

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



GUATEMALA, OCTUBRE DEL AÑO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTUDIO DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS EN LA CUENCA BAJA RÍO
ACHIGUATE, ESCUINTLA, GUATEMALA; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS
EN LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE
RIESGOS**

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

POR

ANA DEL ROSARIO CASTAÑEDA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, OCTUBRE DEL AÑO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACUTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

DR. CARLOS ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. Josué Benjamín Boche López
VOCAL QUINTO	MEH. Rut Raquel Curruchich Cúmez
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, Octubre de 2015

Guatemala, Octubre de 2015

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 titulado: **Estudio de la erosión de los suelos en la cuenca baja Río Achiguate, Escuintla, Guatemala; diagnóstico y servicios realizados en la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos**, presentado como requisito previo para optar por el título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ANA DEL ROSARIO CASTAÑEDA

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios: Porque todo es para mí creador, el que llena mi vida de tanta bendición y con todo mi amor le entrego este triunfo, para que este en sus manos y haga de mí una profesional con ética y valores. Le agradezco el haberme dado la oportunidad de alcanzar esta meta, por darme la sabiduría, entendimiento, amor, paciencia y compañía a lo largo de este proceso y por haber guiado mi vida a esta carrera tan bendita.

Mi madre: La mujer que lo hizo todo posible, Abigail Castañeda, la mejor madre y el ser que más amo, por tu esfuerzo, consejos, apoyo en mis decisiones y haberme dado la mejor herencia, la educación. Este triunfo de las dos.

Mi segunda madre: Hilda Castañeda, porque eres una mujer muy especial, un gran ejemplo y ocupas un lugar muy importante en mi vida, con todo mi cariño.

Mi hermana: Erly, con todo cariño y mis mejores deseos, porque eres una buena hermana, siempre riéndote y haciendo reír, para que sea un ejemplo y sigas adelante.

Mi sobrinito: Elmer Javier, con mucho cariño para ti, porque eres un niño muy inteligente y espero influya en tu vida, para que llegues a ser un buen profesional.

Tías: Ana y Antonieta Castañeda, con mucho cariño, porque junto a mis madres, me crearon y de ustedes aprendí los principios que ahora tengo, son un gran ejemplo de mujer, muchas gracias.

Hermanos Castañeda Hernández: por su apoyo, su interés, cariño hacia mi persona y la motivación que me han dado para continuar en mis estudios.

Gustavo Romero: por tu amor, cariño, tus consejos y apoyo para lograr esta meta, por ser un gran hombre y hacer de mí una mejor persona.

Familia: Victor y Suzel Medina, Yara Castañeda, Juan Carlos, Enrique, Marlyn Lima y familia, y a toda mi familia gracias por su cariño y apoyo.

Claudia Saput: por ser una gran amiga y compañera, por todo el tiempo que compartimos desde que entramos a la universidad, te tengo un cariño muy especial y deseo que tengas una vida llena de éxito.

Amigos de la FAUSAC, Mariano Martínez, Diego Castañeda, Melvin Navarro, Yasmin Silvestre y Raúl Lemus, por su amistad y compañerismo, por haber formado parte en mi vida y aprender junto a ustedes.

A todos mis amigos, en especial a Mariluz Solares, Lucía González, Jaime Hernández, Víctor Jiménez y Kevin Coro, por su valiosa amistad y por todos los momentos compartidos, le agradezco a Dios por contar con su amistad

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

Mi patria Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

La Facultad de Agronomía

Centro Educativo Nuestra Señora de La Esperanza (CENSE)

Mis Asesores

DIGEGR

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis supervisores

Los ingenieros Horacio Ramírez y Pedro Peláez: por sus aportes, asesoría y el tiempo dedicado en la ejecución del presente trabajo.

Mis asesores

Los ingenieros Hugo Tobías y Rudy Vásquez: por su importante y valiosa asesoría y el tiempo dedicado para culminar la investigación. Su asesoría, consejos y recomendaciones fueron una valiosa ayuda, gracias.

DIGEGR

En especial a Rafael López, Ing. Rudy Vásquez, Ing. Rovoham Monzón y Dr. José Miguel Duro, por el apoyo y haberme permitido desarrollar el EPS en esta dirección. A la ingeniera Judith del Cid, los ingenieros William González, Rogelio Pacheco, Oscar Hernández, Cesar García y Manuel Tum, por el apoyo y tiempo dedicado en mis consultas, muchas gracias.

Catedráticos de la FAUSAC

Gracias por sus enseñanzas, conocimientos y su ejemplo al haber influido en mi persona, para ser una profesional de éxito.

Ing. Agr. Edwin Cano: Por sus enseñanzas, conocimientos, apoyo, amistad y sus consejos en el proceso de mi formación profesional.

