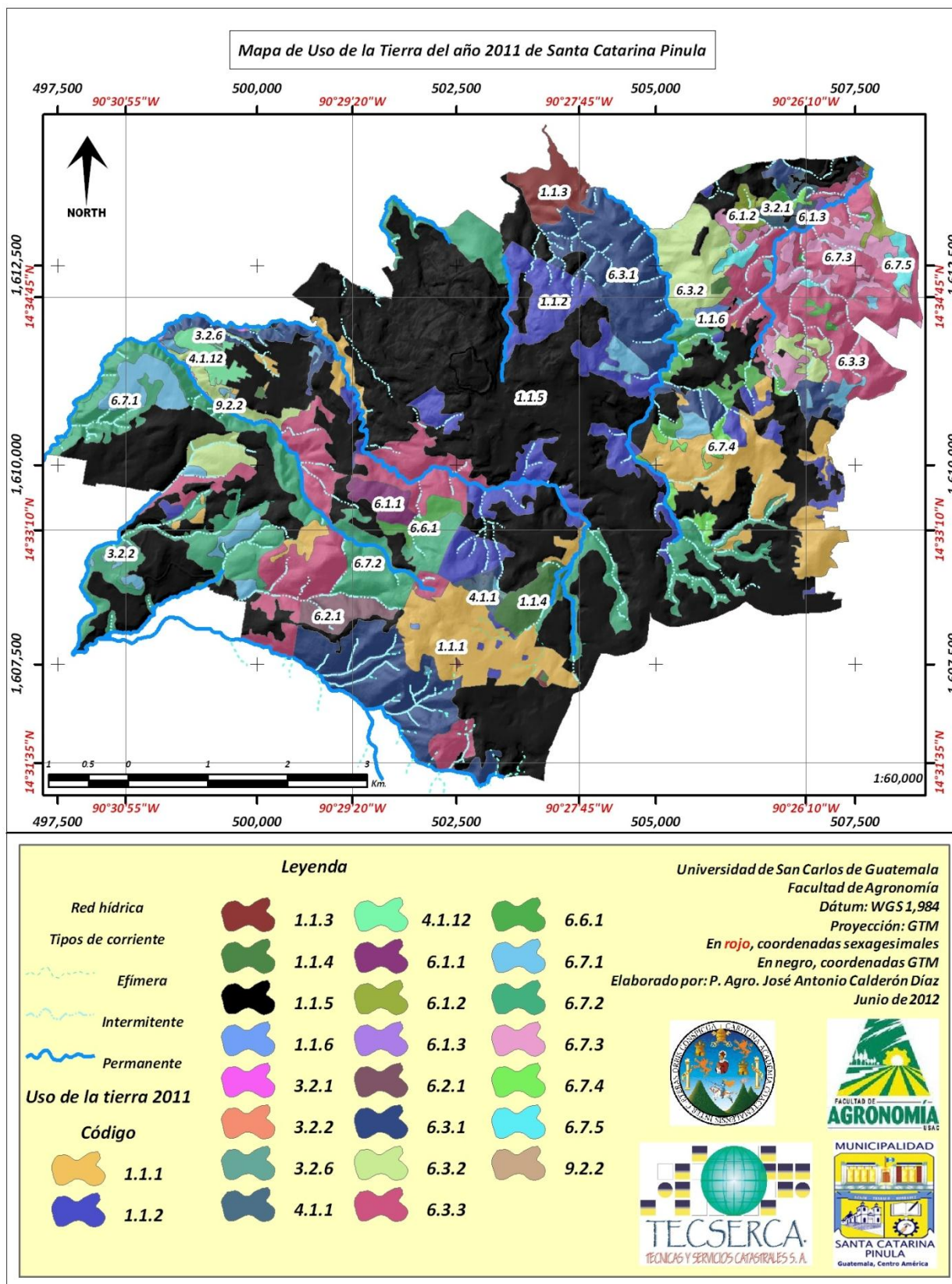


Figura 22. Uso de la tierra del año 2011 de Santa Catarina Pinula

Cuadro 15. Resumen de las categorías de uso de la tierra para Santa Catarina Pinula con base en la metodología UGI

Categoría Mundial	Nivel exploratorio	Nivel de reconocimiento	Nivel de semidetalle	Área en ha.
1. Centro Poblado	1. Centros poblados	1.1 Centros poblados urbanos	1.1.1 Superficies de escasa vegetación	392.76
1. Centro Poblado	1. Centros poblados	1.1 Centros poblados urbanos	1.1.2 Remanentes de bosque	323.85
1. Centro Poblado	1. Centros poblados	1.1 Centros poblados urbanos	1.1.3 Frutales del clima templado	56.16
1. Centro Poblado	1. Centros poblados	1.1 Centros poblados urbanos	1.1.4 Cultivos anuales	50.78
1. Centro Poblado	1. Centros poblados	1.1 Centros poblados urbanos	1.1.5 Centros poblados urbanos	2106.64
1. Centro Poblado	1. Centros poblados	1.1 Centros poblados urbanos	1.1.6 Matorrales	6.88
1. Centro Poblado	3. Cultivos permanentes	3.2 Cultivos de clima templado	3.2.1 Café	1.43
1. Centro Poblado	3. Cultivos permanentes	3.2 Cultivos de clima templado	3.2.2 Banano	0.17
1. Centro Poblado	3. Cultivos permanentes	3.2 Cultivos de clima templado	3.2.6 Otros	2.42
1. Centro Poblado	4. Tierras de cultivo	4.1 Tierras de cultivo anual	4.1.1 Maíz	32.91
1. Centro Poblado	4. Tierras de cultivo	4.1 Tierras de cultivo anual	4.1.12 Asocio de maíz, frijol, ayote	28.58
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.1 Bosque de conífera	6.1.1 Denso	30.97
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.1 Bosque de conífera	6.1.2 Poco denso	27.74
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.1 Bosque de conífera	6.1.3 Disperso	6.61

Poblado	boscosas	conífera		
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.2 Bosque latifoliar	6.2.1 Denso	37.58
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.3 Mixto	6.3.1 Denso	469.02
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.3 Mixto	6.3.2 Poco denso	174.15
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.3 Mixto	6.3.3 Disperso	574.68
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.3 Mixto	6.7.2 Disperso	135.76
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.6 Matorral	6.6.1 Denso	73.51
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.7 Mixto	6.7.1 Sin cobertura	16.37
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.7 Otros	6.7.1 Sin cobertura	104.68
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.7 Otros	6.7.2 Disperso	381.58
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.7 Otros	6.7.3 Cultivos anuales	101.43
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.7 Otros	6.7.4 Remanentes de bosque	31.86
1. Centro Poblado	6. Tierras boscosas	6.7 Otros	6.7.5 Cultivos permanentes	26.74
1. Centro Poblado	9. Tierras improductivas	9.2 Lava o roca	9.2.2 Subreciente	0.39

Cuadro 16. Resumen a nivel exploratorio del uso de la tierra para el año 2011 de Santa Catarina Pinula

Agrupaciones a nivel exploratorio	Extensión en ha.	Porcentaje
Centros poblados	2937.06	56.53%
Cultivos permanentes	4.02	0.08%
Tierras de cultivo	61.49	1.18%
Tierras boscosas	2192.7	42.20%
Tierras improductivas	0.39	0.01%
Total	5195.66	100%

Como se muestra en el

Cuadro 16, el uso predominante de la tierra en el municipio es la vivienda (centros poblados). Desde el año 1,999 se han perdido 1,322.54 hectáreas de bosque, lo que supone una pérdida de 110.21 hectáreas por año, lo que se traduce en una tasa de 2.11% debido en mayor medida a desarrollo de proyectos de urbanización en el municipio que a lo largo del tiempo ha alcanzado una considerable plusvalía.

Es necesario considerar, que el 42% de esas tierras boscosas, posee fragmentación en su composición, tal y como lo muestran las categorías de uso que se muestran en el Cuadro 15 por lo que además del avance de la “frontera urbana” es necesario considerar que esas tierras boscosas poseen cierto grado de alteración; de esa cuenta, en la leyenda de uso de la tierra existen categorías como “remanentes”, “bosques dispersos” y “remanente disperso”.

Por lo anterior, se consideraron como zonas reforestables las categorías de uso de suelo que aparecen en el cuadros Cuadro 17.

2.11.6 Intensidad de uso de la tierra

La intensidad de uso de suelo, se define como uso adecuado, sobreutilizado y subutilizando realizando una comparación entre el mapa de uso y capacidad de uso de la tierra; si la unidad de mapeo corresponde a una categoría de uso más intensivo que la indicada por la capacidad de uso, se define como sobreutilizado, si es menor, subutilizado y si coincide con la indicada, se define como uso adecuado.

Como se muestra en la Figura 23, en cuanto a intensidad de uso de la tierra, existen 268.59 hectáreas que se encuentran sobreutilizadas (5.17%), 432.46 subutilizadas (8.32%), 2,106.61 (40.55%) hectáreas no consideradas ya que pertenecen a centros urbanos y 2,387.91 (45.96%) hectáreas con un uso adecuado.

Es de notar que existe un bajo porcentaje de la tierra que se encuentra sobreutilizada, algunas de éstas en la parte Sur-Centro del municipio que corresponden al área geográfica conocida como El Canchón, Finca Los Cipreses, San Vicente y Villa Herminia que son lugares a personas particulares debido a la propiedad privada de los caminos. Las fincas en mención han sido desmembradas con el tiempo para convertirse en complejos habitacionales.

En éstas áreas predominan cultivos anuales debido a que sostienen la alimentación de las granjas de ganado vacuno y en segundo lugar una agricultura de subsistencia para los obreros de la finca Los Cipreses (actualmente llamada Villa Buena Aventura).

En la parte Norte, existe una pequeña parte del terreno que se encuentra sobreutilizada debido al cultivo de café; finalmente en la parte Noroeste la sobreutilización se da principalmente a la utilización de tierras forestales, como tierras de cultivo, debido a un bajo porcentaje de las aldeas Piedra Parada Cristo Rey, San José El Manzano y Piedra Parada El Rosario aún se dedica a la agricultura de subsistencia en áreas marginales.

Existe otro porcentaje de la tierra que se encuentra subutilizado principalmente a que son tierras que carecen de cobertura, tienen pastos naturales o son áreas que presentan un tipo de sucesión ecológica; estas áreas corresponden en su mayoría a áreas relativamente planas en donde están realizando planificaciones para desarrollar proyectos habitacionales. Cabe mencionar que es aquí en donde se encuentra la frontera urbana entre el bosque y los complejos habitacionales.

Las áreas consideradas como adecuadamente utilizadas, predomina la cobertura boscosa en más de algún tipo, que si bien no es de las mejores, es necesario realizar intervenciones de manejo.

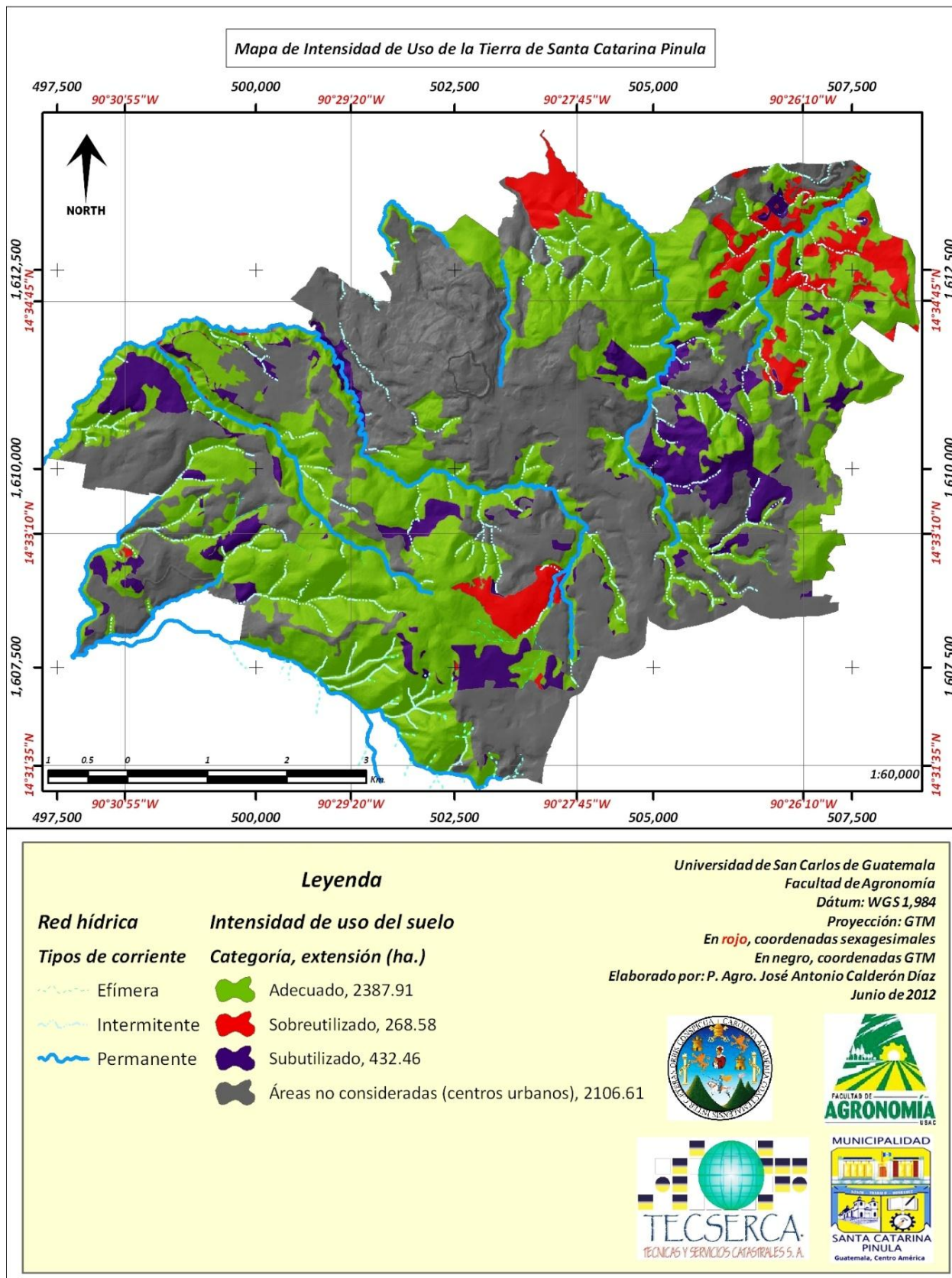


Figura 23. Mapa de intensidad de uso de la tierra de Santa Catarina Pinula

2.11.7 Unidades de mapeo (zonas “R”) consideradas dentro del estudio

Cuadro 17. Resumen de las categorías de uso de la tierra que pueden ser manejadas dentro de las zonas “R” de Santa Catarina Pinula

No	Resumen de uso de la tierra	Extensión en ha.	Categoría de manejo
1	Bosque de coníferas denso	30.97	Manejable
2	Bosque de coníferas poco denso	27.74	
3	Bosque latifoliado denso	37.58	
4	Bosque mixto denso	277.35	
5	Bosque mixto poco denso	365.82	
1	Centros poblados urbanos	2106.64	No reforestable
2	Hortalizas bajo invernadero	1.60	
3	Tierras improductivas: rocas	0.39	
1	Bosque de coníferas disperso	6.61	Reforestable
2	Bosque mixto disperso	1092.02	
3	Cultivos anuales	50.78	
4	Cultivos anuales: hortalizas de clima templado	2.44	
5	Cultivos anuales: maíz	131.89	
6	Cultivos anuales: maíz, frijol y ayote	28.58	
7	Frutales de clima templado: banano	0.17	
8	Frutales de clima templado: café	83.55	
9	Frutales de clima templado: deciduos	1.60	
10	Matorral denso	74.22	
11	Matorral disperso	6.17	
12	Remanente bosque de coníferas denso	181.59	
13	Remanente bosque de coníferas disperso	159.77	

14	Remanente bosque de coníferas ralo	1.73	
15	Remanente bosque mixto denso	7.41	
16	Remanente bosque mixto disperso	5.21	
17	Sin cobertura	121.05	
18	Superficies de escasa vegetación	392.76	
	Total	5195.65	

Categorías de uso de la tierra “Manejable”: se consideran dentro del estudio como manejables debido a que es posible desarrollar planes de manejo de bosque con la finalidad de mantenerlas como bosques de protección para las fuentes hídricas del municipio.

Categorías de uso de la tierra “No reforestable”: se categorizan como no reforestables, debido a que no se consideran como áreas de estudio con base en los lineamientos de Castellanos *etal* (2003) en la metodología para identificar las áreas Kioto de Guatemala, ya que “a priori presentan potencial de reforestación cero”. No es viable eliminar casas y carreteras para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes.

Categorías de uso de la tierra “reforestable”: aquí se incluyen categorías como: cultivos anuales, frutales, matorrales y remanentes de alguna forma de bosque. Se incluyen estas categorías para obtener un panorama holístico de las características de áreas con bajo y alto potencial de reforestación, como es el caso de unidades de mapeo que poseen cultivos anuales y se encuentran situadas en localidades con baja densidad poblacional y altos ingresos per cápita en el área geográfica conocida como El Canchón en el parte Nororiente del municipio. En lo referente a los remanentes de bosque, fueron incluidos debido a que por las características de avanzada edad, baja productividad y baja densidad, es factible eliminar los árboles remanentes y el establecimiento de nuevos árboles pudiera tener un alto grado de aceptación.