Dr. Iván Dimitri: Por su recomendación de mi persona a la DIGEGR, para desarrollar el EPS, los conocimientos, consejos y enseñanzas, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN	vii
1 CAPITULO I	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos.....	4
1.3 METODOLOGÍA.....	4
1.3.1 Información primaria.....	4
1.3.2 Información secundaria.....	5
1.3.3 Análisis de la Información.....	5
1.3.4 Recursos.....	5
1.4 RESULTADOS.....	6
1.4.1 Ubicación de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos -DIGEGR-.....	6
1.4.2 Historia.....	8
1.4.3 Organización de la DIGEGR.....	9
1.4.4 Según acuerdo gubernativo 338-2010, Art. 23.....	10
1.4.5 Organización del personal de la DIGEGR.....	11
1.4.6 Funciones del personal.....	13
1.4.7 Líneas estratégicas de DIGEGR para el año 2014.....	14
1.4.8 Proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala.....	15
1.4.9 Avances del proyecto (Primera Fase).....	24
1.4.10 Aspectos importantes del proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos.....	25

1.4.11	Estudio semidetallado de suelos del departamento de Escuintla.....	26
1.5	CONCLUSIONES	29
1.6	BIBLIOGRAFÍA	30
2	CAPITULO II	31
2.1	PRESENTACION.....	33
2.2	MARCO TEÓRICO	34
2.2.1	MARCO CONCEPTUAL.....	34
2.3	MARCO REFERENCIAL	52
2.4	OBJETIVOS.....	75
2.4.1	General	75
2.4.2	Específicos.....	75
2.5	METODOLOGÍA	76
2.5.1	Trabajo de Gabinete.....	76
2.5.2	Trabajo de Campo.....	78
2.5.3	Fase final de Gabinete	79
2.6	RESULTADOS.....	82
2.6.1	Estudio de la erosión del suelo.....	82
2.7	CONCLUSIONES	133
2.8	RECOMENDACIONES.....	134
2.9	BIBLIOGRAFÍA.....	135
3	CAPITULO III	139
3.1	PRESENTACIÓN.....	140
3.2	OBJETIVOS.....	141
3.2.1	General	141
3.2.2	Específicos.....	141
3.3	Servicio I: Apoyo técnico al proyecto de taxonomía de suelos del departamento de Escuintla.	142
3.3.1	Actividad I: Apoyo en fase de muestreo de campo de las unidades cartográficas de suelos del departamento de Escuintla.	142
3.3.2	Actividad II: Realización de pruebas de infiltración y generación de gráficas de los suelos pertenecientes a los paisajes pie de monte, lomerío y planicie fluvio-marina del departamento de Escuintla	147

Recolectar información del comportamiento de la infiltración de agua en los suelos del departamento de Escuintla.	147
3.3.3 Actividad III. Apoyo en la colección y realización de monolitos o columnas de suelos en campo.....	153
3.3.4 Actividad IV. Apoyo en las pruebas de compactación de los suelos del departamento de Escuintla.	156
3.4 Servicio II. Apoyo a las actividades del Plan Operativo Anual de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo del MAGA.....	159
3.4.2 Actividad II. Apoyo a la digitalización de la ortofotos referido al uso de la tierra de la Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA – 2014	165
3.5 CONCLUSIONES.....	169
3.6 BIBLIOGRAFÍA	170

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Ubicación de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos	7
Figura 2. Estructura de la DIGEGR.....	11
Figura 3. Organigrama actual de la DIGEGR.....	12
Figura 4. Erosión del suelo, en el departamento de Escuintla	28
Figura 5. Ubicación de la cuenca baja Río Achiguate.....	54
Figura 6. Edad en meses de cosechas por estratos. Períodos 2008/2009 a 2010/2011 ..	56
Figura 7. Mapa de ubicación de estaciones climáticas	59
Figura 8. Climadiagrama de la estación Amazonas, Masagua, Escuintla.....	60
Figura 9. Climadiagrama de la estación Bouganvilia, La Democracia, Escuintla	61
Figura 10. Climadiagrama de la estación Costa Brava, La Democracia, Escuintla.....	62
Figura 11. Climadiagrama de la estación Trinidad, Masagua, Escuintla.....	62
Figura 12. Climadiagrama de la estación Bonanza, La Gomera, Escuintla	63
Figura 13. Climadiagrama de la estación San Antonio El Valle, La Gomera, Escuintla	63
Figura 14. Mapa de zonas de vida.....	66
Figura 15. Mapa de Ordenes de suelo.....	68
Figura 16. Mapa de capacidad de uso de la tierra	70
Figura 17. Mapa de Intensidad de Uso de la Tierra	72
Figura 18. Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra.....	74
Figura 19. Mapa de erosión hídrica del suelo	85
Figura 20. Descripción morfológica del suelo de la observación 01	87
Figura 21. Descripción morfológica del suelo de la observación 02	88
Figura 22. Descripción morfológica del suelo de la observación 03	89
Figura 23. Descripción morfológica del suelo de la observación 04	90
Figura 24. Descripción morfológica del suelo de la observación 05	91
Figura 25. Descripción morfológica del suelo de la observación 07	92
Figura 26. Descripción morfológica del suelo de la observación 08	93
Figura 27. Descripción morfológica del suelo de la observación 09	94
Figura 28. Descripción morfológica del suelo de la observación 10	95
Figura 29. Descripción morfológica del suelo de la observación 11	96
Figura 30. Descripción morfológica del suelo de la observación 12	97
Figura 31. Descripción morfológica del suelo de la observación 13	98
Figura 32. Descripción morfológica del suelo de la observación 17	99
Figura 33. Descripción morfológica del suelo de la observación 19	100
Figura 34. Descripción morfológica del suelo de la observación 21	101
Figura 35. Descripción morfológica del suelo de la observación 22	102
Figura 36. Descripción morfológica del suelo de la observación 23	103

Figura 37. Descripción morfológica del suelo de la observación 25.....	104
Figura 38. Descripción morfológica del suelo de la observación 29.....	105
Figura 39. Descripción morfológica del suelo de la observación 32.....	106
Figura 40. Descripción morfológica del suelo de la observación 33.....	107
Figura 41. Descripción morfológica del suelo de la observación 35.....	108
Figura 42. Mapa de grupos por similitud de suelos.....	111
Figura 43. Mapa de tipos de erosión del suelo en base a SSS, 1993.....	114
Figura 44. Distribución del porcentaje de arcillas.....	117
Figura 45. Distribución del porcentaje de limos.....	118
Figura 46. Distribución del porcentaje de Arenas.....	118
Figura 47. Texturas del suelo superficial.....	120
Figura 48. Proceso de descripción morfológica del perfil de suelo.....	144
Figura 49. Toma de muestras de los horizontes del perfil del suelo.....	145
Figura 50. Montaje del equipo y realización de pruebas de infiltración.....	149
Figura 51. Pruebas de infiltración realizadas en el departamento de Escuintla.....	150
Figura 52. Boleta de toma de datos de prueba de infiltración del suelo.....	152
Figura 53. Resultados y gráfica de velocidad e infiltración del suelo.....	153
Figura 54. Elaboración de columna del suelo.....	155
Figura 55. Prueba de compactación del suelo.....	157
Figura 56. Explicación del uso de los mapas de suelos y capacidad de uso de tierras ...	163
Figura 57. Digitalización de ortofoto con información del uso de la tierra, ENA 2014.....	166

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Coordenadas de la cuenca baja Río Achiguate	53
Cuadro 2. Habitantes por municipio proyectado al año 2014.....	53
Cuadro 3. Épocas de verano, asociadas a la altura sobre el nivel del mar.....	56
Cuadro 4. Coordenadas de ubicación de estaciones meteorológicas.	58
Cuadro 5. Registros de las estaciones meteorológicas de CENGICAÑA, 2013	60
Cuadro 6. Registro del comportamiento del viento	64
Cuadro 7. Cobertura vegetal y uso de la tierra de la cuenca baja Río Achiguate	73
Cuadro 8. Rangos de profundidad y tipos de erosión (SSS, 1993).....	80
Cuadro 9. Fotografía área utilizada.....	82
Cuadro 10. Tipos de erosión.....	83
Cuadro 11. Grupos por similitud de suelos	109
Cuadro 12. Recolección de características físicas y químicas del suelo	110
Cuadro 13. Volumen de suelo perdido por grupo de similitud de suelos	113
Cuadro 14. Granulometría del suelo de la cuenca baja Río Achiguate.....	116
Cuadro 15. Matriz de causas y lineamientos para la protección y conservación de los suelos de la cuenca baja Río Achiguate	128
Cuadro 16. Insumos empleados para la descripción de suelos	143
Cuadro 17. Perfiles de suelo en los que se apoyó en la descripción de calicatas	146
Cuadro 18. Municipios e infiltraciones realizadas en el departamento de Escuintla	151
Cuadro 19. Ubicación de los puntos muestreados.....	158
Cuadro 20. Resultados de la compactación de los suelos en PSI	158
Cuadro 21. Número de participantes por institución	160
Cuadro 22. Formato para identificación de UCS.....	164
Cuadro 23. Formato para identificación de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso	164
Cuadro 24. Códigos empleados para identificar polígonos con información rechazada. .	167
Cuadro 25. Ortofotos digitalizadas para la ENA 2014.....	168

ESTUDIO DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS EN LA CUENCA BAJA RÍO ACHIGUATE,
ESCUINTLA, GUATEMALA; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA
DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE
RIESGOS

RESUMEN

El EPS fue realizado de Febrero a Noviembre del año 2014, proporcionando apoyo a la Dirección de Información, Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos –DIGEGR- del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-. Por medio del diagnóstico realizado en la DIGEGR, fue posible conocer su historia, organización, servicios, programas y proyectos que desarrolla para la población guatemalteca. Asimismo se conoció el desarrollo del actual proyecto que ejecuta, “Mapa de Taxonomía de Suelos y Clasificación de Uso de la Tierra de la República de Guatemala a escala 1:50000”, el cual se realizaba para el departamento de Escuintla.

La investigación es titulada “**Estudio de la erosión de los suelos en la cuenca baja Río Achiguate, Escuintla, Guatemala**”, de la cual su metodología consta del uso de la técnica de fotointerpretación, observación de campo y entrevistas realizadas en el área. Con el análisis e integración de la información recabada se conocieron los factores que actúan desfavorablemente, causando la erosión de sus suelos. Se elaboraron lineamientos generales para su conservación, que van guiados a cada uso de la tierra, para contribuir a la protección y su sostenibilidad.