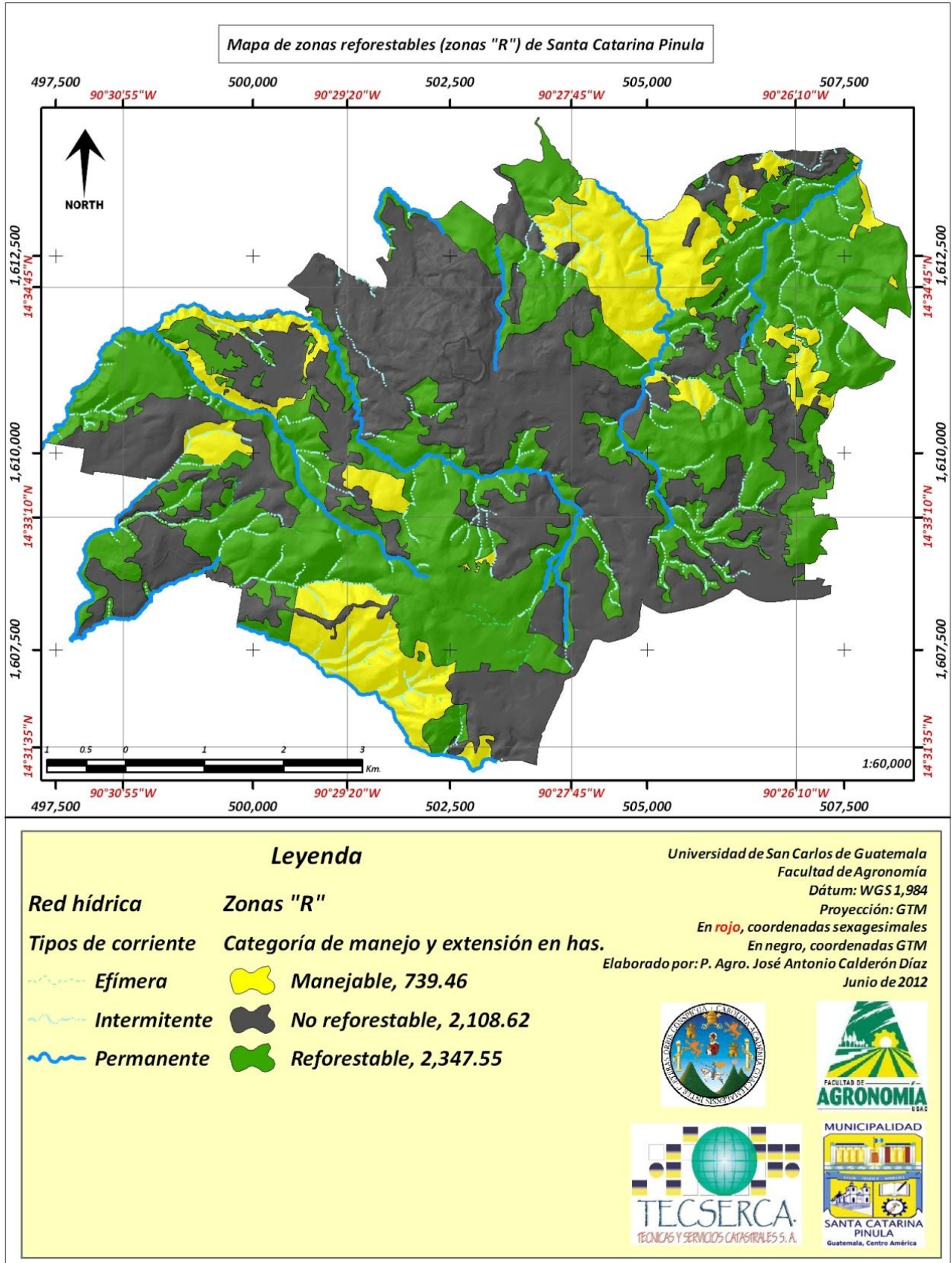


Figura 24. Mapa de zonas reforestables (zonas "R") de Santa Catarina Pinula

2.11.8 Categorías de uso de la tierra generalizadas de las zonas categorizadas como “reforestables”

El estudio pretende ponderar las categorías de manejo consideradas como reforestables en el municipio de Santa Catarina Pinula que corresponden al 45% de la extensión del mismo. Dichas áreas, están compuestas en gran medida por superficies que poseen cobertura boscosa que ha sido degradada a tal punto en que se cuenta como dispersa y/o remanente (bosque relicto). Se adoptaron estas categorías de manejo dentro de la categoría de reforestable ya que por sí solas, ya no son capaces de autoregenerarse para desarrollar una masa boscosa productiva.

Lo anterior se debe a que son áreas con baja densidad de árboles y la edad de los mismos es ya bastante avanzada, por lo cual la tasa de regeneración es casi nula y aunado a las intervenciones humanas, no es posible su sostenibilidad.

El 41% de la superficie del municipio corresponde a la categoría no reforestable, en esta se cuentan básicamente los proyectos habitacionales e infraestructura y una fracción mínima de tierras improductivas que surgió producto de la erosión hídrica. Solamente el 14% del territorio posee algún tipo de cobertura boscosa que sobrevive sin intervenciones o disturbaciones de algún tipo en el que se hace necesario el recomendar que sean inventariadas para el desarrollo de los respectivos planes de manejo.

Posterior a la delimitación de las zonas “R” se realizó una generalización de uso de la tierra (año 2011) para las zonas reforestables, realizando agrupaciones de uso de la siguiente manera:

- Todos los tipos de bosque disperso y también bosque relicto.
- Todos los tipos de cultivos anuales
- Todos los tipos de cultivos permanentes
- Todos los tipos de matorrales
- Superficies de escasa vegetación/sin cobertura

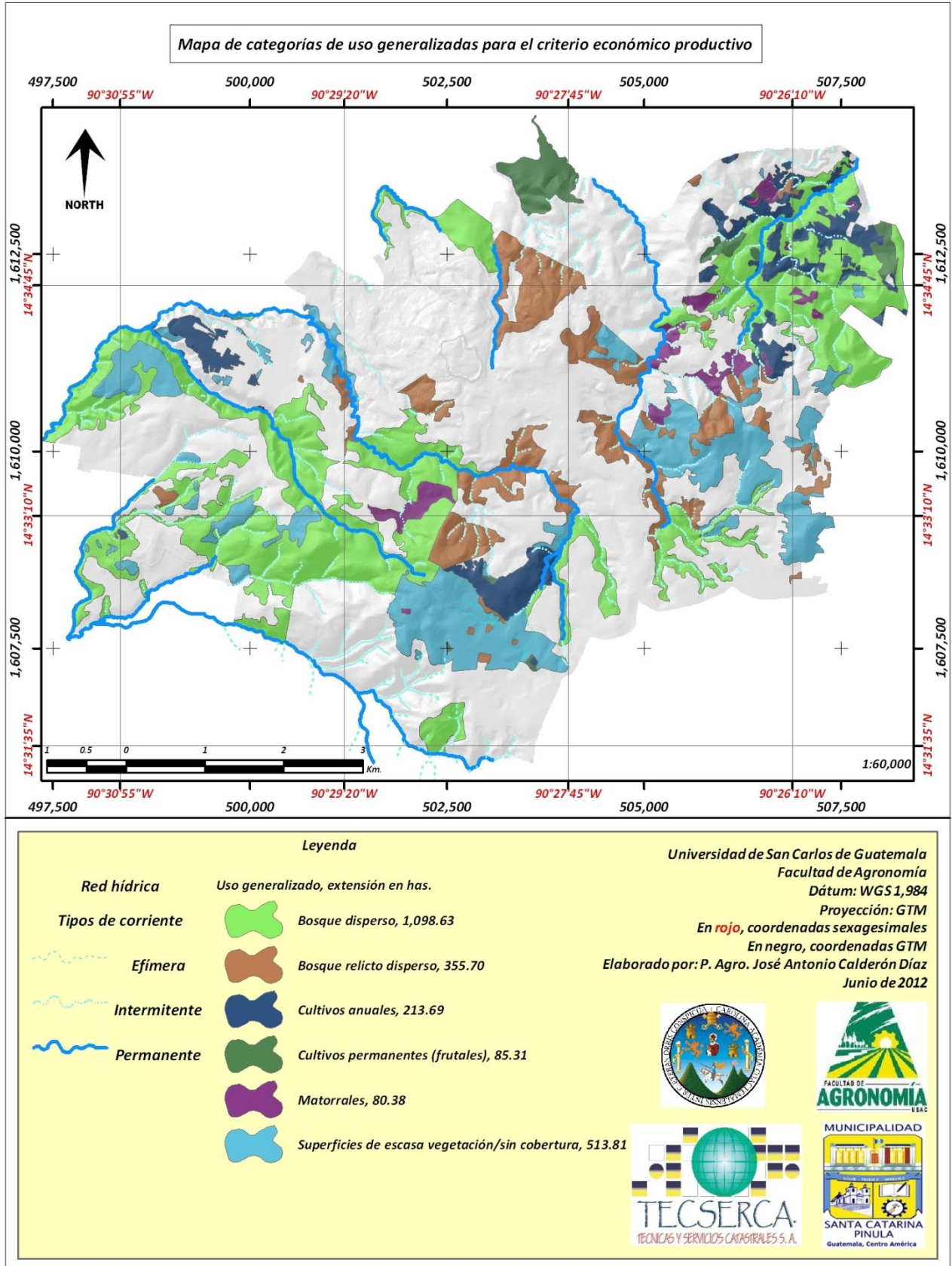


Figura 25. Mapa de categorías de uso generalizadas para el criterio socioeconómico

De esta manera, permite realizar un análisis más sencillo e integral de las unidades de manejo, haciendo coincidir los usos de la tierra generalizados con los criterios adoptados con base en la consulta a expertos y generalizando polígonos menores a nueve hectáreas de extensión (correspondiente a la unidad mínima de mapeo a la escala de publicación) a los polígonos más próximos.

2.11.9 Recopilación de criterios de valoración

2.11.9.1 Consulta a expertos

Se elaboró una encuesta para la recopilación de criterios de valoración en donde se consultaron a expertos de diversas ramas. Las especialidades de los colaboradores se presentan a continuación:

Cuadro 18. Listado las especialidades de los expertos consultados para la recopilación de criterios de valoración

No.	Especialidad
1	Hidrología y manejo de cuencas
2	Ecología de la Conservación y Ciencias Sociales
3	Edafología y Planificación Ambiental
4	Manejo Forestal y SIG
5	Recursos Naturales
6	Áreas protegidas y SIG
7	Hidrología y calidad de agua
9	Manejo Forestal y Silvicultura
10	Hidrología y manejo de cuencas
11	Economía
12	Economía de los Recursos Naturales Renovables

Los resultados se compilaron para obtener un promedio para cada uno de los criterios de valoración de los factores y componentes.

Posterior a lo contenido en la Figura 25, se intersecaron dichas zonas con el mapa de densidad poblacional por área geográfica del municipio, para así obtener un mosaico de las zonas reforestables por capacidad de uso, por cada área geográfica.

2.11.9.2 Criterios biofísicos estudiados

Para el efecto del estudio, se trabajó con base en los siguientes criterios biofísicos:

Capacidad de uso de la tierra: basado en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo. Para este factor, se obtuvo un promedio de los datos aportados por la consulta a expertos. Las capacidades de uso reportadas para el municipio de Santa Catarina Pinula fueron Fp, F/Fp, F, Ss/Ap y Aa; debido a los proceso de mapeo y generalización de áreas en función de la escala de publicación y la unidad mínima de mapeo, en la intersección de información biofísica, económico productiva y socioeconómica, las categoría Ss/Ap y F fueron anexadas a la categoría F/Fp. La forma de calificación es la siguiente:

- | | |
|--|------|
| - Fp, Tierras forestales de protección | 100% |
| - F/Fp, Tierras forestales de protección y/o para producción | 75% |
| - Aa, Agricultura con cultivos anuales | 25% |

Se calificará con un valor de 100%, la categoría que tienda más hacia la conservación y la categoría más baja, con 25%; esto debido a que la finalidad del estudio es el mapeo de áreas en donde sea posible establecer plantaciones forestales y/o cultivos permanentes.

Tierras forestales de regulación y captación hidrológica: basado en el principio de que es necesario la identificación de áreas de recarga hídrica natural, que sirvan de base para la determinación de tierras forestales, como elemento crítico en la regulación del ciclo hidrológico y áreas críticas de recarga hídrica, para su posterior manejo forestal. (Pineda C, PA. 2005)

Se decidió tomar en cuenta este componente dentro del factor biofísico, debido a que el municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra teniendo problemas en cuanto al abastecimiento de agua para consumo humano proveniente de pozos mecánicos distribuidos

en las cinco cuencas del municipio, ya que algunos han tenido que clausurarse debido al descenso del nivel de la capa freática. Se calificará el potencial de la siguiente forma:

- TF de Muy Alta regulación y captación hidrológica 100%
- TF de Alta regulación y captación hidrológica 75%
- TF de Moderada regulación y captación hidrológica 50%
- TF de Baja regulación y captación hidrológica 25%
- Áreas no consideradas 0%

El valor promedio obtenido en la consulta a expertos del componente biofísico es de 37 puntos, mismo que se utilizará en la matriz de valoración. El 55% de la ponderación de esos 37 puntos estará dado por la calificación del potencial de las tierras forestales de regulación y captación hidrológicas y el 45 restante por la capacidad de uso de la tierra.

2.11.9.3 Criterio económico productivo

Este criterio se encuentra dado por el uso que se le encuentre dando a una unidad de tierra para el año 2011, con base en la generalización descrita en el mapa de uso de la tierra descrito anteriormente, se calificará de la siguiente forma:

- Todos los tipos de bosque disperso 15%
- Todos los tipos de bosque relictos 30%
- Todos los tipos de cultivos anuales 45%
- Todos los tipos de cultivos permanentes 60%
- Todos los tipos de matorrales 75%
- Superficies de escasa vegetación/sin cobertura 100%

Las asignaciones de los valores, se ponderaron de acuerdo al promedio de las calificaciones obtenidas en la consulta a expertos. El valor promedio obtenido en la consulta a expertos del componente biofísico es de 28 puntos, mismo que se utilizará en la matriz de valoración.

2.11.9.4 Criterio socioeconómico

Para la evaluación del criterio socioeconómico, se trabajaron los siguientes componentes:

Densidad poblacional (aportará el 55% de la calificación): dada en cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado; se trabajó con base en las áreas geográficas en las que se encuentra establecida la división político-administrativa del municipio. Para la categorización de las densidades, se trabajó con base al censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística del año 2002 y realizando una proyección según la tasa de crecimiento reportada para el municipio. Posteriormente se agruparon los datos dentro de la base de datos de las áreas geográficas para su posterior intersección con la información biofísica. La ponderación se realizó utilizando intervalos calculados por el método estadístico determinando cinco rangos para su calificación, de la siguiente forma:

- 80 – 255 hab/Km ²	100%
- 256 – 578 hab/km ²	80%
- 579 – 1192 hab/km ²	60%
- 1193 – 2417 hab/km ²	40%
- 2418 – 4249 hab/km ²	20%

El componente anterior trabaja bajo el supuesto que cuando existe una mayor densidad poblacional, existe mayor presión sobre los recursos que ahí existen.

Nivel de ingresos per cápita (aportará el 45% de la calificación): dado el grado de confidencialidad que este tipo de información presenta, se tuvo acceso a la base de datos cualitativa del censo del año 2005 que realizó la municipalidad de Santa Catarina Pinula en donde según las áreas geográficas del municipio, se realizó una clasificación en las categorías de bajo, medio y alto nivel de ingresos económicos. Los valores según el nivel serán 33%, 66% y 100% respectivamente. Dicho componente trabaja bajo el supuesto que cuando el individuo posee altos ingresos económicos, no dependerá del uso inmediato y/o aprovechamiento de los recursos maderables locales (para este caso).

El componente socioeconómico tendrá una ponderación de 37 puntos. Únicamente se ponderarán los componentes anteriormente mencionados; los componentes que se listan a continuación no fueron tomados en cuenta, debido a las razones descritas:

Tenencia de la tierra: el municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra próximo a ser declarado como municipio 100% catastrado, (en el año 2010, se encontraba el 78% del territorio cubierto por el registro catastral, tanto en materia legal como en el área de la geomática) por lo que la identificación de los propietarios y/o arrendatarios de los inmuebles que sean susceptibles de reforestación no representan inconveniente alguno. Sin embargo es un componente a considerar en la fase de implementación de los proyectos de sensibilización y reforestación.

Analfabetismo: el municipio de Santa Catarina Pinula fue declarado libre de analfabetismo en diciembre del año 2010 por lo que no es un factor determinante como causa de la deforestación y/o aceptación de los proyectos de reforestación que pudieran desarrollarse a partir del presente estudio.

2.11.10 Ponderación de los criterios

Habiendo determinado los promedios para cada uno de los factores y componentes, se procesó la información en una hoja electrónica utilizando la siguiente ecuación:

$$POT = (CCUT\% \times 20.35) + (CTFRFCH \times 16.65) + (CUSO \times 28) + (CD \times 19.25) + (CI \times 15.75)$$

Donde:

- POT = Potencial de reforestación, con un valor mínimo de 0 y máximo de 100%.
- CCUT = Calificación de la capacidad de uso de la tierra.
- CTFRCH = Calificación de las tierras forestales de regulación y captación hidrológica.
- CUSO = Calificación del uso de la tierra del año 2011.
- CD = Calificación de la densidad poblacional al año 2011.
- CI = Calificación del nivel de ingresos de la población.

2.11.11 Potencial de las zonas reforestables de Santa Catarina Pinula

Habiendo aplicado cada uno de los factores a los componentes, se obtuvo un total de 153 polígonos, a los cuales, se les aplicó la ecuación anteriormente descrita. Posteriormente, se eliminaron por proximidad todos aquellos polígonos que tuviesen una extensión menor a nueve hectáreas, que es la extensión mínima que corresponde a la unidad mínima de mapeo a la escala de publicación de la información (1:60,000).

De esta forma, se obtuvieron 79 polígonos con valores de calificación entre 22.18% y 94.91%; para simplificar la interpretación, se establecieron cinco rangos de potencial de reforestación mediante el método estadístico, para así clasificarlos en muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo potencial de reforestación. Finalmente se generalizaron las áreas en función de los rangos cualitativos y se obtuvo el siguiente cuadro de resumen.

Cuadro 19. Resumen del potencial de reforestación para Santa Catarina Pinula

No.	Potencial de reforestación	Extensión (ha.)
1	Muy Alto	229.15
2	Alto	576.75
3	Medio	676.39
4	Bajo	699.23
5	Muy Bajo	165.98
Total		2347.5

Finalmente, habiendo hecho el análisis de la información, se puede tomar como decisión el concentrar los esfuerzos para el establecimiento de plantaciones forestales, aquellas mapeadas con potencial “Muy Alto” a “Alto” que representa un 34% de las zonas reforestables, es decir 805.90 hectáreas. El potencial “Medio” se recomienda para el establecimiento de cultivos permanentes según sea el interés de los propietarios o las políticas municipales del municipio (que representan 676.75 ha.). Las superficies restantes calificadas como “Bajo” y “Muy Bajo” (que representan 865.21 ha.) no se recomienda realizar intentos para el establecimiento de algún tipo de cobertura bajo manejo, debido a que las condiciones biofísicas, socioeconómicas y económico-productivas son desfavorables.

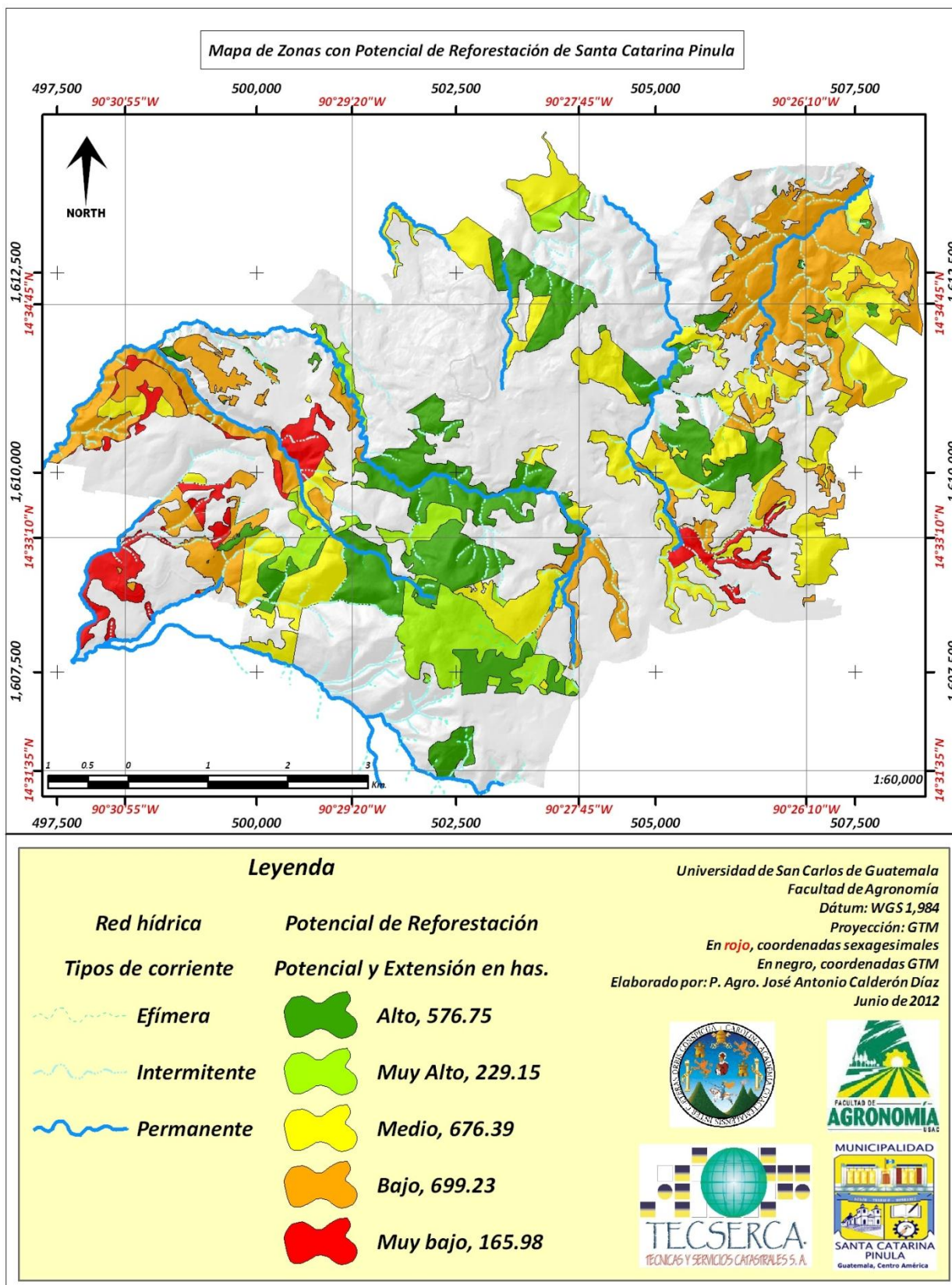


Figura 26. Mapa de zonas con potencial de reforestación de Santa Catarina Pinula

2.12 Conclusiones

- Con base en la Metodología de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso del INAB desarrollada, se determinó que el 83.56% del territorio posee vocación forestal distribuido en los siguientes usos: Tierras Forestales de Protección y Tierras Forestales de Producción. Un 7.11% tiene potencial para su utilización en sistemas silvopastoriles y/o Agroforestería con cultivos permanentes; finalmente un 9.32% de la superficie, tiene potencial para el desarrollo de Agricultura con Cultivos Anuales; un 5.17% se encuentra sobre utilizado, 8.32% subutilizado, 45.96% posee un uso adecuado y un 40.55% del territorio se excluye del análisis debido a que pertenece a áreas urbanas según el mapa de uso del suelo del año 2011.

- El municipio de Santa Catarina Pinula, posee una superficie de 51.95 kilómetros cuadrados, de los cuales 23.47 se consideran como áreas con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales o cultivos permanentes; 21.08 Km² se consideran como no reforestables y 7.39 consideradas como áreas susceptibles para el desarrollo e implementación de planes de manejo forestal debido a las características de la masa boscosa; Con la finalidad de realizar un análisis holístico de las zonas reforestables, se incluyeron las categorías de uso general: Bosque disperso, bosque relicto disperso, cultivos anuales, cultivos permanentes, matorrales y superficies de escasa vegetación/sin cobertura.

- Se establecieron tres criterios generales para determinar potencial de reforestación. El biofísico que se encuentra dado por los siguientes componentes: la capacidad de uso de la tierra y el potencial que posea como Tierras Forestales de Regulación y Captación hidrológica; el criterio económico productivo, dado por el uso de la tierra para el año 2011; finalmente el criterio socioeconómico dado por los siguientes componentes: nivel de ingresos y densidad poblacional en habitantes/kilómetro cuadrado.

- Se desarrolló una matriz de ponderación de factores y componentes, que pudo ser extrapolada y generalizada para las unidades de mapeo; estableciendo cinco categorías de potencial de reforestación. Las dos categorías mejor ponderadas (Muy Alto y Alto) representando un total de 805.90 hectáreas; la categoría "Medio" (676.39 ha.) se recomienda para el establecimiento de cultivos permanentes; finalmente la categoría "Bajo" a "Muy Bajo" (699.23 y 165.98 ha.) se recomienda no realizar esfuerzos de reforestación hasta no contar con un proyecto de sensibilización desarrollado y ejecutado.

2.13 Recomendaciones

- Se recomienda tomar los resultados del presente estudio, como elementos a considerar en un plan de ordenamiento territorial con la finalidad de promover la cobertura boscosa para aumentar la cantidad y calidad de agua que se utiliza en el municipio para consumo humano, sobre todo en la micro cuenca del río Las Minas que surte a la cabecera municipal (zonas 1 y 2), aldeas El Carmen, Cuchilla del Carmen y Salvadora I; Río Pinula que abastece agua mediante un pozo al rastro municipal, cabecera municipal (zonas 1 y 2) y aldea El Pueblito; Río Monjitas que abastece mediante pozos a Puerta Parada Cristo Rey, Laguna Bermeja, El Pajón y Río Los Ocotes a Piedra Parada Cristo Rey, ya que de los 23 pozos que ha perforado y equipado la municipalidad, debido al descenso del nivel freático, ya no se encuentran en operación, lo anterior sin contar los pozos privados ya que no se tiene registro de los mismos.

- Se recomienda elaborar y desarrollar un proyecto de sensibilización para que en las áreas mapeadas con calificación bajo y muy bajo potencial de reforestación, puedan desarrollarse proyectos que permitan aumentar la cobertura vegetal con cultivos permanentes en el peor de los casos, siempre y cuando no interfiera con áreas en donde la agricultura de subsistencia interfiera.

- Para las áreas mapeadas como potencial medio, alto y muy alto se recomienda iniciar un acercamiento con la población circundante para informarles sobre la iniciativa del estudio realizado, la importancia de la cobertura vegetal, la protección de las zonas de recarga e iniciar diálogos para iniciar la cooperación entre la municipalidad y los vecinos a fin de establecer algún tipo de cobertura.

2.14 Bibliografía

1. Castellanos, E; Martínez, C; Roldán, M. 2003. Guatemala frente al cambio climático: metodología para identificar las áreas Kioto de Guatemala. Guatemala, FAO. 52 p.
2. Concejo Municipal, Municipalidad de Santa Catarina Pinula, GT. 2000a. Manual de normas y procedimientos. Santa Catarina Pinula, Guatemala, Municipalidad de Santa Catarina Pinula. 544 p.
3. _____. 2000b. Manual de organización municipal. Santa Catarina Pinula, Guatemala, Municipalidad de Santa Catarina Pinula. 318 p.
4. Congreso de la República de Guatemala, GT. 1989. Ley de áreas protegidas, decreto 4-89. Guatemala. 16 p.
5. _____. 1993. Constitución política de la república de Guatemala. Guatemala. 76 p.
6. _____. 1996. Ley forestal, decreto 4-83. Guatemala. 36 p.
7. _____. 2002. Código municipal, decreto 12-2002. Guatemala. 46 p.
8. FAO, IT. 2006. Informe de políticas: seguridad alimentaria. Roma, Italia. 4 p.
9. GLASOD (Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation, UK). 1990. Severidad de erosión del suelo inducida por el hombre. Reino Unido. Esc. 1:10,000,000. Color.
10. Helfrich, S. 2008. Genes, bytes y emisiones: bienes comunes y ciudadanía. México, Fundación Heinrich Böll, Oficina Regional para Centro América, México y Cuba. 338 p.
11. IARNA (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, GT). 2006. Perfil ambiental de Guatemala: tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Asociación del Instituto de Incidencia Ambiental. Guatemala. 252 p.
12. _____. 2003. Estado actual de los bosques en Guatemala. Guatemala. 68 p.
13. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1999. Diccionario geográfico de la república de Guatemala. Guatemala. 4 tomos.
14. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2005. Clasificación de tierra por capacidad de uso: aplicación de una metodología para tierras de la república de Guatemala. Guatemala. 96 p.
15. _____. 2012. Curso de elaboración de estudios de capacidad de uso de la tierra. Guatemala. 15 p.

16. Manzo, D. 2008. Reconocimiento hidrogeológico para la determinación de zonas de recarga hídrica en la subcuenca del río Pinula, jurisdicción de Santa Catarina Pinula, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 138 p.
17. Pineda C, PA. 2005. Validación de la metodología para la para la delimitación de tierras forestales de captación y regulación hídrica y la elaboración y primer vaciado de información de una base de datos de tierras forestales de captación y regulación hídrica. Guatemala, INAB. 105 p.
18. Porres, JA. 2005. El municipio de Santa Catarina Pinula: actualidad y recursos de la municipalidad de Santa Catarina Pinula. Guatemala, Municipalidad de Santa Catarina Pinula. 50 p.
19. Sánchez, MA; Fernández, AA; Illera, P. 2008. Los sistemas de información geográfica en la gestión forestal. España, Universidad de León, Asociación Española de Teledetección (AET). 150 p.
20. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p.
- Tobías, HA. 2006. Guía para la descripción de suelos. 2 ed. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 29 p.
21. USDA, US. 2002. Manual de reforestación para América tropical. Ed. BL Ruiz. Puerto Rico. 221 p.
22. _____. 2007. Technical guide to managing ground water resources. US, United States Forest Service / United States Geological Service. 295 p.
23. Valiente, R. 2009. Trabajo de graduación realizado en el municipio Granados, Baja Verapaz, y en la Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral de Cuencas Hidrográficas, Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 305 p.

3 Capítulo III

Informe final de Servicios Profesionales realizados en la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Guatemala, Guatemala, C.A. con énfasis en las competencias de la Administración Municipal de la Unidad de Gestión Ambiental, (UGAM)

3.1 Antecedentes

Al realizar la fase diagnóstica se tiene un punto de partida para la realización del proyecto de investigación desarrollado en el Capítulo II. El problema central o de mayor relevancia suele palearse mediante la ejecución de dicho proyecto; el resto de actividades se programan para la realización de servicios profesionales durante el desarrollo del EPS.

Para esta última fase del EPS se planteó realizar seis servicios profesionales abarcando la tendencia de la gestión de los recursos naturales del municipio.

3.2 Objetivos

3.2.1 General

- Realizar actividades tendientes a la gestión de los recursos naturales renovables del municipio de Santa Catarina Pinula.

3.2.2 Específicos

- Realizar una delimitación y caracterización de la cuenca urbana, Río Contreras, unidad de manejo El Sauce a nivel de detalle.
- Proponer mejoras en el formato de la licencia municipal de tala de árboles.
- Realizar una evaluación de daños en incidentes de talas ilegales en diferentes ámbitos.
- Reinstalar, producir plantas y capacitar al personal del vivero municipal El Huisital.
- Desarrollar tres proyectos de mejora de los recursos naturales renovables con estudiantes de diversificado.
- Elaborar el Plan Operativo Anual 2012 de la UGAM.

3.3 Resultados de los Proyectos de los Servicios Ejecutados

3.3.1 Caracterización la Unidad de Manejo Río El Sauce, Cuenca urbana del Río Contreras

3.3.1.1 Antecedentes

La UGAM forma parte de la Dirección Municipal de Planificación, una de sus funciones es brindar apoyo a la planificación de obras en materia de gestión ambiental; también atiende casos de contaminación de fuentes hídricas. En este caso, a solicitud de la “Asociación para la Recuperación Integral de la Microcuenca del Río Negro y Río Contreras”, ARICNECO se atiende el caso de contaminación hídrica debido a la incorporación de aguas grises y negras en el cuerpo receptor, falta de funcionamiento e inexistencia de plantantas de tratamiento de aguas negras en la unidad de manejo Río El Sauce, microcuenca del río Contreras.

3.3.1.2 Objetivos

3.3.1.2.1 General

- Realizar un levantamiento de información cartográfica que sirva para determinar el estado actual de la unidad de manejo Río El Sauce, Cuenca del Río Contreras.

3.3.1.2.2 Específicos

- Delimitar la unidad de manejo Río El Sauce, cuenca urbana del Río Contreras.
- Realizar un levantamiento de las redes de drenaje natural, colectores, aguas negras y agua potable.
- Realizar un balance hídrico de la unidad de manejo con la finalidad de determinar la recarga potencial al acuífero.

3.3.1.3 Metodología

3.3.1.4 Fase de gabinete

Delimitación de la cuenca y unidad de manejo: se utilizó un modelo de elevación digital con curvas a cada 5 metros en conjunto con información provista por las hojas cartográficas y ortofotos que abarcan el área de estudio. Habiendo obtenido una delimitación preliminar, se realizó un afinamiento de la misma utilizando fotografías aéreas pancromáticas a escala 1:1,000 en un estereoscopio de espejos para luego georeferenciar imágenes en ArcGis 9.3. Finalmente se rectificó una vez más la delimitación para la unidad El Sauce mediante un caminamiento referenciando los límites con un receptor navegador GPSMap 62s (Garmin®) con un margen de error de +/- 2 metros.

Recopilación de información previa: se consultó en la base de datos de inmuebles y complejos residenciales de la municipalidad, qué proyectos habitacionales se han ejecutado bajo licencia que se encuentran dentro de la unidad de manejo. Habiendo obtenido los números de licencia, se consultó el archivo para tener acceso a los estudios de impacto ambiental en donde aparecen los planos constructivos y de diseño de redes de drenajes y agua potable de cada proyecto.

Georeferenciación de planos: de algunos proyectos, obtuvieron los planos constructivos y de tuberías de aguas negras, pluviales y agua potable, los cuales fueron digitalizados utilizando un scanner de barrido. En los casos en donde los planos se encontraban en formatos más grandes que la capacidad del scanner (A3, A2, A1 y A0) se obtuvieron los archivos digitales en formato *.dwg o bien, se redibujaron utilizando el programa AutoCad para luego ser georeferenciados. La asignación de la referencia geográfica se realizó utilizando el programa AutoCAD Land Desktop Companion 2008 y comandos específicos en el programa ArcGis 9.3

3.3.1.5 Fase de campo

Pruebas de infiltración: se realizaron dos pruebas de infiltración siguiendo la metodología de Porchet.

Redes de drenaje: debido a que existe infraestructura antigua que carece de planos constructivos e infraestructura que se construyó a través del Ministerio de Comunicaciones, se realizó un caminamiento para georeferenciar cunetas, transversales y colectores de aguas pluviales y aguas negras utilizando un receptor navegador GPS.

3.3.1.6 Resultados

3.3.1.7 Características generales de la cuenca

El municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra dividido en cinco microcuencas: Río Contreras, Río Las Minas, Río Los Ocotes, Río Monjitas y Río Pinula; para efectos de análisis y administración de cuencas de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal, cada una de las microcuencas, se subdividió en unidades de manejo. La misma, es parte de la Vertiente del Caribe, desemboca en el Río Las Vacas y que a su vez, desemboca en el Río Motagua

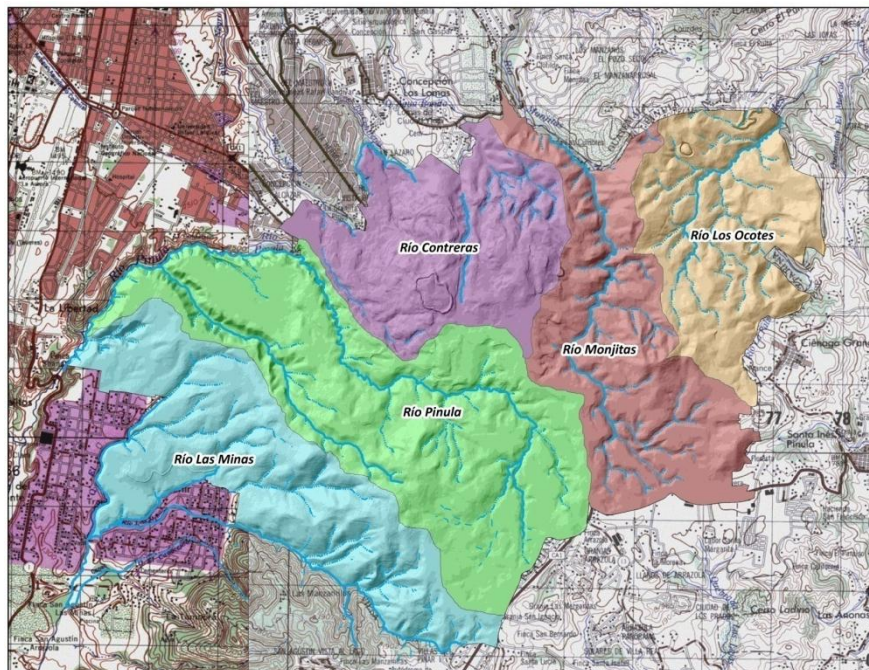


Figura 27. Delimitación de las microcuencas del municipio de Santa Catarina Pinula

El Río Contreras fue dividido en tres unidades de manejo utilizando como criterio, los tres ramales en los que se divide el mismo. Las tres unidades de manejo son: “Quebrada Agua Bonita”, “Río Negro” y “Río El Sauce”. Actualmente el área en donde se encuentra ha adquirido una plusvalía considerable, ya que los precios de la vara cuadrada (0.98 x 0.98 metros) sin construir rondan los precios de 90 a 150 USD.