Los servicios prestados a la DIGEGR fueron el apoyo técnico al proyecto de taxonomía de suelos del departamento de Escuintla, en su segunda fase de campo y gabinete. Asimismo el apoyo a las actividades del Plan Operativo Anual de la DIGEGR, donde se colaboró en la capacitación del taller del uso del estudio de suelos del departamento de Sololá y a la digitalización de la información de campo obtenida sobre fotografías aéreas, para la Encuesta Nacional Agropecuaria del año 2014.



1 CAPITULO I

**INFORME DE DIAGNÓSTICO DE LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA,
ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS -DIGEGR-**

1.1 PRESENTACIÓN

Con el fin de realizar un diagnóstico general de la Dirección Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos –DIGEGR-, enfatizando en el Proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala, se tomó información en base a la observación, entrevistas y documentos generados por esta dirección. La DIGEGR es la dirección del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, encargada de generar y procesar información geográfica y de gestión de riesgos, relacionado con la agricultura y los recursos naturales del país, difundir esta información y ponerla a disposición del despacho ministerial para la toma de decisiones y apoyo al desarrollo rural. Inicia sus funciones en 1999, posterior a la emergencia causada por el huracán Mitch, actualmente se ubica dentro de las instalaciones del MAGA.

El proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos, es un proyecto que permite al productor de Guatemala tener información actual del estado de sus suelos, asimismo, tomar decisiones certeras sobre su uso y manejo con el propósito de mejorar la productividad de sus cultivos sin descuidar el suelo. Se han publicado tres estudios de los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá.

En el diagnóstico se desarrolla de una manera general la situación actual de la DIGEGR, presentando su historia y la base legal bajo la cual se encuentra funcionando, asimismo los aspectos de organización, funciones y proyectos que se ejecutan. De los proyectos que se realizan en la dirección, se profundizó en el Proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos de la República de Guatemala, para conocer los avances del proyecto y su proceso. A manera de conocer el trabajo y la generación de este proyecto se detalla en resumen la metodología empleada para la ejecución de este proyecto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conocer el funcionamiento de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión del Riesgos –DIGEGR- del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-, con énfasis en el Proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala.

1.2.2 Específicos

- Conocer los principios, funciones, líneas de trabajos y proyectos que se ejecutan actualmente en la DIGEGR.
- Conocer el estado actual del proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos.
- Describir la metodología empleada en el proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos.
- Analizar la información recopilada tanto de la institución como del proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos.

1.3 METODOLOGÍA

Para la elaboración del diagnóstico, se trabajó únicamente en las instalaciones de la DIGEGR, recolectando información de las siguientes fuentes:

1.3.1 Información primaria

Se realizaron entrevistas a los directores y coordinadores de la DIGEGR, sobre la situación actual en que se encuentra esta dirección, asimismo al coordinador y personal técnico que labora para el proyecto mapa de taxonomía de suelos.

1.3.2 Información secundaria

Se realizó la recolección de información referida a la DIGEGR, por medio de los planes operativos anuales, organigrama, líneas de trabajo, investigaciones y proyectos, y se consultó la página en línea del MAGA.

Asimismo, se procedió a consultar las publicaciones de los estudios semidetallados de suelos de los departamentos de Sacatepéquez, Chimaltenango y Sololá.

Se recolectó por parte del equipo técnico, una serie de fotografías tomadas en campo, de los suelos del departamento de Escuintla, que es el departamento que actualmente se está trabajando.

1.3.3 Análisis de la Información

En esta fase se llevó a cabo la organización y descripción de la recopilación de información, que permitió conocer la situación actual de la DIGEGR, se presenta de manera general la metodología de elaboración y avances del proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos.

1.3.4 Recursos

Físicos

- Computadora
- Lápiz
- Libreta
- Grabadora
- Página virtual MAGA y otras instituciones
- Documentos generados del proyecto de taxonomía de suelos
- Plan Operativo Anual de la DIGEGR
- Organigrama de la DIGEGR
- Lineamientos de trabajo de la DIGEGR
- Cuestionario de apoyo para la entrevista
- Fotografías de los suelos del departamento de Escuintla

Humanos

- Entrevista a las autoridades de la DIGEGR
- Entrevistas a grupo de edafólogos del Proyecto de Taxonomía de Suelos
- Entrevistas al personal en general de la DIGEGR

1.4 RESULTADOS

1.4.1 Ubicación de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos -DIGEGR-

La Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos -DIGEGR-, se encuentra en las instalaciones del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA- ubicada en la 7ª. Ave. 12-90, Zona 13, Ciudad de Guatemala.



Figura 1. Ubicación de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos

1.4.2 Historia

La Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos –DIGEGR- inició en el año 1999, como resultado de la ejecución del Programa de Emergencia por Desastres Naturales (PEDN) por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- ante la emergencia generada en el país por el huracán Mitch, financiado a través de un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) hacia el Gobierno de Guatemala. A partir de este programa el MAGA tuvo específicamente adjudicado para su ejecución el componente Estudios para la Prevención de Desastres y Evaluación de sus Daños en Cuencas Hidrográficas Estratégicas. La unidad ejecutora designada por el MAGA, fue la Unidad de Políticas de Información Estratégica (UPIE).