La cuenca se ubica desde el kilómetro 6.5 al 9.0 de la antigua carretera a El Salvador, iniciando en la antigua finca El Pilar, pasando por el área geográfica conocida como El Cambray, Aldea Nueva Concepción, Finca San Rafael, Granja El Socorro, Finca Los Tilos, finalizando 400 metros antes del cruce a Muxbal. La cuenca se destaca por la proliferación de complejos habitacionales.

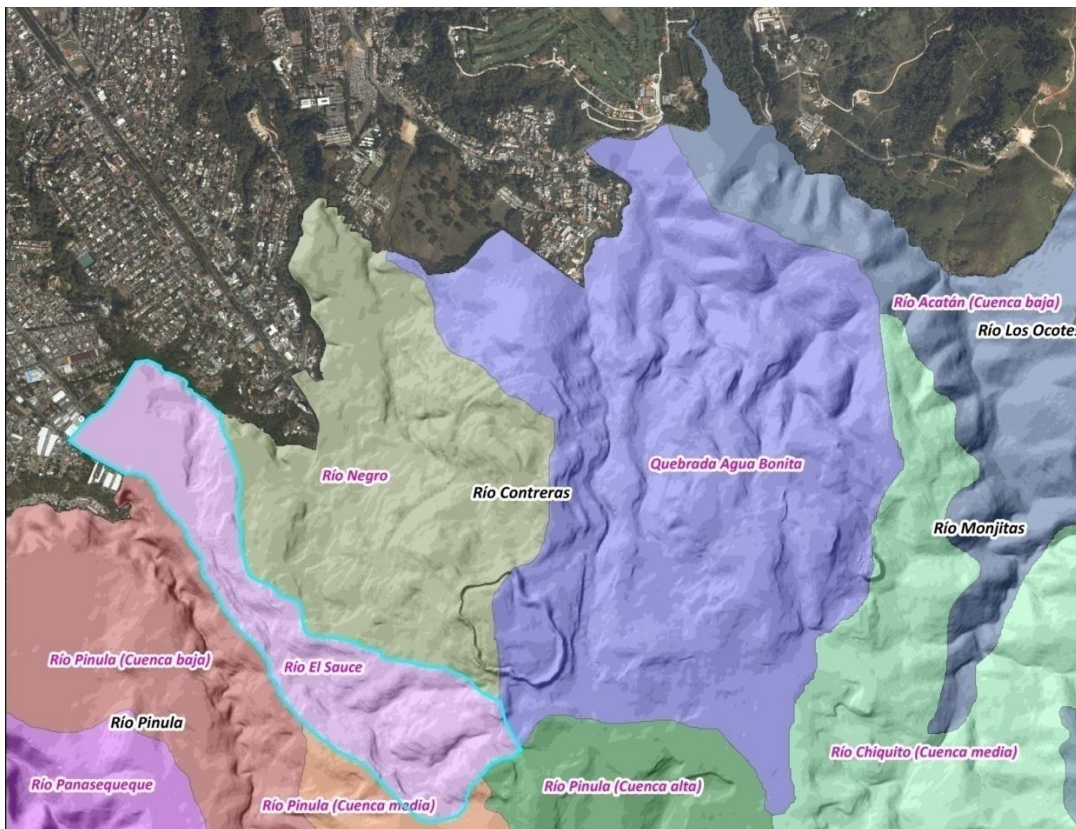


Figura 28. Unidades de manejo de la microcuenca del Río Contreras

Se realizó una delimitación de la misma, empleando fotografías aéreas tipo pancromáticas (Escala 1:1,000³) con una verificación de campo (debido al tamaño de la misma) obteniendo una extensión de 126.27 hectáreas; Posteriormente, se digitalizaron las distintas placas marcadas en acetatos para georeferenciarlas en una ortofoto. Finalmente se compararon con la delimitación realizada usando el modelo de elevación digital que se muestra en la Figura 28 y se realizó un ajuste para unificar la delimitación uniendo los criterios practicados.

La cuenca posee una población estimada al año 2012 de 613 habitantes, lo que deriva en una densidad de 4.85 habitantes/hectárea 485 habitantes/Km²; comparado contra la densidad prevaleciente en el municipio de Guatemala (1,410 hab/km²), es una densidad baja, es bastante parecida a del departamento de Totonicapán (416 hab/km²)

La red hídrica natural es bastante pobre, debido a que los afluentes han sido canalizados para ser utilizados como drenajes de aguas grises, negras y pluviales estos existen como tuberías cerradas hasta su desembocadura. Existen serios problemas de contaminación debido a la falta de control en la construcción privada y la falta de mantenimiento a las redes municipales de aguas negras, pluviales y planta de tratamiento en la aldea Nueva Concepción que es el único lugar en donde existe red municipal.

³ Se utilizó esta escala de fotografía, debido a que fue la que se encontró disponible en la municipalidad de Santa Catarina Pinula derivado de los trabajos catastrales en el municipio.

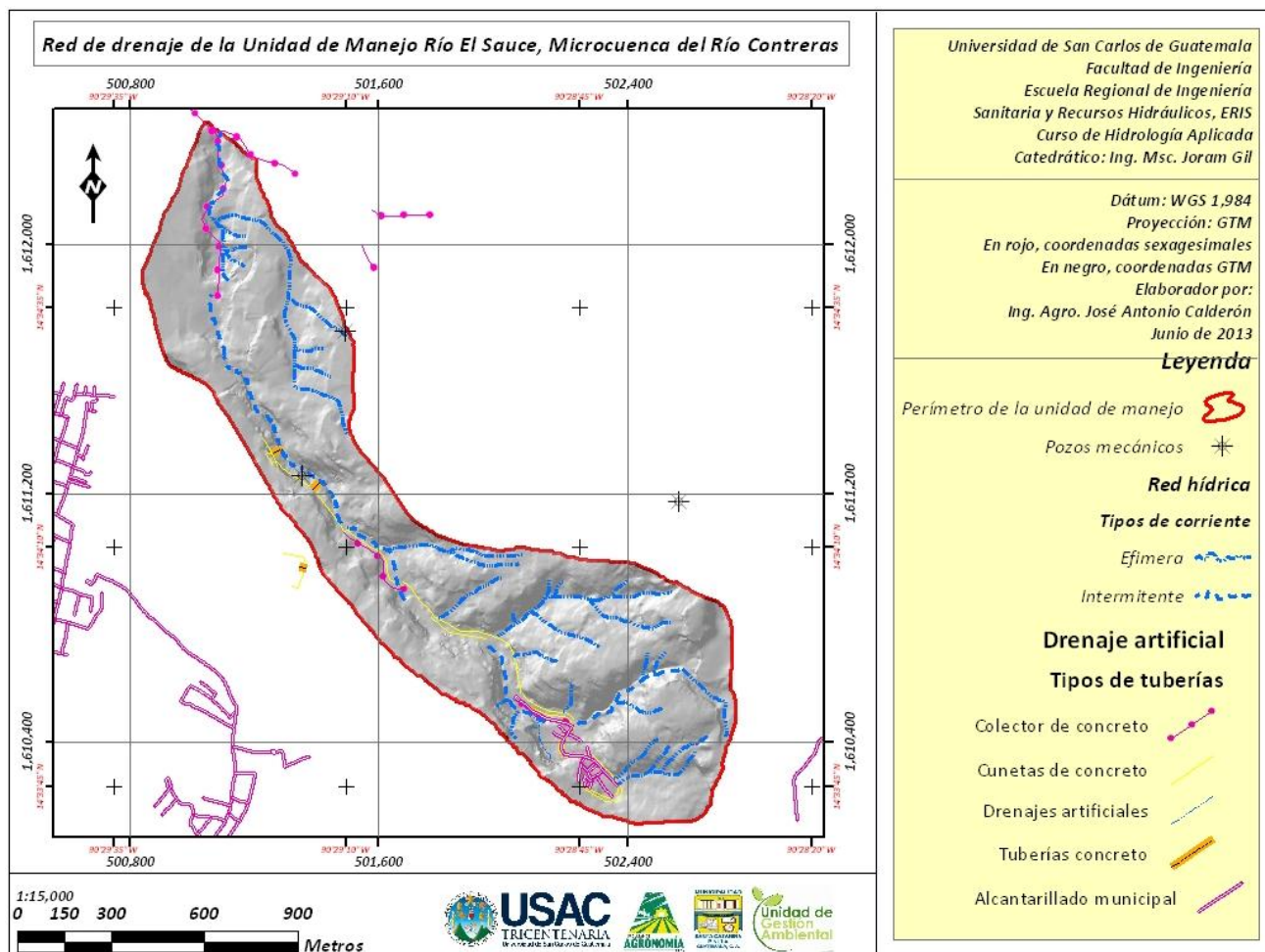


Figura 29. Red de drenaje de la Unidad de Manejo “Río El Sauce”, Microcuenca “Río Contreras”

3.3.1.8 Balance hídrico

- **Infraestructura, desarrollo urbano y cobertura:**

En la cuenca existe un total de 17 complejos habitacionales incluyendo las aldeas, se realizó una delimitación de usos de la tierra con fines de recarga hídrica estableciendo cinco categorías tomando como base las ortofotos del año 2006 y realizando una comparación contra imágenes satelitales provistas por el software Google Eath.

Cuadro 20. Complejos habitacionales que se encuentran dentro de la unidad de manejo

No.	Nombre del complejo
1	Aldea Puerta Parada
2	Residencial Las Delicias
3	Residencial Finisterre
4	Condominio El Varadero
5	Condominio Mansiones Alta Vista
6	Residencial San Rafael los Geranios
7	Residencial Alto Valle
8	Condominio Villas del Prado
9	Residencial Lomas del Bosque
10	Residencial Los Eucaliptos
11	Residencial San Rafael II
12	Residencial El Prado
13	Aldea Nueva Concepción
14	Aldea Puerta Parada
15	Finca El Socorro
16	Aldea Puerta Parada
17	Residencial El Prado

- **Bosque cerrado:** definido por remanentes de bosque con alta densidad de árboles
- **Bosque ralo:** definido por remanentes de bosque con pocos árboles
- Superficies de escasa vegetación: definido por áreas desprovistas de cobertura, principalmente terrenos baldíos.
- **Techos abiertos:** definido por complejos habitacionales en donde alrededor del 50% de los predios presentan obras grises.
- **Techos cerrados:** definido por complejos habitacionales en donde alrededor del 75% de los predios presentan obras grises.

Cuadro 21. Extensión de las unidades de uso de la tierra con fines de recarga hídrica

No.	Uso	Extensión (ha.)
5	Techo abierto alta**	34.2
6	Techo abierto baja	29.31
2	Bosque ralo alta	27.39
8	Techo cerrado baja*	17.25
7	Techo cerrado alta	11.26
1	Bosque cerrado baja	4.35
0	Bosque cerrado alta	4.02
3	Superficies de escasa vegetación alta	3.07
4	Superficies de escasa vegetación baja	1.49
	Total	132.34

Los usos con fines de recarga que se observan en el muestran únicamente los que aplican en la unidad de manejo en mención, ya que el presente estudio deriva de otro aún mayor en donde se realizó el balance para la microcuenca del Río Contreras.

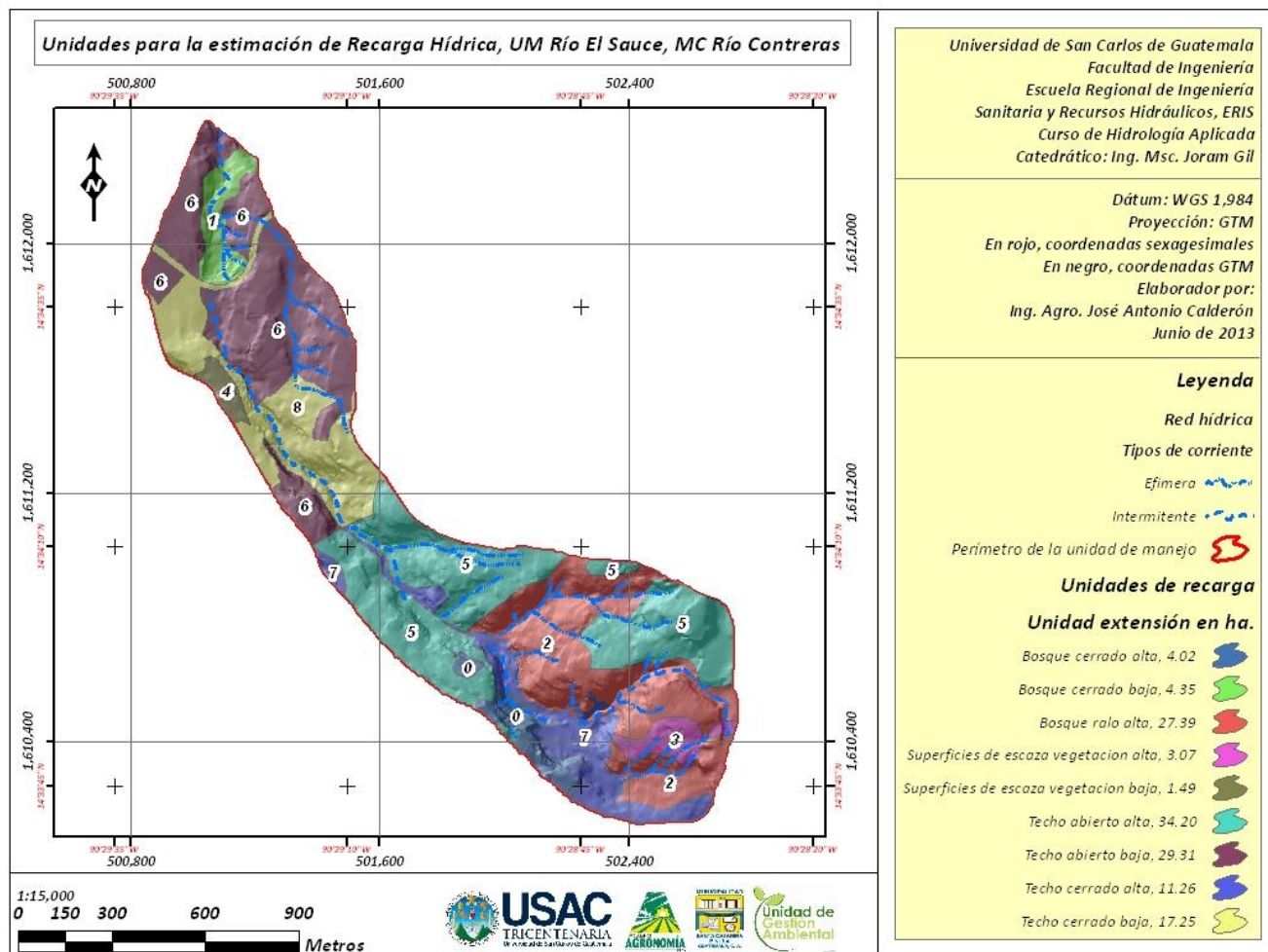


Figura 30. Unidades para la Estimación de Recarga Hídrica en la Unidad de Manejo Río El Sauce, Microcuena del Río Contreras

3.3.1.9 Infiltración básica con el método de Porchet

Se realizaron dos pruebas de infiltración utilizando el método de Porchet debido a las condiciones y fines del proceso de investigación, subdividiendo la unidad de manejo en dos grandes componentes, parte alta y parte media-baja, los resultados se detallan a continuación.

3.3.1.10 Geología de la zona serie de suelo y sustento de las pruebas de infiltración

El material geológico que posee la cuenca son Rocas volcánicas sin dividir, predominantes del período Mio-plioceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos que se formaron durante el período terciario.

Debido a que no existe variación como tal según lo reportado por el mapa geológico de la zona, se indagó en la serie de suelos de Simmons *et al* (1959) encontrando que en la parte alta el material originario corresponde a ceniza volcánica pomácea con un potencial de fertilidad mediano a bajo pH ácido y drenaje interior profundo; en la parte media y baja, corresponde a ceniza volcánica con un potencial de fertilidad alto, Ph ácido y buen drenaje interior.

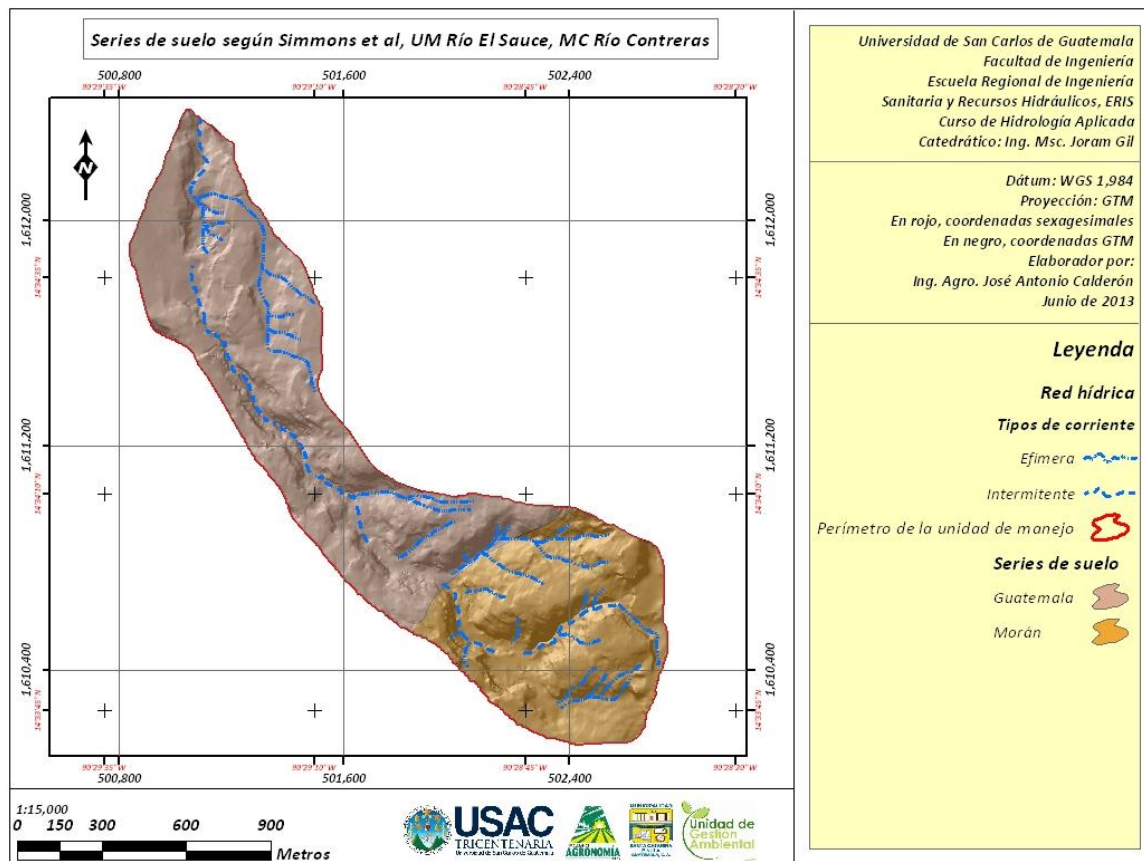


Figura 31. Series de suelo de la Unidad de Manejo Río El Sauce, Microcuenca del Río Contreras

3.3.1.11 Prueba de infiltración, parte media de la unidad de manejo

Diámetro del agujero: 10 cm

matorrales. (Próximo a convertirse en un techo cerrado)

Profundidad del agujero: 90 cm

Localización: a 50 metros del cauce del río

Información adicional:

afloramientos rocosos cercanos al río, presencia de minerales ferrosos y Calcio.

Textura del suelo: franco arcilloso

Infiltración básica: 0.0128

Cm/minuto

Vegetación circundante:

Remanente de bosque de Encino y

Cuadro 22. Cálculos de la infiltración básica con el método de Porchet (parte media de la unidad de manejo)

Tiempo (min)	Prof (cm)	Altura (cm)	R2(T2-T1)	$\ln((2h_1+R)/(2h_2+R))$	Vel. Inf. (cm/min)	Vel. Inf. Cm/hr	Vel. Inf. (mm/min)	Vel. Inf. (mm/día)
0	0.00	90.00						
1	1.00	89.00	0.10	0.011	0.0011	0.07	0.01	15.65
2	2.00	88.00	0.10	0.011	0.0011	0.07	0.01	15.82
3	2.50	87.50	0.10	0.006	0.0006	0.03	0.01	7.98
4	3.00	87.00	0.10	0.006	0.0006	0.03	0.01	8.02
5	3.50	86.50	0.10	0.006	0.0006	0.03	0.01	8.07
10	7.00	83.00	0.50	0.040	0.0201	1.20	0.20	288.86
15	9.50	80.50	0.50	0.030	0.0148	0.89	0.15	213.67
20	11.00	79.00	0.50	0.018	0.0091	0.55	0.09	131.31
25	13.00	77.00	0.50	0.025	0.0124	0.75	0.12	178.89
30	14.50	75.50	0.50	0.019	0.0095	0.57	0.10	137.15
40	16.60	73.40	1.00	0.027	0.0273	1.64	0.27	393.01
50	18.00	72.00	1.00	0.019	0.0186	1.12	0.19	268.09
50	0.00	90.00						
60	4.50	85.50	1.00	0.050	0.0499	2.99	0.50	718.15
70	6.80	83.20	1.00	0.026	0.0265	1.59	0.26	381.37
80	9.00	81.00	1.00	0.026	0.0260	1.56	0.26	374.49
90	11.00	79.00	1.00	0.024	0.0242	1.45	0.24	349.11
100	12.50	77.50	1.00	0.019	0.0186	1.11	0.19	267.50
110	14.00	76.00	1.00	0.019	0.0189	1.14	0.19	272.56
120	15.00	75.00	1.00	0.013	0.0128	0.77	0.13	184.62
130	16.50	73.50	1.00	0.020	0.0195	1.17	0.20	281.44

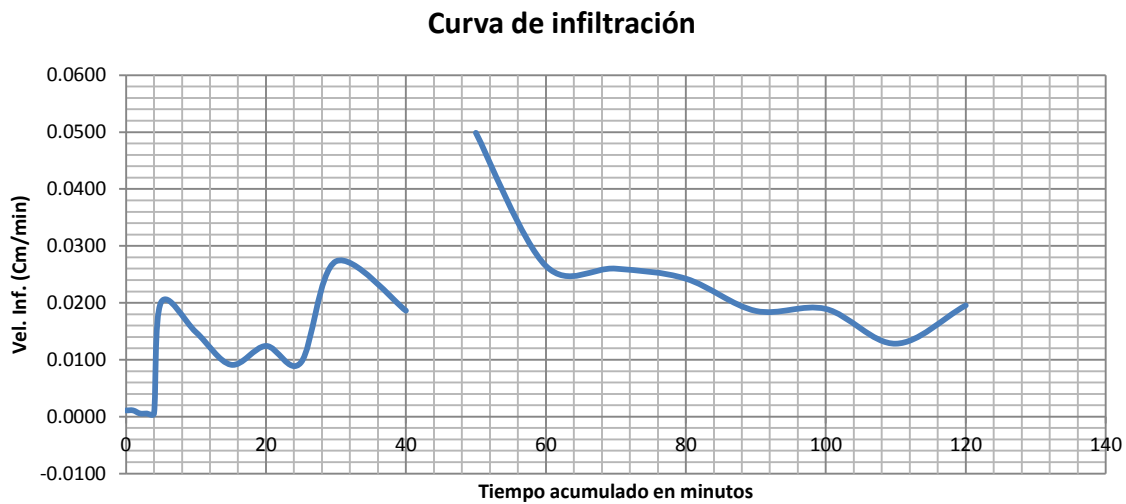


Figura 32. Curva de infiltración para la prueba en la parte media de la cuenca



Figura 33. Panorámica del lugar de realización de la prueba de infiltración en la parte media de la unidad de manejo



Figura 34. Espacio circundante en el lugar de realización de la prueba de infiltración en la parte media de la unidad de manejo

3.3.1.12 Prueba de infiltración, parte alta de la unidad de manejo

Diámetro del agujero: 10 cm

Profundidad del agujero: 90 cm

Información adicional: afloramientos rocosos cercanos al río, presencia de minerales ferrosos y Calcio.

Vegetación circundante: Remanente de bosque mixto (Ciprés, Encino, Pino y algunos pastos)

Localización: a 50 metros del cauce del río

Textura del suelo: franco arcilloso

Infiltración básica: 0.0296 Cm/minuto

Cuadro 23. Cálculos de infiltración básica con el método de Porchet (parte alta de la unidad de manejo)

Tiempo (min)	Prof. (cm)	Altura (cm)	R2(T2-T1)	$\ln((2h1+R)/(2h2+R))$	Vel. Inf. (cm/min)	Vel. Inf. Cm/hr	Vel. Inf. (mm/min)	Vel. Inf. (mm/día)
0	0	102						
1	9	93	0.1	0.09	0.0090	0.54	0.09	129.69
2	14.5	87.5	0.1	0.06	0.0059	0.36	0.06	85.42
3	19	83	0.1	0.05	0.0051	0.31	0.05	73.86
4	22	80	0.1	0.04	0.0036	0.21	0.04	51.43
5	26	76	0.1	0.05	0.0050	0.30	0.05	71.57
10	32	70	0.5	0.08	0.0398	2.39	0.40	572.49
15	35	67	0.5	0.04	0.0211	1.27	0.21	304.27
20	38	64	0.5	0.04	0.0221	1.32	0.22	317.70
20	0	102	0					
25	22	80	0.5	0.24	0.1182	7.09	1.18	1702.00
30	29	73	0.5	0.09	0.0443	2.66	0.44	638.39
40	35	67	1	0.08	0.0828	4.97	0.83	1192.41
40	0	102	0					
50	26	76	1	0.29	0.2861	17.17	2.86	4119.67
60	32	70	1	0.08	0.0795	4.77	0.80	1144.97

60	0	102	0					
70	26	76	1	0.29	0.2861	17.17	2.86	4119.67
80	32	70	1	0.08	0.0795	4.77	0.80	1144.97
90	35	67	1	0.04	0.0423	2.54	0.42	608.54
90	0	102	0					
100	22	80	1	0.24	0.2364	14.18	2.36	3404.00
110	29	73	1	0.09	0.0887	5.32	0.89	1276.79
120	33	69	1	0.05	0.0544	3.27	0.54	783.87
130	36	66	1	0.04	0.0429	2.57	0.43	617.24
140	38	64	1	0.03	0.0296	1.78	0.30	426.70
150	40	62	1	0.03	0.0305	1.83	0.31	439.73

Curva de infiltración

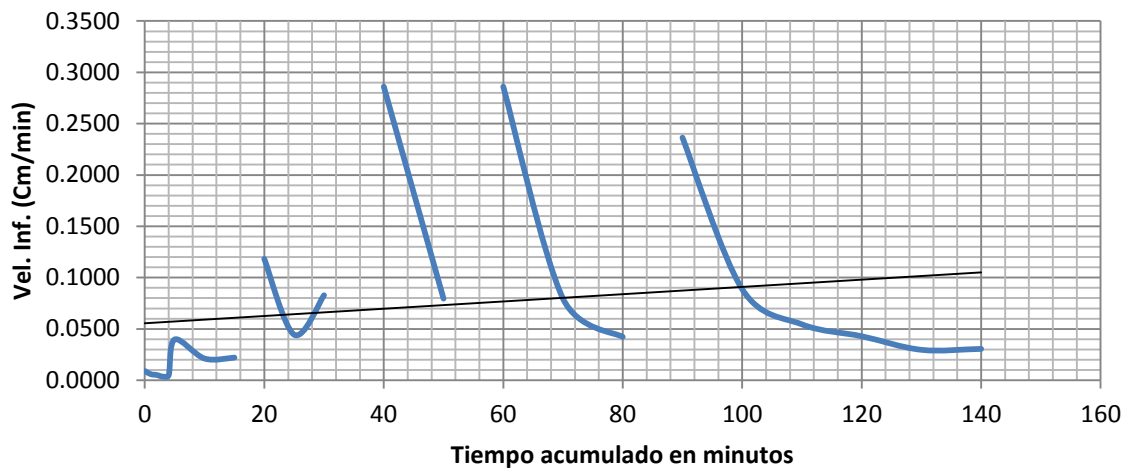


Figura 35. Curva de infiltración para la prueba en la parte alta de la cuenca



Figura 36. Vista panorámica del lugar de realización de la prueba de infiltración en la parte alta de la unidad de manejo



Figura 37. Espacio circundante en el lugar de realización de la prueba de infiltración en la parte media de la unidad de manejo

3.3.1.13 Determinación de la evapotranspiración por el Método de Hargreaves

Según Hargreaves la evaporación como un proceso físico puede ser calculado al obtener una relación empírica entre la evaporación consumida por varios cultivos. La ecuación empleada por Hargreaves para determinar la evapotranspiración potencial es:

$$ETP = 0.35 RMM \times CT \times CH \times CW \times CE$$

En donde:

RMM= Radiación extraterrestre mensual, expresado como evaporación equivalente, dividida por la radiación ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{día}$) por el calor de vaporización a la temperatura media mensual (TM).

- **CT** = $0.40 + 0.024 \text{ TM}$
- **CH** = $0.05 + 1.42 (1 - H_n)^{1/2}$
- **H_n** = Humedad relativa media mensual, expresada en forma decimal
- **CW** = $0.80 + 0.028 W_6$
- **W₆** = Viento en Km. /hora, con el instrumento a 6.00 metros de altura.
- **CE** = $1.00 + 0.00004 \text{ EL}$

EL = Elevación media en metros sobre el nivel del mar.

Los valores de Radiación Solar Extraterrestre (RMM) y Duración máxima media diaria de horas de brillo solar se calcularon según las tablas diseñadas para la metodología.

Tabla 1. Parámetros para el cálculo de la RMM y DMMDHBS para determinar evapotranspiración según la metodología de Hargreaves

Radiación solar extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente en mm/día													
LATITUD	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	0	13.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
	2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
	4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
	6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
	8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.2	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
	10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.9	12.9
	12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
	14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.0	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
	16	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
	18	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	
Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses y latitudes													
LATITUD	NORTE	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
	10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
	15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
	20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6	

Habiendo obtenido los valores de precipitación anual media, temperatura media anual y los valores de RMM y DMMDHBS se trasladan a una hoja electrónica de cálculo en donde también se ingresan datos referentes a la velocidad de infiltración, profundidad radicular, pendiente, tipo de cobertura, densidad del suelo, y valores porcentuales del peso del suelo a Capacidad de Campo y Punto de Marchites permanente.

Del cálculo por separado de cada una de las unidades de uso de suelo con fines de recarga, se obtuvo el siguiente cuadro con los valores:

Cuadro 25. Resumen de las unidades de tierra trabajadas para balance hídrico

Código	Uso	Extensión (ha.)	Precipitación total anual (mm)	Retención de lluvia anual (mm)	Precipitación anual que infiltra (mm)
8	Techo cerrado baja	17.25	1266.24	640.72	625.52
7	Techo cerrado alta	11.26	1266.24	1266.24	0.00
6	Techo abierto baja	29.31	1266.24	168.58	1097.66
5	Techo abierto alta	34.2	1266.24	168.58	1097.66
4	Superficies de escasa vegetación baja	1.49	1266.24	168.58	912.67
3	Superficies de escasa vegetación alta	3.07	1266.24	168.58	1097.66
2	Bosque ralo alta	27.39	1266.24	267.01	999.24
1	Bosque cerrado baja	4.35	1266.24	267.01	850.82
0	Bosque cerrado alta	4.02	1266.24	267.01	999.24
Totales en mm anuales		132.34	1,266.24	3,382.31	7,680.47
Totales m³ anuales			1,675,746.62	463,337.70	1,203,196.24

Código	Escurrentía superficial anual (mm)	Evapotranspiración Potencial Anual (mm)	Evapotranspiración Real Anual (mm)	Recarga Potencial Anual (mm)	Necesidad de riego
08	0.00	1418.07	625.37	0.81	1226.89
07	0.00	1418.07	68.40	0.00	2154.15
06	0.00	1418.07	855.72	120.97	918.70
05	0.00	1418.07	855.72	120.97	918.70
04	184.99	1418.07	824.89	87.78	976.90
03	0.00	1418.07	855.72	241.94	918.70
02	0.00	1418.07	942.68	56.56	1749.20
01	148.42	1418.07	867.09	0.00	2036.03
00	0.00	1418.07	942.68	56.56	1749.20
Totales en mm anuales	333.41	12,762.64	6,838.28	685.58	12,648.47
Totales m³ anuales	9,212.68	1,876,676.00	1,031,423.20	103,467.21	1,718,413.29

3.3.1.14 Análisis de resultados

La recarga hídrica potencial asciende a 103,467 m³/año para la unidad de manejo en estudio, por lo que aún existe cierta cantidad de agua que se está aportando para el almacenaje en el acuífero. Tomando en cuenta la evapotranspiración real y demás factores, también existe una demanda de 1,718,413 de m³/año que se necesitarían aportar.

El aporte más alto se encuentra dado no por los bosques sino por las superficies de escasa vegetación que se encuentran en la parte alta de la cuenca. El área como tal es una zona urbana con alta plusvalía y crecimiento demográfico acelerado. Dicho crecimiento amenaza con reducir estas zonas de recarga al existir un ente regulador de la construcción privada que es débil.

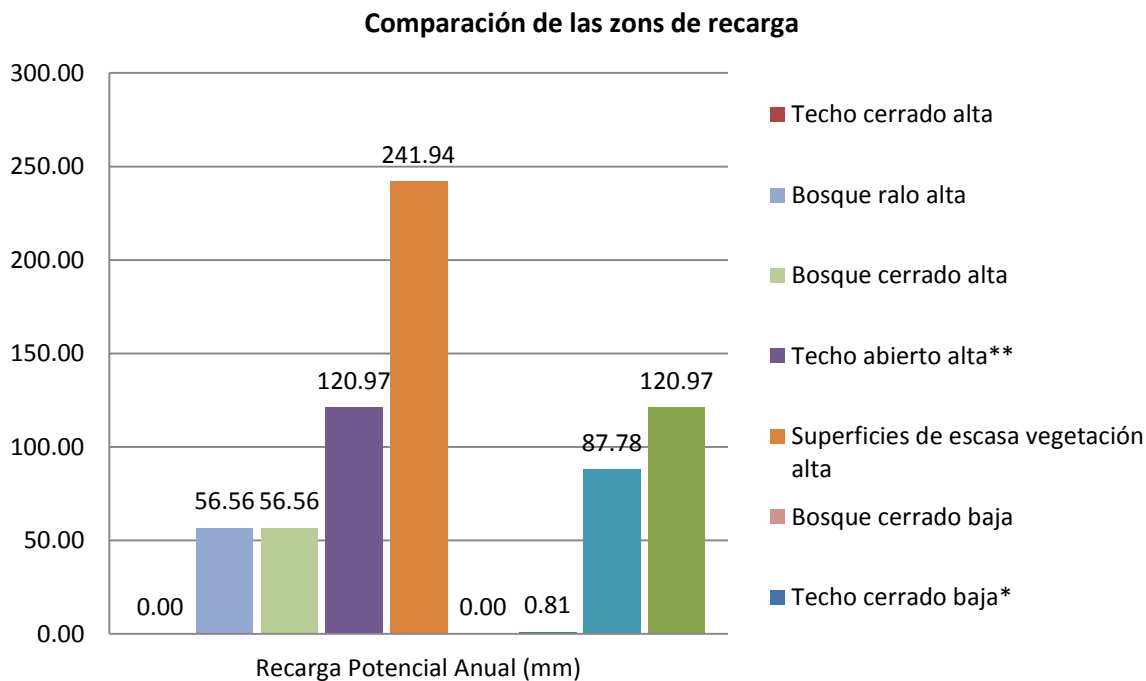


Figura 38. Comparación entre las zonas de recarga calculadas por la recarga potencial

De manera general, se observa que los mayores aportes a la recarga son las unidades que se encuentran en la parte alta en donde se obtuvo la mayor velocidad de infiltración (426.24 mm/día) esto se debe al material geológico que reporta Simmons *et al* (1959), en la parte alta de la cuenca prevalecen cenizas volcánicas pomáceas. Este tipo de ceniza al consolidarse es mucho más porosa que la que se puede encontrar en la parte media baja de la cuenca.