En Septiembre 2001 inició el proyecto Fase Consolidación del Laboratorio de Información Geográfica de MAGA, bajo la información de la Unidad de Proyectos Cooperación Externa y Fideicomisos (UPCEF), por parte de una cooperación reembolsable del BID, teniendo como meta obtener del MAGA la aprobación para la formación de una Unidad con carácter permanente dentro de su organigrama, dotada de presupuesto anual, que dispusiera de mecanismos de actualización de la información y de medios de atención de los usuarios, tanto internos del Ministerio como externos al mismo.

Bajo acuerdo Ministerial No. 750-2002 se crea la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo (UPGGR), como una unidad de ejecución especial dentro del MAGA, dependiendo directamente del Despacho Ministerial.

En el año 2005, bajo acuerdo gubernativo No. 216-2005 el Despacho Superior del MAGA, tomó la decisión de darle carácter permanente a la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo (UPGGR), derivado de los resultados positivos obtenidos de esta unidad.

En el año 2010 se establece la estructura interna de la Dirección Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo, en el Artículo 23 del Acuerdo Gubernativo No. 338-2010 derivado de la reestructura establecida por el Despacho Superior al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, con esta reforma legal la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de

Riesgos fue transformada a una Dirección del MAGA adscrita directamente al Despacho del Señor Ministro.

1.4.3 Organización de la DIGEGR

1.4.3.1 Misión

Generar, procesar y poner a disposición de las autoridades del Ministerio y Proyectos vinculados, información cartográfica y temática, vinculada a la agricultura y los Recursos Naturales Renovables así como aspectos sociales que orienten en la toma de decisiones destinadas al cumplimiento de la política agropecuaria nacional.

1.4.3.2 Visión

El país cuenta con información digital actualizada que facilita la elaboración de Programas, Proyectos, Planes y otras herramientas tendientes a alcanzar el ideal de un desarrollo sostenible.

1.4.3.3 Objetivo general de la DIGEGR

La Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos, tiene por objeto, generar, procesar y difundir información geográfica, estadísticas agropecuarias, de seguridad alimentaria y de gestión de riesgo, contribuyendo al análisis del sector, que permita proponer medidas estratégicas y de coyuntura en apoyo a los subsectores agrícola, pecuario, forestal e hidrobiológico. Así mismo, monitorear la producción agropecuaria: ubicación, superficies, tendencias, precios y mercadeo, para orientar y facilitar al Despacho Superior e instancias vinculadas la toma de decisiones relativas al desarrollo rural.

1.4.4 Según acuerdo gubernativo 338-2010, Art. 23

Objetivos de la DIGEGR

- Generar a diferentes escalas cartográficas información digital de temas referidos a los subsectores agrícola, pecuario e hidrobiológico, tales como estudios de suelos, aguas, coberturas vegetales y usos de la tierra.
- Establecer en conjunto con otras direcciones del Ministerio e instituciones de Cooperación internacional un sistema de monitoreo de la producción agropecuaria del país, que de forma continua y según los calendarios agropecuarios anuales, permita la determinación de la ubicación de las producciones, superficies cultivadas, estado fenológico, pronóstico de cosecha, precios, tendencias en el mercado y otros.
- Generar un proceso de capacitación y transferencia de tecnología del manejo de la información geográfica y estratégica, dirigido a usuarios internos y externos al Ministerio, que apoye los procesos de planificación sectorial a diferentes niveles: nacional, departamental y municipal.
- Orientar técnicamente a los extensionistas, personal de campo y direcciones del Ministerio, en los temas de información geográfica y estratégica de modo que optimicen su accionar en el campo.
- Coordinar la representación del Ministerio, cuando éste así lo requiera ante las distintas organizaciones, foros y eventos que se relacionen a los temas de información geográfica estratégica.
- Establecer criterios de análisis y métodos apropiados para solventar las solicitudes de apoyo técnico, dictámenes, estudios y proyectos que el Despacho Ministerial u otras instancias vinculadas al campo de su dominio le requieran.
- Recibir y responder a las demandas de solicitud de información que realicen usuarios internos y externos al Ministerio, a través de una ventanilla de atención al usuario.
- Establecer un sistema de Información estratégica que incluya estadísticas agropecuarias y de seguridad alimentaria y Gestión de Riesgos, para el análisis del sector y proponer medidas estratégicas y de coyuntura que permitan apoyar los subsectores agrícola, pecuario e hidrobiológico.

1.4.5 Organización del personal de la DIGEGR

1.4.5.1 Estructura de la DIGEGR

Para el cumplimiento de sus atribuciones, la DIGEGR se estructura de la siguiente manera: Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos, Laboratorio de Información Geográfica e Información Estratégica y Gestión de Riesgos.



Figura 2. Estructura de la DIGEGR

1.4.5.2 Organigrama del personal de la DIGEGR

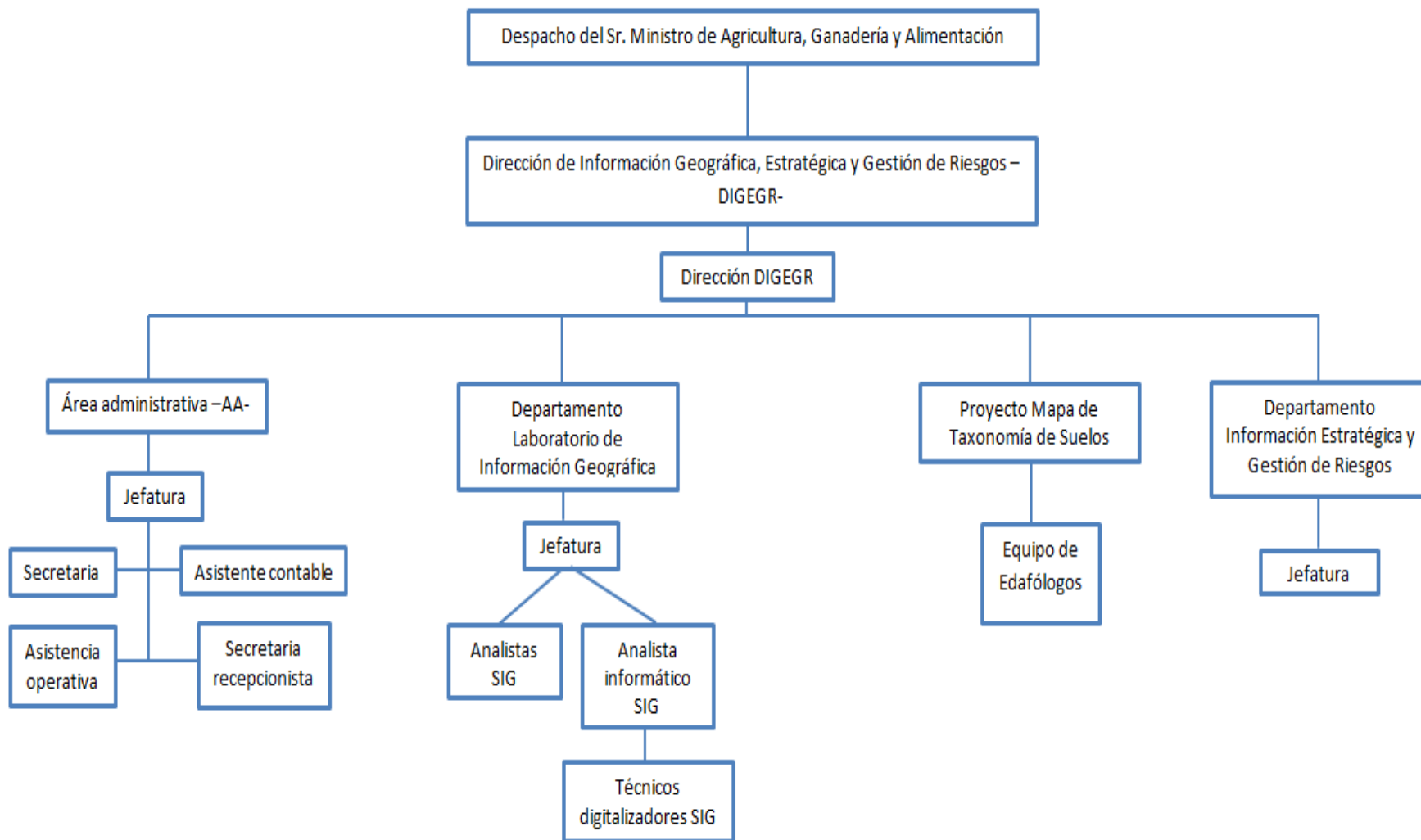


Figura 3. Organigrama actual de la DIGEGR

1.4.6 Funciones del personal

1.4.6.1 Director general

Define los criterios de análisis y métodos apropiados para solventar la solicitud de apoyo técnico, dictámenes, estudios y proyectos solicitados por el despacho ministerial dentro de la temática de su dominio, enmarcados en cartografía digital y temática referida a la agricultura y los recursos naturales renovables y medidas de prevención-mitigación de daños causados por desastres naturales.

1.4.6.2 Jefe del departamento administrativo DIGEGR

Tiene a su cargo realizar el control de la ejecución y registro contable del presupuesto asignado, a través de la operación de registro del Sistema de Gestión (SIGES) y el Sistema de Contabilidad Integrada (SICOIN) del MAGA.

1.4.6.3 Jefe técnico de laboratorio

Tiene a su cargo el funcionamiento del laboratorio SIG-MAGA y la administración del personal a su cargo; técnicos analistas en SIG, técnicos digitalizadores y administradores de bases de datos.

1.4.6.4 Área técnica

Elabora y supervisa el funcionamiento de las bases de datos vinculantes a la información cartográfica generada, esto es el desarrollo de la base de datos espaciales y no espaciales: incluyendo la captura, edición, impresión e informes de los mapas vinculados a información estratégica y gestión de riesgos.

1.4.6.5 Jefe de información estratégica

Coordina con la Dirección de Coordinación Regional y Extensión Rural -DICORER-, la identificación y delimitación de áreas afectadas por desastres naturales; establece

métodos de valoración, para los sistemas de producción en el laboratorio de SIG, elabora y analiza los diferentes mapas que se realiza dentro de su ámbito de acción.

1.4.6.6 Jefe del proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos

Tiene a su cargo la dirección, coordinación y organización del proyecto mapa de taxonomía de suelos, realizando la planificación de las fases de gabinete y campo. Direcciona las actividades y el trabajo del grupo de edafólogos encargados del levantamiento de suelos, revisa informes de laboratorio de suelos y genera los documentos y mapas de taxonomía de suelos y capacidad de uso de la tierra.