Otro factor a considerar es la pendiente que se tiene en la parte baja; debido a que se forma un cañón en la desembocadura de la cuenca, aquí la recarga es prácticamente nula (unidad 01 Bosque cerrado Parte Baja) debido a que la pendiente supera el 100%, ante un evento de precipitación, el agua escurre directamente al cauce y otra parte se retiene para ser evapotranspirada inmediatamente.

La unidad "07 Techo cerrado Parte Alta" también reporta valores de Recarga Potencial en cero; esto se debe a que se encuentra conformado por un tramo de carretera asfaltada y la aldea Nueva Concepción. En dicho lugar se observan obras grises con un 100% de cobertura, por lo que el agua es escurrida directamente a los colectores y cunetas que ahí se encuentran.

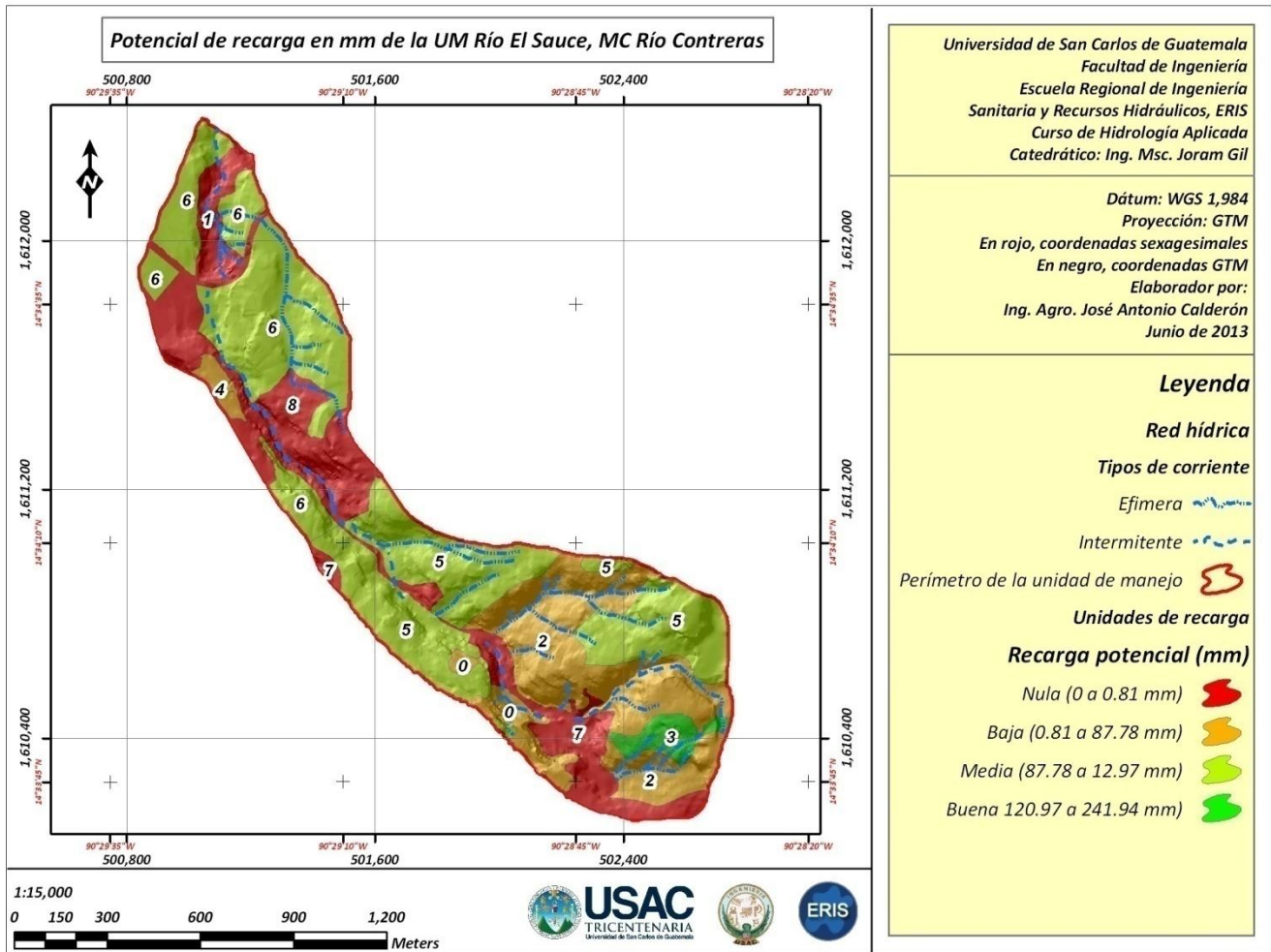


Figura 39. Potencial de recarga por unidad de tierra, Unidad de Manejo Río El Sauce, Microcuenca del Río Contreras

3.3.1.15 Conclusiones

- Mediante el estudio de balance hídrico se determinó que los valores de precipitación media anual para la unidad de manejo Río El Sauce, Microcuenca del Río Contreras ascienden a 1,266.34 mm; lluvia retenida anualmente 3,382.31 mm; Precipitación anual que infiltra, 7,680.47; Escorrentía superficial, 333.41 mm; Evapotranspiración potencial anual, 12,762.64 mm; Evapotranspiración real anual 6,838.28; Recarga potencial anual, 685.58 mm y que existe una “Necesidad de riego” de 12,648.47 mm anuales.
- La Unidad de Manejo Río El Sauce Pertenece a la microcuenca del Río Contreras en el Municipio de Santa Catarina Pinula; posee una extensión de 132.24 hectáreas; una población proyectada al año 2012 de 613 habitantes que demandan un consumo de 44,749 m³ de agua anualmente (consumo estimado de 200 litros/habitante/día).
- Las velocidades de infiltración se determinaron utilizando la metodología de Porchet, obteniendo un valor de 426.24 mm/día para la parte alta de la cuenca y 184.32 mm/día; no se pudieron realizar pruebas de infiltración siguiendo el criterio de uso de la tierra con fines de recarga debido a que no fue posible ingresar a dichas localidades por la tenencia de la tierra. De manera general, se observa una mayor velocidad de infiltración en la parte alta de la cuenca.
- Las unidades de tierra de estudio que reportan mayor recarga potencial son las que se encuentran en la parte alta de la cuenca, a excepción de las áreas de techos cerrados en donde predomina la cobertura de obras grises y asfalto (carreteras) en la aldea Nueva Concepción.

3.3.1.16 Recomendaciones

- Evaluar los datos obtenidos en el balance hídrico, comparándolos contra un modelo teórico de precipitación-escorrentía y calibrarlo con caudales reales en el punto de aforo.

- Continuar desarrollando el estudio a fin de establecer la cantidad de pozos por parte de la construcción privada, determinar la demanda de cada pozo y estimar si la recarga potencial es suficiente para suplir las necesidades de consumo.

3.3.2 Propuesta de mejoras al formato de licencia municipal para tala de árboles y regulación de emisión de licencias

3.3.2.1 Antecedentes

Según la Ley Forestal, las municipalidades se encuentran facultadas para la “emisión de licencias para tala de árboles dentro de sus perímetros urbanos, para volúmenes menores de diez metros cúbicos por licencia por finca y por año. Para volúmenes mayores, la licencia será otorgada por el INAB.”

En la municipalidad, es la UGAM la encargada de la emisión de este tipo de licencias y ocurre bajo dos modalidades:

- **Licencias municipales de tala de árboles:** que son otorgadas a personas individuales o entidades comerciales o jurídicas bajo un procedimiento de solicitud de licencia en donde se conforma un expediente que se encuentra conformado por: carta de solicitud del interesado, formulario, copia del boleto de ornato y copia del registro de la propiedad del inmueble. Una vez conformado el expediente, se le asigna un número e inicia el trámite para realizar una inspección en donde un técnico evalúa la solicitud para determinar el volumen a cortar, si amerita otorgar o no licencia según el estado fitosanitario, riesgo o motivos de construcción. Si la licencia es aprobada, el interesado cancela el monto de Q.200.00/árbol a cortar según el arbitrio vigente al año 2011.
- **Permiso para tala de árboles:** este tipo de “licencias” es otorgado por el alcalde o vicealcalde municipal de manera recurrente en las audiencias celebradas los días martes y jueves. El interesado solicita el otorgamiento del permiso y según el criterio del alcalde otorga el permiso exonerando el monto del pago o bien autorizando rebajas en la tarifa. A continuación el interesado se avoca con el técnico encargado de la emisión y completa la papelería del caso.

En muchos casos, los interesados omiten la finalización del trámite y con la nota de trabajo redactada por el alcalde inician trabajos de tala lo cual ocasiona problemas por desconocimiento interno debido a la falta de comunicación e irrespeto a las funciones y atribuciones de los puestos.

3.3.2.1.1 El proceso administrativo

Las licencias municipales, principios del año 2011 contaban con la siguiente información: Número correlativo de licencia y año, ejemplo: 015-2010, Nombre del beneficiario, se emite a nombre de la persona o entidad jurídica propietaria del inmueble, Dirección del inmueble, Cantidad de árboles a cortar, Fecha de emisión y vencimiento, Referencia al número de expediente, Firma del otorgante y sello de la DMP

Dicho formato carece de información técnica sobre el volumen de los árboles a cortar, especies, estado fitosanitario y nombre y puesto del responsable de la emisión y visita técnica. Las licencias poseen un mes de validez y su solicitud es procesada en un máximo de cinco días hábiles a partir de la fecha de ingreso del expediente.



MUNICIPALIDAD SANTA CATARINA PINULA

LICENCIA NO. 015 - 2011

LICENCIA MUNICIPAL TALA DE ÁRBOL

NOMBRE: Edgar Rodrigo Molina Moran, representante legal de KABOD, SOCIEDAD ANONIMA,
 DIRECCIÓN: lote 2, manzana "C", Residencial "Las Tinajas", aldea Cuchilla del Carmen, Santa Catarina Pinula.

NÚMERO DE
 ÁRBOLES A TALAR: 5 árboles

FECHA DE EMISIÓN: seis de mayo de 2011
 FECHA DE VENCIMIENTO: seis de junio de 2011
 EXPEDIENTE No.: SIN EXPEDIENTE

Decreto No. 101 - 96 Ley Forestal.
 Art. 34, Máximo 10 metros cúbicos por fecha y año.

**NOTA: ESTA LICENCIA TIENE VIGENCIA POR 30 DÍAS
 Y DEBERÁ SER DEVUELTA A ESTA OFICINA DESPUES DE
 REALIZADA LA TALA.**

F. _____
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN

ADMINISTRACIÓN
 2008 - 2012

Estamos Avanzando

Figura 40. Ejemplo de una licencia municipal de tala de árboles emitida antes de las modificaciones

3.3.2.2 Objetivos

3.3.2.3 General

- Modificar el formato y proceso administrativo de la emisión de licencias municipales de tala de árboles para la reducción de las talas ilegales.

3.3.2.4 Específicos

- Brindar información dasométrica útil y precisa sobre los árboles que se autorizan para la corta.
- Mejorar las medidas de control interno y externo en la emisión de licencias.

3.3.2.5 Metodología

A través de la observación del proceso de emisión de licencias se observaron las siguientes problemáticas:

- Existe dualidad en la emisión de permisos y licencias municipales debido a que no se respeta las funciones y atribuciones entre los altos y bajos mandos en la corporación municipal.
- No existen mecanismos de comunicación de la información a nivel interno sobre la emisión y vigencia de las licencias municipales de tala de árboles.
- En el formato anterior, no se detallan datos de las especies aprovechadas, medidas dasométricas y volumen, lo que hace necesario acompañar a las licencias de un detalle de los árboles cuando es necesario presentar la licencia ante el INAB para la solicitud de notas de envío.

3.3.2.6 Resultados

3.3.2.7 Modificaciones al formato de licencia municipal

Debido a que el formato no proveía información útil para la emisión de notas de envío para el traslado de productos forestales (documento emitido por INAB), especies, censo y medidas de los árboles; y el responsable de la emisión, se propuso el siguiente esquema, mismo que fue aceptado por el alcalde municipal en turno.

El formato fue dado a conocer a la Región Metropolitana del INAB, Policía Municipal de Tránsito y Policía Municipal de Seguridad para mejorar la comunicación interna y externa con entes relacionados.



LICENCIA MUNICIPAL PARA TALA DE ÁRBOLES

LICENCIA MUNICIPAL No. 021-2011

EXPEDIENTE No. 2011-4554

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Adriana Chavac Monterroso De Tecún

DIRECCIÓN DEL LUGAR DE LA TALA: Lote 40, Sector Sur No. 4, Aldea El Carmen, zona 10 de Santa Catarina Pinula.

DIRECCIÓN PARA RECIBIR NOTIFICACIONES: Lote No. 3, Sector Sur No. 6, Aldea El Carmen, zona 10 de Santa Catarina Pinula.

INVENTARIO DE LOS ÁRBOLES A TALAR:

No.	Diámetro (cm)	Altura (m)	Especie	Volumen (m ³)	Observaciones
1	43	12	Palo de agua, <i>Cecropia sp.</i>	0.26	Vivos
2	25	8	Palo de agua, <i>Cecropia sp.</i>	0.06	
Total:				0.32	

FECHA DE EMISIÓN DE LA LICENCIA: 11 de Agosto de 2011

FECHA DE VENCIMIENTO DE LA LICENCIA: 14 de Septiembre de 2011

Decreto No. 101-96, Ley Forestal.
 Art. 54: Licencias emitidas por las municipalidades:
 Para volúmenes menores a 10m³ por licencia, por finca y por año.

NOTA: ESTA LICENCIA TIENE VIGENCIA POR 30 DÍAS Y DEBERÁ SER DEVUELTA A LA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN CUANDO LA TALA HAYA SIDO REALIZADA O BIEN CUANDO LA MISMA HAYA VENCIDO.

Wendy Alicia Luna Sandoval

[Handwritten Signature]

11/8/2011

F: *[Handwritten Signature]*

Responsable: José Antonio Calderón
 Puesto: Técnico II
 Dirección Municipal de Planificación.



116 Calle 5-30 zona 1
 Santa Catarina Pinula
 www.asp.gub.gt
 Pbx: (001) 2417-1001 y Emergencia 1928

Estamos Avanzando



Figura 41. Muestra del nuevo formato de licencia municipal de tala de árboles implementado

3.3.2.8 Conclusiones

- Se implementó un nuevo formato para la emisión de licencias municipales para tala de árboles conteniendo información dasométrica y de las especies a aprovechar.
- Se estableció la normativa de informar mediante correspondencia oficial a la PMT y Policía municipal de seguridad sobre las licencias de tala emitidas semanalmente, fecha de vencimiento, direcciones y responsables.

3.3.2.9 Recomendaciones

- Continuar con la utilización del nuevo formato de licencias municipales de tala de árboles ya que proporciona más y mejor información sobre las actividades de aprovechamiento.
- Desarrollar una propuesta de reglamento forestal municipal en donde se limiten las responsabilidades sobre la emisión de licencias y permisos para actividades de tala de árboles.
- Publicar y difundir el reglamento a través de la dirección de relaciones públicas de la municipalidad.

3.3.3 Apoyo al Juzgado de Asuntos Municipales en el caso de tala ilícita efectuada en el astillero municipal de la aldea Piedra Parada Cristo Rey

3.3.3.1 Antecedentes

Durante la reunión del COMUDE del mes de junio de 2011, el alcalde auxiliar Petronilo Atanilo López Hernández solicitó una visita al astillero municipal en compañía de la Policía Municipal de Seguridad, Técnico Forestal, y Juzgado de Asuntos Municipales debido a que se habían estado escuchando ruidos de motosierras y camiones en el área correspondiente al astillero municipal, por lo que se sospechó de una tala ilegal.

El día 04 de junio de 2011 se efectuó la visita y se pudo constatar la corta de 25 árboles de la especie *Pinus maximinoi*; se encontraron rastros del campamento de los motosierristas, envases plásticos para aceite de dos tiempos y gasolina; y un árbol con daños por “ocoteado” utilizado para la cocción de alimentos.



Figura 42. Área en donde cocinaban la comida, a un costado del camino interno



Figura 43. Pasto y estiércol de caballos que se utilizaron para halar la madera, desde el fondo de la ladera en donde se cortaron los árboles.



Figura 44. Recipientes plásticos para aceite de motor de dos tiempos, ropa y una llanta que se utiliza como soporte para trozas en las labores de corte.



Figura 45. Basura, papel higiénico y restos de comida dejados cerca del campamento año 2011



Figura 46. Rodada del vehículo y restos de la fogata del campamento año 2011



Figura 47. Árbol de pino del cual se extrajo ocote para cocinar alimentos para mortosierristas del campamento del año 2011

Por lo contenido en la Ley Forestal: Delito en contra de los recursos forestales: “Quien sin la licencia correspondiente, talare, aprovechar o extrajere árboles cuya madera en total en pie exceda diez (10) metros cúbicos, de cualquier especie forestal a excepción de las especies referidas en el artículo 99 de esta ley, o procediera su descortezamiento, ocoteo, anillamiento, comete delito contra los recursos forestales. Los responsables de las acciones contenidas en este artículo serán sancionados de la siguiente manera:

- a) De cinco punto uno (5.1) metros cúbicos a cien (100) metros cúbicos, con multa equivalente al valor de la madera conforme al avalúo que realice el INAB.
- b) De ciento punto uno (100.1) metros cúbicos en adelante, con prisión de uno a cinco (1 a 5) años y multa equivalente al valor de la madera, conforme el avalúo que realice el INAB.

3.3.3.2 Objetivos

3.3.3.2.1 General

- Determinar el volumen de los árboles cortados en el astillero municipal de la aldea Piedra Parada Cristo Rey.

3.3.3.2.2 Específicos

- Aplicar un modelo de regresión lineal entre el diámetro a la altura del tocón y el volumen en pie.
- Desarrollar una ecuación que permita establecer el volumen de los árboles cortados.
- Evaluar los coeficientes de determinación, correlación, prueba de no correlación de errores, ajuste de la regresión y estandarización de la variable.

3.3.3.3 Metodología

3.3.3.4 Fase de campo

Se midieron diez árboles más próximos al área de corta, en un radio de dispersión de 30 metros conforme a lo reportado como radio de dispersión de la semilla para el género *Pinus* bajo esas condiciones. Por tratarse de un rodal de bosque natural, se asume que los árboles remanentes se encuentran emparentados genéticamente con los árboles cortados.

3.3.3.5 Fase de gabinete

Los valores recopilados se trabajaron en el programa Microsoft Excel, realizando un análisis de regresión obteniendo una ecuación que permitió determinar el volumen de los árboles cortados. Posterior a la estimación del volumen aprovechado, se remitió el dato técnico al juzgado de asuntos municipales para evacuar la petición por parte del alcalde auxiliar.

3.3.3.6 Resultados y discusión

Habiendo tomado en campo las variables dasométricas: Diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro a la altura del tocón (DAT) y altura, se estimó el volumen en pie de los árboles utilizando la fórmula volumétrica descrita en el manual Técnico Forestal; se plotearon los datos en un gráfico de dispersión y asignando una línea de tendencia, obteniendo una ecuación

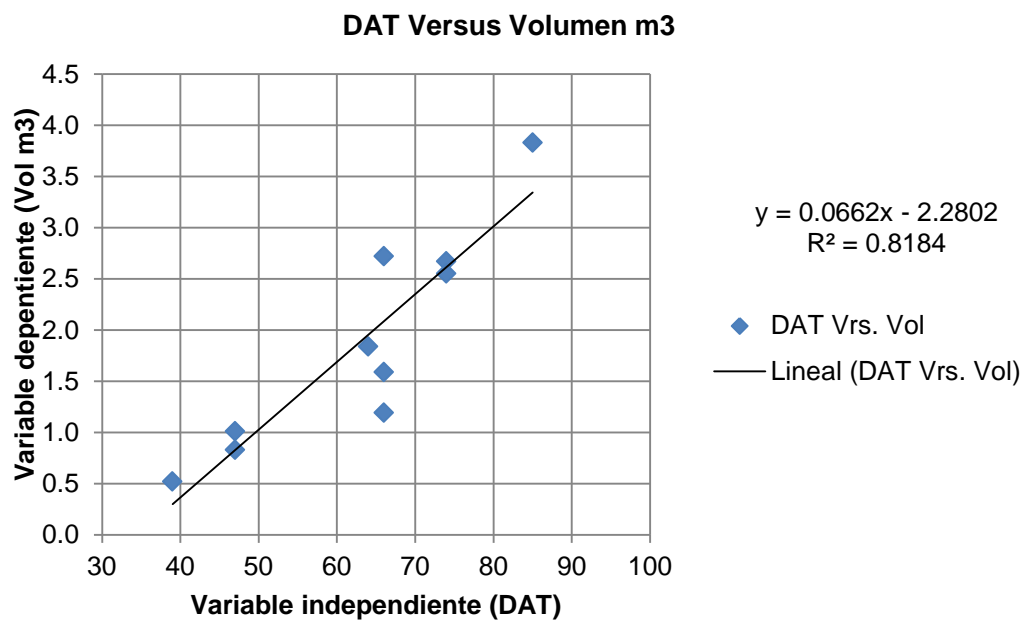


Figura 48. Gráfico de dispersión del DAT versus Volumen con línea de tendencia y ecuación propuesta

Cuadro 26. Resumen de variables dasométricas analizadas en la regresión

No.	DAT (cm) X	DAP (cm)	h (m)	Vol (m ³) Y	Vol estimado	Error	Variable estandarizada (z)
1	66	61	15	1.6	2.09	-0.50	-1.1
2	64	57	20	1.8	1.95	-0.11	-0.3
3	66	59	12	1.2	2.09	-0.90	-2.0
4	74	70	19	2.7	2.62	0.05	0.1
5	74	70	18	2.6	2.62	-0.07	-0.1
6	85	82	20	3.8	3.34	0.49	1.1
7	39	30	20	0.5	0.30	0.22	0.5
8	47	40	18	0.8	0.83	0.00	0.0
9	66	63	24	2.7	2.09	0.63	1.4
10	47	40	22	1.0	0.83	0.18	0.4

$$Y = 0.662x - 2.2802$$

Donde:

Y= Volumen de madera en pie en m³

x= Diámetro a la altura del tocón

-2.2802 = es el intercepto de la función, una constante

Media aritmética del error: 0

Desviación estándar del error: 0.45

$$\text{Variable estandarizada (z)} = \frac{(\text{Error} - \text{Media del error})}{\text{Desv. Est. del error}}$$

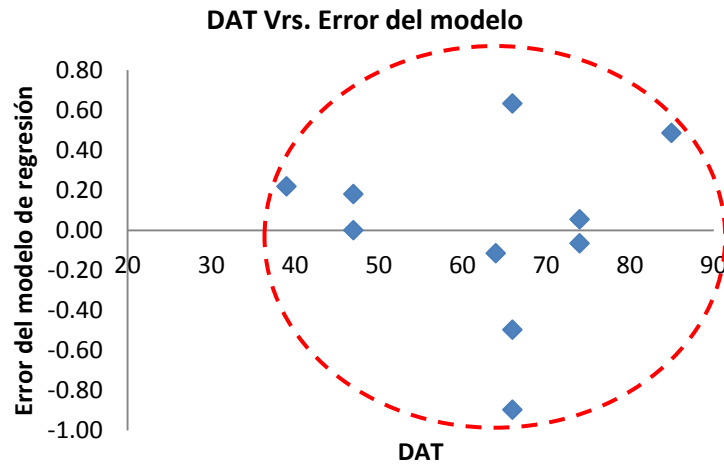


Figura 49. Prueba de no correlación del error del modelo con respecto al DAT

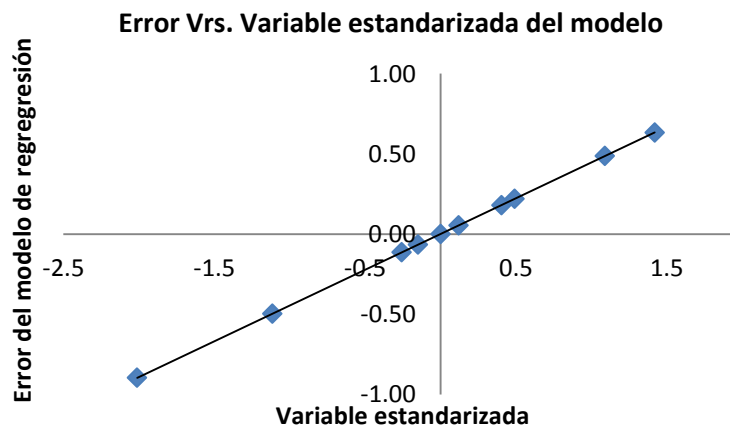


Figura 50. Prueba de estandarización de la variable con respecto al error del modelo

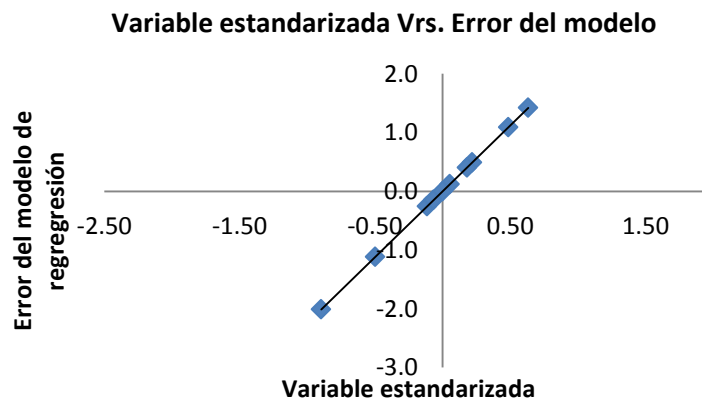


Figura 51. Prueba del error del modelo con respecto a la variable estandarizada

Cuadro 27. Resumen de la estimación de volumen de la tala ilegal

No.	DAT (Cm)	Volumen estimado (m ³)	No.	DAT (Cm)	Volumen estimado (m ³)
1	73	2.55	14	83	3.21
2	68	2.22	15	69	2.29
3	82	3.15	16	84	3.28
4	78	2.88	17	70	2.35
5	56	1.43	18	160	8.31
6	53	1.23	19	117	5.46
7	73	2.55	20	97	4.14
8	43	0.56	21	90	3.67
9	64	1.95	22	74	2.62
10	62	1.82	23	88	3.54
11	58	1.56	24	89	3.61
12	80	3.01	25	79	2.95
13	73	2.55	Total cortado		72.88

El coeficiente de correlación (r^2) obtenido en el modelo corresponde a un 81%, esto quiere decir que el 81% de la variación en el modelo es explicada por el DAT y el 11% restante, es producto de la aleatoriedad del proceso.

El coeficiente de determinación (r) indica cuánto se encuentra una variable, explicada por otra y corresponde a la raíz cuadrada del coeficiente de correlación y corresponde a un valor de 0.90. Por lo tanto, es posible decir que el modelo de regresión se ajusta bastante bien para la realización de la estimación.

Los gráficos de las Figuras 8, 9 y 10 indican que no existe relación entre las magnitudes de los errores y que la muestra tomada para realizar la regresión, fue representativa y carente de sesgo respectivamente.

3.3.3.7 Conclusiones

- Se determinó que el volumen de la tala ilegal asciende a 72.88 metros cúbicos de madera para el caso asignado
- Se desarrolló un modelo de regresión lineal que explica con un coeficiente de correlación, el 81% de la variación y un coeficiente de determinación del 90% por lo que puede decirse que el modelo es aceptable para la estimación del volumen de madera.

3.3.3.8 Recomendaciones

- Evacuar el informe técnico al juzgado de asuntos municipales para realizar las diligencias correspondientes y determinación de la multa y sanciones de acuerdo al volumen estimado y lo escrito en el artículo 92 de la Ley Forestal.

3.3.4 Reinstalación, producción de plantas y capacitación en propagación de plantas y bioseguridad al personal de campo del vivero municipal El Huisital

3.3.4.1 Antecedentes

El vivero municipal “El Huisital” se encuentra ubicado en un área montañosa de limitado acceso vehicular, a 1.5 kilómetros del edificio municipal en la zona uno del casco urbano de Santa Catarina Pinula. Fue establecido alrededor del año 2000 con la finalidad de almacenar y dar mantenimiento a plantas forestales que serían utilizadas en los proyectos de reforestación con los expatrulleros de autodefensa civil y otras entidades públicas y privadas interesadas.

Hasta finales del año 2010 carecía de directrices técnicas de manejo por lo cual el mantenimiento se limitaba al riego en la época seca; contaba con una persona encargada de dar mantenimiento al lugar sin mayor conocimiento técnico, aunque con bastante práctica en términos empíricos.

No contaba con infraestructura para la propagación de plantas, protocolo de bioseguridad, inventario de plantas, herramientas, fertilizantes y diseño de planta.



Figura 52. Estado del vivero El Huisital, año 2010, área de desarrollo 1



Figura 53. Estado del vivero El Huisital, año 2010, área de desarrollo 2

El vivero se ubica en una terraza artificial dentro del área geográfica conocida como “El Huisital” en la entrada a la cabecera municipal, carece una vía de acceso que permita el ingreso de camiones o pickups. El área útil para el desarrollo de actividades productivas abarca un tramo de 5 metros de ancho por 60 metros de largo y tiene acceso a agua para riego.

3.3.4.2 Objetivos

3.3.4.2.1 General

- Reestablecer el vivero municipal implementando directrices técnicas de manejo.

3.3.4.2.2 Específicos

- Capacitar al personal del vivero municipal en técnicas de propagación de especies forestales, ornamentales y frutales.
- Capacitar al personal del vivero municipal en procedimientos de bioseguridad para la propagación de especies vegetales
- Establecer procedimientos de bioseguridad para la propagación de especies vegetales en el vivero.

3.3.4.3 Resultados

3.3.4.3.1 Infraestructura gestionada

Se gestionó la compra de materiales para la construcción artesanal de un propagador, insumos para la propagación de plantas tales como bandejas, reguladores de crecimiento, sustratos, fertilizantes, herramientas para un total de Q.6,757.15 invertidos



Figura 54. Área de desarrollo convertida en un propagador artesanal con pediluvio y sistema de riego utilizando manguera de poliducto



Figura 55. Vista panorámica del área de desarrollo en proceso de reestablecimiento



Figura 56. Área de desarrollo remodelada para plantas ornamentales

Al finalizar el servicio, se logró la instalación de un propagador con pediluvio utilizando para ello postes de madera para formar la estructura, sarán con sombra de 50% y cal para recubrir las paredes y evitar el apareamiento de hongos y

bacterias fitopatógenas; cuatro canteros para propagación de semillas y un área de desarrollo con sarán de 50% para plantas ornamentales colgantes.

Asimismo, se implementó un sistema de registro de producción para evaluar el rendimiento de la propagación de plantas por la vía asexual en el vivero.

3.3.4.3.2 Producción de plantas

Al finalizar el servicio, se obtuvo el siguiente detalle de plantas producidas:

Cuadro 28. Inventario de plantas producidas al finalizar el servicio profesional en el vivero el Huisital

Tipo	No.	Nombre científico	Cantidad
Plantas forestales	1	Swietenia macrophylla King	336
	2	Cupressus lusitanica Mill.	1,300
	3	Cedrella odorata	2,210
	4	Quecus sp.	1,777
	5	Pinus sp.	317
Total plantas forestales			5,940
Plantas ornamentales, 26 especies			1,071
Árboles con fines ornamentales	1	Casuarina equisetifolia	26
	2	Alnus sp.	32
	3	Jacaranda mimosifolia	378
	4	Gravillea robusta	98
	5	Bahuinia petiolata	84
Total árboles ornamentales			618
Árboles frutales, 5 especies			713
Gran total			8,342



Figura 57. Vista interior del propagador, se utilizaron materiales reciclables además de las bandejas gestionadas



Figura 58. Área de desarrollo de plantas forestales, vivero municipal El Huisital

3.3.4.3.3 Capacitaciones

Se realizaron tres capacitaciones al personal del vivero municipal y personal a cargo de áreas verdes de polideportivos y parques:

- **Métodos de propagación en plantas ornamentales, frutales y forestales:** se trataron las técnicas de selección de esquejes, injertos, estacas y acodos; utilización de sustratos para enraizamiento, reguladores de crecimiento comerciales; y cuidados y tratamientos pregerminativos para semillas.
- **Bioseguridad:** utilización de desinfectantes en la producción de esquejes, uso y manejo del pediluvio en el propagador; utilización de equipo adecuado para la producción de esquejes.
- **Uso y manejo seguro de agroquímicos:** se gestionó la capacitación con la empresa AGREQUIMA en donde se trataron los temas de: información presente en las etiquetas de los productos agroquímicos, técnicas de aplicación de agroquímicos, preparación de mezclas; y uso y mantenimiento de bombas de mochila.

3.3.4.4 Conclusiones

- Se realizó el restablecimiento del vivero municipal El Huisital realizando la gestión de insumos para la construcción de un propagador artesanal.
- Se realizaron tres capacitaciones al personal del vivero y encargados de áreas verdes de los distintos polideportivos y parques municipales en los temas de técnicas de propagación, bioseguridad y uso y manejo seguro de agroquímicos.

3.3.5 Proyectos ambientales con estudiantes de diversificado

Una de las líneas de acción priorizadas a requerimiento de la administración municipal es el acercamiento con la población para la ejecución de proyectos ambientales. Bajo tal necesidad, se abrió la posibilidad de incluir a estudiantes para el apoyo en las actividades de vivero y proyectos de conservación de suelos.

3.3.5.1 Antecedentes

3.3.5.2 Conservación de suelos y apoyo en el vivero El Huisital

Derivado del ciclón tropical Agatha en el año 2010, ocurrieron una serie de eventos de deslizamientos de tierra en el municipio. Una de las áreas críticas fue el Puente Muxbal el cual colapsó e impidió el paso vehicular y peatonal en el sector hasta una vez concluido el trabajo de limpieza y reconstrucción algunos meses después. En el lugar, quedó al descubierto una porción de terreno en donde debido a la edad, se cayeron algunos árboles propiciando la erosión por efecto de la lluvia y por el efecto meándrico del río en el lugar. Ante el incidente del puente, la Asociación de Vecinos de Muxbal, (AVEMUX) presentó una solicitud a la municipalidad para realizar algún tipo de trabajos para disminuir el riesgo de deslizamiento de tierra y obstrucción del puente.

3.3.5.3 Reforestación en Callejón El Riito, Aldea El Pajón

Los vecinos del área geográfica conocida como Callejón El Riito en conjunto con el alcalde auxiliar de la localidad, gestionaron la construcción de la carretera y puente en dicho lugar. Al finalizar los trabajos, se realizó la petición adicional de realizar algún tipo de trabajos para prevenir los efectos de la erosión debido a la elevada pendiente de la ladera y evitar que la misma socave la carretera.

3.3.5.4 Solicitud y ejecución del proyecto

El grupo de estudiantes de 5to. bachillerato y 6to. perito del Colegio “Madre del Divino Pastor” ingresó una solicitud para que se les apoyase en la elaboración de un proyecto medioambiental como parte de su trabajo de graduación y seminario;

con la finalidad de apoyarles en su proyecto y palear la solicitud de AVEMUX, se decidió realizar un proyecto de conservación de suelos utilizando una barrera viva con curvas a nivel para los estudiantes de perito y apoyo en el vivero para los de bachillerato. Finalmente hubo una tercera petición por parte de los alumnos del instituto de bachillerato por madurez de aldea El Pajón que al igual que los dos anteriores, deseaban colaborar en la ejecución de algún proyecto en pro del medio ambiente, por lo que se les adjudicó la ejecución de la reforestación en ambas laderas.

3.3.5.5 Objetivos

3.3.5.5.1 General

- Desarrollar y proyectos de sensibilización ambiental en el ramo de la conservación de suelos involucrando grupos de estudiantes en la fase terminal de carreras de nivel medio.