1.4.7 Líneas estratégicas de DIGEGR para el año 2014

La DIGEGR formula un Plan Operativo Anual, en el cual define sus líneas de trabajo, productos parciales y actividades que conlleva cada una de estas, a continuación se presentan las líneas de trabajo de la DIGEGR correspondientes al año 2014

1.4.7.1 Estudios de taxonomía de suelos

- Estudio de los suelos del Departamento de Guatemala finalizado y entregado
- Seguimiento al estudio de suelos del Departamento de Escuintla
- Interpretación geomorfológica de Totonicapán, Quetzaltenango y San Marcos realizada
- Proceso de entrega de los estudios de suelos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá evaluado
- Técnicos de los laboratorios nacionales de suelos capacitados

1.4.7.2 Generación de información del laboratorio de información geográfica

- Mapa nacional de cobertura vegetal y uso de la tierra 2010 (escala 1:50,000) finalizado

- Apoyo para la elaboración del Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (COBUSOT), 2012 a escala 1:50,000.
- Mapas de los estudios de Suelos de Guatemala y Escuintla generados / Capas digitales de geomorfología de Totonicapán, San Marcos y Quetzaltenango finalizadas.
- Apoyo al Despacho, MAGA y otras instancias
- Apoyo al INE en las encuestas agropecuarias ENA 2013-2014
- Capacitaciones a SNER
- Capacitación al equipo técnico SIG

1.4.7.3 Gestión de riesgos

- Apoyo para finalizar el Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra 2010
- Apoyo para generar el Mapa de Uso de la Tierra 2012
- Apoyo al comité de Prevención y Mitigación de Daños Agropecuarios
- Apoyo a capacitaciones del SNER

1.4.8 Proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala

Gran parte del desarrollo agrícola depende del adecuado y racional uso de los recursos naturales, en Guatemala el sector más grande en economía es la agricultura, de la cual su sostén es el suelo y la dependencia del ambiente en general, sin embargo carece de información detallada de sus suelos, cuenta únicamente con el estudio de suelos realizado por Simmons, Tárano y Pinto en los años de 1940 y 1950 a escala 1:200,000 y un Mapa de Capacidad Productiva de la Tierra a escala 1:250,00 y publicado a escala 1:500,000, generado en el año 1980 bajo coordinación de SEGEPLAN y el PNUD, la información de estos estudios es antigua, con escala a nivel de reconocimiento lo que no permite conocer a un nivel más detallado las características que involucra y no existen mapas de aplicaciones derivados del mismo.

Es necesario realizar un estudio de los suelos del país con más detalle, derivado de la situación actual en la que se encuentra; iniciando en el año 2005 por parte de la DIGEGR un estudio de pre inversión por lo que se contrató al Ingeniero Agrónomo y especialista en suelos Hugo Tobías. Este incluía recomendaciones sobre la conveniencia de establecer alianzas con países expertos en el tema por lo que se firmó el Convenio de Cooperación No. 43-2006: Fortalecimiento Institucional y Asistencia Técnica entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la República de Guatemala y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC- de la República de Colombia”. El convenio tiene como objeto el compromiso del IGAC de brindar asesoría, capacitación, acompañamiento y supervisión para que el MAGA pueda obtener el Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra en su fase I que involucra los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Escuintla, Sololá, Totonicapán, Quetzaltenango y San Marcos.

Los resultados del proyecto de taxonomía de suelos permitirán conocer las características de los suelos a detalle, sus limitaciones y fertilidad. Por medio de la aplicación y uso de los estudios que se generaran ofrece a la población mejores oportunidades, aumento de productividad, aplicar técnicas de conservación de suelos y métodos adecuados para cultivos, como también la información necesaria para iniciar procesos de planificación territorial agropecuaria, fomentar y fortalecer los usos agroforestales y forestales.

1.4.8.1 Responsables técnicos del proyecto

El proyecto es coordinado por el Ing. Agr. PhD. José Miguel Duro Tamásiunas, director de la DIGEGR, quien es el coordinador del convenio 43-2006; apoyado por el Ing. Agr. Rudy Vásquez Villatoro y el Ing. Agr. Rovoham Monzón.

Como parte del convenio el IGAC nombro en representación para el proyecto al sub director de agrología el Dr. Germán Darío Álvarez y el Dr. Ricardo Siachoque como coordinador técnico nombrado para el proyecto de taxonomía de suelos de Guatemala.

Actualmente el levantamiento de suelos lo realiza un grupo de 6 profesionales edafólogos dirigidos por el Jefe Técnico Edafólogo Ing. Agrólogo William Hernán González Martínez de nacionalidad colombiana.

1.4.8.2 Metodología del proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos

En la metodología del proyecto de suelos se realizan las siguientes etapas:

A. Primera etapa de gabinete del levantamiento de suelos

Generación y recopilación de información y mapas temáticos correspondientes a los factores formadores del suelo

Esta etapa conlleva la recopilación de información digital e impresa de mapas temáticos de los procesos formadores del suelo. Guatemala cuenta con el estudio de Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala publicado en 1959 y trabajos de campo realizados por Simmons y otros, en 1944 a 1947, y con cobertura parcial se tienen estudios realizados por CENCIGAÑA y la DIGEGR. Así mismo se recolectó información sobre fisiografía, clima, geología y otros aspectos. A requerimiento del proyecto, la DIGEGR generó el mapa de clasificación climática por el Sistema Thornwhaite a escala 1:50,000. También generó la readecuación del mapa de geología en el que participaron los estudiantes de la carrera de Geología del Centro Universitario Norte –CUNOR- de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2007 para el proyecto de levantamiento de suelos.