3.3.5.5.2 Específicos

- Involucrar a estudiantes en el proceso productivo de plantas forestales en el vivero El Huisital.
- Involucrar a estudiantes en un proyecto de conservación de suelos en el área del Puente Muxbal.
- Involucrar a estudiantes en un proyecto de reforestación y conservación de suelos en el área del puente El Riito, aldea El Pajón.

3.3.5.6 Resultados

3.3.5.7 Apoyo en el vivero

Los estudiantes colaboraron en las labores de limpieza, encalado, mezclado y cernido de sustratos; llenado de bolsa y trasplante de Encinos, obteniendo un total de 2000 plántulas al finalizar las 40 horas de trabajo asignado.

3.3.5.8 Conservación de suelos en el puente Muxbal

Se les impartió una capacitación a los estudiantes para la utilización del nivel en “A” y trazo de curvas a nivel. En el lugar se estableció una serie de barreras vivas según el trazo de las curvas a nivel, utilizando para ello 300 estacas de Izote, *Yucca elephantipes* con un distanciamiento de 2 m. x 1 m.

3.3.5.9 Reforestación en el puente El Riito

Al igual que a los estudiantes del proyecto de Muxbal, se les capacitó en el uso y trazo de curvas a nivel y elaboración de terrazas individuales. Se plantaron 1500 árboles de Ciprés común, *C. lusitanica* a un distanciamiento de 2 m. x 2 m. en la ladera Sur y 3 m. x 3 m. en la ladera Norte; el distanciamiento anterior deriva de la disponibilidad de plantas que se encontraban en el vivero desde el año 2009 con una altura de 1.50 metros y abundante sistema radicular en bolsas de 10x20x6 y que en la ladera Sur la pendiente es más alta que en el lado Norte (120 y 80% respectivamente). Dicho distanciamiento y condiciones del lugar abren la posibilidad a realizar de proyectos de monitoreo del crecimiento forestal.



Figura 59. Plántulas de Encino, *Quercus* sp. trasplantadas por el grupo de estudiantes de Bachillerato del Colegio Madre del Divino Pastor, año 2011



Figura 60. Grupo de estudiantes en la finalización del proyecto de conservación de suelos en el Puento Muxbal, año 2011



Figura 61. Grupo de estudiantes de Bachillerato por Maduréz realizando los trabajos de limpia y plantación de árboles de Ciprés en el Riito

3.3.5.10 Conclusiones

- Se obtuvo la producción de 2000 plántulas de Encino, *Quercus sp.* en el vivero El Huisital con apoyo de los estudiantes de bachillerato.
- Se realizó el proyecto de conservación de suelo utilizando barreras vivas con curvas a nivel en el puente Muxbal utilizando 300 estacas de Izote, *Y. elephantipes*.
- Se plantaron 1500 árboles de *C. lusitanica* a un distanciamiento de 3x3 y 2x2 en el área geográfica conocida como Callejón El Riito utilizando terrazas individuales con curvas a nivel.

3.3.5.11 Recomendaciones

- Dar continuidad y seguimiento en términos de mantenimiento y replante a los proyectos de Muxbal y El Riito con la finalidad de asegurar la permanencia en el tiempo y que los mismos cumplan la su finalidad.
- Elaborar un proyecto con líneas y estrategias definidas a nivel institucional para la asignación de fondos, logística y gestión de insumos en la conservación de suelos y reforestaciones en laderas, involucrando a estudiantes en la etapa final de carreras a nivel medio de los centros educativos interesados.
- Utilizar medios de comunicación como los periódicos locales del municipio y aprovechar la plataforma de comunicación gobierno-población ya existente para la promoción y divulgación de los proyectos de conservación de suelos y reforestación.

3.3.6 Elaboración del Plan Operativo Anual 2012 de la UGAM

3.3.6.1 Antecedentes

Derivado de los estudios realizados en la unidad de manejo Río El Sauce, cuenca del Río Contreras, se hizo necesaria la delimitación de las cuencas de todo el municipio realizar una priorización para la realización de un diagnóstico-caracterización de las mismas. El diagnóstico permite cambiar el esquema actual de la organización político-administrativa a una en función del concepto de cuenca hidrográfica. El criterio de priorización utilizado fue densidad poblacional, ya que como se observó en el diagnóstico realizado,

Se utilizó de referencia la matriz de planificación de actividades y presentación de POA sugerida por SEGEPLAN para el año 2012 a las entidades estatales en donde se trabajó a partir de las siguientes matrices:

3.3.6.2 Esquema de formulación de objetivos operativos

Cuadro 29. Esquema de formulación de objetivos operativos del POA 2012 de la UGAM

Esquema para la formulación de objetivos operativos	
Acción a desarrollar	Determinar la situación real
Población Objetivo	lugares poblados de las cuencas del Río Contreras y Monjitas
Ámbito espacial	Cuenca Río Contreras y Monjitas
Tiempo de aplicación	Para el 2012
Situación a cambiar	De tal manera que, se establezcan estrategias de manejo para la sostenibilidad de la cuenca hidrográfica
Determinar la situación real de los lugares poblados en las Cuencas de los Ríos Contreras y Monjitas, de tal manera que para el año 2012, se establezcan estrategias de manejo para la sostenibilidad de los recursos naturales renovables	

3.3.6.3 Ejes de trabajo para el año 2012 de la UGAM

3.3.6.4 Objetivo operativo

El objetivo operativo, se formula de acuerdo al establecimiento de una meta dentro de un espacio-tiempo siguiendo una estructura de marco lógico en donde se tipifica un fin último. Por lo tanto, se definió como objetivo operativo “Determinar la situación real de los lugares poblados en las Cuencas de los Ríos Contreras y Monjitas, de tal manera que para el año 2012, se establezcan estrategias de manejo para la sostenibilidad de los recursos naturales renovables”

3.3.6.5 Programas estratégicos

Se definieron según la prioridad institucional, tres programas estratégicos para la asignación presupuestaria:

- **Protección y conservación del recurso bosque:** este programa se basa en la obtención de cuatro bienes o servicios claves en sistema de la administración municipal:
 - o **La elaboración del reglamento forestal municipal:** deriva de la problemática encontrada en la emisión de licencias y permisos municipales de tala de árboles. El reglamento permitirá delegar funciones y atribuciones específicas para dicho fin, la publicación y divulgación del reglamento a la población objetivo; la instrucción a la totalidad del personal municipal y apoyar al INAB según lo contenido en el artículo 8 de la Ley Forestal.
 - o **La autorización/regulación en la emisión de licencias municipales de tala de árboles:** La autorización de talas de árboles es una actividad cotidiana delegada a la UGAM; dicha unidad carece de equipo de medición forestal y los medios de verificación para su realización. Por lo tanto se planificó y presupuestó dicha actividad con la finalidad de dotar de equipo a la unidad.

- **La producción de plantas forestales, ornamentales y frutales en el vivero municipal:** tanto para las actividades productivas como de extensión y sensibilización con estudiantes de diversificado de la localidad, es necesario el funcionamiento del vivero municipal. Ante la no existencia y producción en el vivero, es necesario recurrir a la compra de plantas para la ejecución de los proyectos de jardinería en los nuevos proyectos de infraestructura y reforestaciones lo cual eleva los costos de dichas actividades. Además la existencia y producción de plantas, con una adecuada divulgación o mercadeo, abre la posibilidad de pasar de un fin social a comercial las plantas que ahí se produzcan, elevando la productividad y pudiendo ser una fuente de ingresos importante para la municipalidad.

- **Jardinizaciones de áreas prioritarias:** dicha actividad se programó a requerimiento del alcalde municipal. Comprende la jardinería de 1.5 kilómetros del arriate central en la carretera CA-1 que atraviesa el municipio. Comprende la gestión y compra de sustratos y de plantas ornamentales.

- **Apoyo técnico al mantenimiento de áreas verdes:** el apoyo al mantenimiento de áreas verdes deriva de la inexistencia de un responsable con conocimientos técnicos en la realización de actividades de, fertilización, podas, manejo de plagas y enfermedades de plantas ornamentales y la gestión de insumos agroquímicos. Por lo tanto, a solicitud de la Dirección de Servicios Públicos y requerimiento de la administración, se planificó la gestión para la compra de insumos y asesoría técnica a los encargados de las áreas verdes de los parques y polideportivos del municipio.

- **Sistema de levantamiento de información e infraestructura de datos:** esta actividad deriva de los problemas de contaminación de fuentes hídricas, construcción de obras que modifican el comportamiento de los caudales en las cuencas y la sobreexplotación del recurso hídrico de la localidad que ha deliberado en una disminución de los niveles freáticos de los pozos de extracción de agua para consumo humano. Comprende dos actividades:
 - **Información meteorológica:** abarca la gestión y establecimiento de cinco estaciones meteorológicas tipo “C” (una por cuenca) con la finalidad de establecer un registro confiable de precipitación. Comprende la capacitación al personal municipal para la toma de datos y el postproceso para realizar cálculos hidrológicos aproximados a la realidad para la construcción de obras como puentes, tuberías de desfogue, drenajes pluviales y carreteras; sobre todo el establecimiento de sistemas de alerta temprana en las aldeas El Carmen y Cuchilla del Carmen para la prevención de inundaciones como las registradas durante la tormenta Ágatha.
 - **Información hidrológica hidrométrica:** en complemento a la anterior, para generar modelos de precipitación-escorrentía y realizar la respectiva calibración del modelo; obtener balances hídricos para así determinar la recarga para los acuíferos y determinar si es posible sostener la demanda de agua subterránea debido a la carga poblacional, caracterización de acuíferos y niveles freáticos.

3.3.6.6 Objetivos

3.3.6.6.1 General

- Desarrollar el POA de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal para el año 2013.

3.3.6.6.2 Específicos

- Definir actividades y presupuesto para el programa estratégico de protección y conservación del recurso bosque.
- Definir actividades y presupuesto para el programa de apoyo técnico al mantenimiento de áreas verdes.
- Definir actividades y presupuesto para el programa estratégico del sistema de levantamiento de información e infraestructura de datos.

3.3.6.8 Conclusiones

- Se planteó la ejecución del POA 2012 de la UGAM bajo tres programas estratégicos: la protección y conservación del recurso bosque, apoyo al mantenimiento de áreas verdes y el sistema de levantamiento de información e infraestructura de datos.
- Bajo el objetivo estratégico de protección y conservación del recurso bosque, se espera obtener: la elaboración y aprobación del reglamento forestal por el concejo municipal, la producción de 5000 plantas forestales, 1000 ornamentales y 1000 frutales; y la jardinería de 1.5 kilómetros de la carretera CA-1 en jurisdicción de Santa Catarina Pinula.
- Bajo el objetivo estratégico de apoyo a mantenimiento de áreas verdes, se espera obtener: encargados de polideportivos y áreas verdes capacitados en el uso y manejo seguro de agroquímicos; y la gestión de fertilizantes.
- Bajo el objetivo estratégico del sistema de levantamiento de información e infraestructura de datos se espera obtener: la capacitación al personal y establecimiento de cinco estaciones meteorológicas tipo "C", recabar información sobre la disponibilidad de agua para la recarga del manto freático, niveles del manto y la caracterización de acuíferos.

3.3.6.9 Recomendaciones

- Realizar una evaluación del cumplimiento de actividades a seis meses de haber iniciado las labores de ejecución del POA.
- Evaluar contrastando la memoria de labores del año 2012 determinar el porcentaje de cumplimiento de metas.
- Replantear de ser necesario la ejecución del POA para el cumplimiento y adaptación de las actividades.

3.4 Conclusiones

- Se realizó una caracterización de la unidad de manejo Río El Sauce, microcuenca del río Contreras obteniendo una recarga hídrica potencial de 605.68 mm anuales, que equivalen a 103,467.21 m³ anuales.
- Se realizaron modificaciones al formato de emisión de licencia municipal para tala de árboles incorporando variables dasométricas que proporcionan mejor información sobre el volumen autorizado en la corta.
- Se realizó la reinstalación del vivero municipal “El Huisital” gestionando la inversión de Q.6,757.15 para la producción al término del servicio profesional un total de 8.342 plantas de diversas especies; se impartieron tres capacitaciones al personal de campo en temas de propagación de especies vegetales, bioseguridad y manejo seguro de plaguicidas.
- Se realizó una evaluación de daño ocasionados al astillero municipal de la aldea San José El Manzano, empleando un análisis de regresión lineal, obteniendo una correlación del 81% de los datos explicados por el modelo, determinando un estimado de 72.88 m³ de madera cortada de forma ilegal, remitiendo el informe al juzgado de asuntos municipales y de tránsito para la evacuación del caso.
- Se desarrollaron tres proyectos medioambientales para la gestión de los recursos naturales del municipio, relacionado con el apoyo a la producción de plantas en el vivero municipal; conservación de suelos en el puente Muxbal y una reforestación con árboles de *C. lusitanica* en el área geográfica conocida como El Riito, entre las aldeas El Pajón y Puerta Parada.
- Se elaboró el POA de la UGAM referido a las actividades a desarrollar por el Técnico Forestal y Recurso Hídrico, enfocándose en tres ejes de trabajo: protección y mejoramiento del recurso bosque, apoyo técnico al mantenimiento de áreas verdes y la implementación del sistema de levantamiento de información e infraestructura de datos, ascendiendo a un valor de Q.130,167.00 para ejecutarse durante el año 2012.

3.5 Recomendaciones

- Realizar una segunda estimación de la recarga potencial de la unidad de manejo Río El Sauce, microcuenca del Río Contreras utilizando otros métodos de balance hídrico, modelación con HEC-HMS utilizando distintos métodos de pérdidas por escorrentía, evapotranspiración y transformación de datos con la finalidad de obtener datos más precisos sobre la actual recarga al manto freático.
- Desarrollar el reglamento forestal municipal para mejorar los procedimientos administrativos en la emisión y control de licencias y aprovechamientos ilícitos proponiendo una estrategia local para la protección, mejoramiento y conservación de los recursos forestales del municipio acompañado de una estrategia secundaria de divulgación y sensibilización.
- Continuar con la producción del vivero municipal empleando semilla certificada para la obtención de plantas con alto potencial de crecimiento y que puedan ser utilizadas en los proyectos de reforestación, conservación de suelos para generar la posibilidad de ingresar a los programas de incentivos.
- Continuar con el apoyo a los dictámenes técnicos al juzgado de asuntos municipales y de tránsito para brindarles información que les permita aplicar sanciones apegadas a lo suscrito por la ley forestal.
- Continuar con el desarrollo de proyectos medioambientales involucrando a jóvenes del municipio como estrategia de sensibilización y generación de sentimiento de propiedad del recurso.
- Realizar una evaluación trimestral en la ejecución de las labores planificadas en el POA 2012 para realizar los ajustes presupuestarios y de gestión en la administración de las actividades.

3.6 Bibliografía

1. Calderón Díaz, JA. 2013. Diagnóstico de los recursos naturales renovables del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala, C.A. con énfasis en las competencias de la administración municipal de la Unidad de Gestión Ambiental. Trabajo graduación Ing. Agro. Guatemala, USAC. 200 p.
2. Casanova Rojas, IA. 2012. Modelación hidrológica para la determinación de la recarga en la cuenca Quebrada de Tarapacá (sector de Cabeceras) I región, Chile. Tesis Lic. Geología. Chile, Universidad de Chile. 114 p.
3. Castañón, D. 2008. El agua en la economía guatemalteca. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía. 70 p.
4. Herrera Ibáñez, I. 2004. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 241 p.
5. Maldonado Ramos, BR. 2004. Determinación de la recarga hídrica y propuesta de lineamientos de protección de los recursos naturales, aldea Chojzunil, Santa Eulalia, Huehuetenango. Tesis Ing. Agro. Guatemala, USAC. 109 p.
6. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado-Sulsona. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1,000 p.



REF. Sem. 18/2013

LA TESIS TITULADA:

"DELIMITACIÓN DE ZONAS CON POTENCIAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES O CULTIVOS PERMANENTES EN EL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

JOSÉ ANTONIO CALDERÓN DÍAZ

CARNE:

200614623

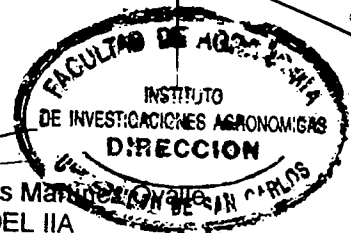
HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Inga. Agra. Lily Gutiérrez
Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
Ing. For. M.Sc. José Mario Saravia Molina

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
A S E S O R

Ing. For. M. Sc. José Mario Saravia Molina
SUPERVISOR ASESOR



MSc. Manuel de Jesús Martínez
DIRECTOR DEL IIA

MDJM,/nm
c.c. Archivo



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



Guatemala, 25 de octubre de 2013

Ref. SAIEPSA: Trabajo de Graduación 260-13

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

"ACTIVIDADES TENDIENTES A LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, C.A. CON ÉNFASIS EN LAS COMPETENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL, DE LA UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL, (UGAM)."

ESTUDIANTE:

JOSÉ ANTONIO CALDERÓN DÍAZ

No. CARNÉ

200614623

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

"DELIMITACIÓN DE ZONAS CON POTENCIAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES O CULTIVOS PERMANENTES EN EL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, C.A."

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

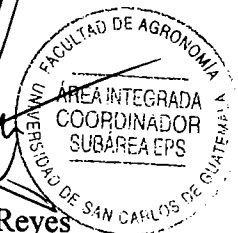
Inga.Agra. Lily Gutiérrez
Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
Ing.For. MSc. José Mario Saravia Molina

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.



... Y ENSEÑAR A TODOS"

Ing. For. MSc. José Mario Saravia Molina
Docente - Asesor de EPS



Vo.Bo. Dr. Marco Vinicio F...
Coordinador Subárea de - EPS

Vo.Bo. Ing. Agr. MSc. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Área Integrada



c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



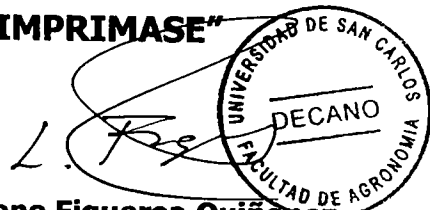
No. 53.2013

Trabajo de Graduación: "ACTIVIDADES TENDIENTES A LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, C.A. CON ÉNFASIS EN LAS COMPETENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL, DE LA UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGAM)"

Estudiante: José Antonio Calderón Díaz

Carné: 200614623

"IMPRIMASE"



Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
DECANO