La DIGEGR coordinó el Proyecto Obtención de Imágenes Digitales a Escala de Detalle de la República de Guatemala teniendo como objetivo la obtención de imágenes digitales de alta resolución, las cuales fueron convertidas a ortofotos de 20 km² y se obtuvieron modelos de elevación digital a escala de detalle, el vuelo fotométrico fue en los años 2006 y 2007.

Generación del mapa y leyenda geomorfológica

Este proceso se realiza con base en la aplicación del Sistema de Clasificación Geomorfológica de Zinck, 1987. El proceso conlleva el uso de fotografías aéreas formando pares estereoscópicos para fotointerpretar las unidades geomorfológicas que son delimitadas y plasmadas en un acetato. Las unidades delimitadas se identifican con un símbolo alfanumérico que indica el paisaje, tipo de relieve, forma del terreno, grado de pendiente, erosión y pedregosidad superficial.

Los acetatos delimitados son escarneados para proceder a su vectorización por medio de la utilización del software ERDAS con el modulo Corrección geométrica se realiza la ubicación espacial en los tres ejes (x, y, z) de las delineaciones del acetato y por último se vectorizaron las delineaciones e las unidades geomorfológicas.

La pendiente es uno de los atributos del símbolo de las unidades geomorfológicas, para la asignación de ella se estimó mediante SIG por medio del modelo de elevación digital y la pendiente predominante dentro de cada unidad.

El diseño de la leyenda geomorfológica por el fotointerpretador contiene la información de los paisajes, tipos de relieve, forma del terreno, material parental y su símbolo. La leyenda fue editada en el SIG agregando el símbolo correspondiente a cada unidad geomorfológica.

Preparación y planificación del trabajo de campo

Esta etapa incluye las herramientas necesarias que el equipo de edafólogos utilizan en el levantamiento de suelos:

- Se utilizan dos boletas para la captura de datos: una boleta para la toma de datos de cajuelas y barrenajes y otra boleta para la toma de datos en las calicatas. Para ambos se toman como base las boletas oficiales del IGAC, sin embargo se realizaron ajustes para adaptarlas a las condiciones de Guatemala.
- La base de datos del proyecto de taxonomía se realizó con el software Visual Basic®, que permitió elaborar el modelo entidad-relación vinculado al motor de bases de datos del SQL Server®, en este se almacena, organiza y relaciona la

información de los datos tomados en campo. Se desarrolló con base a esta estructura la vinculación de los campos de información contenidos en cajuelas y calicatas hacia una interfaz, en esta se ingresa la información de campo por parte de los edafólogos y posteriormente se compila en el sistema de almacenamiento del Laboratorio SIG-MAGA a través del SQL Server. La información de salida se realiza a través de hojas electrónicas para los análisis posteriores correspondientes.

- El equipo de edafólogos es dotado antes de salir a campo con materiales, herramientas, reactivos, información cartográfica, vehículos y todo material necesario para realizar el levantamiento de suelos.
- Se realizó el diseño del muestreo de campo sobre la base que proporcione el mapa geomorfológico, sobre este se distribuyeron homogéneamente las observaciones calculadas.

B. Trabajo de campo del levantamiento de suelos

Socialización de la actividad de campo y el proyecto

En cada departamento es necesario realizar la socialización del proyecto a las autoridades civiles, líderes comunitarios, instituciones y municipalidades y a la población en general con el fin de informar las actividades a realizar.

Realización de observaciones

Las observaciones se realizan mediante excavaciones denominadas cajuelas y barrenajes. Las cajuelas tienen dimensiones de 50 cm x 50 cm por lado y 50 cm de profundidad, los barrenajes se realizan a una profundidad de 130 cm con barreno de suelos de tipo holandés. De estas observaciones se toma información sobre las variables topográficas y climáticas, de igual manera se describen los horizontes superficiales, profundidad, color, textura, estructura, consistencia, presencia de fragmentos de roca y reacciones al NaF, peróxido de Hidrogeno (H₂O₂), ácido clorhídrico (HCL) y potencial Hidrogeno (pH), las cuales son anotadas en las boletas de campo y posteriormente se ingresan al módulo de almacenamiento del Sistema de Base de Datos y procesarlos en

formato de salida de hoja electrónica, a partir de esta se establece la cajuela modal. Al concluir con las observaciones, éstas son identificadas en el Mapa de distribución de observaciones o de “pecas”. Paralelo a la toma de observaciones en campo, se realizan correcciones si son necesarias de los límites geomorfológicos mal trazados por errores de fotointerpretación.

Apertura de calicata, lectura de perfiles y toma de muestras de suelos

La apertura de las calicatas se realiza con dimensiones de 1.80 metros de largo, 1.20 de ancho y 1.30 metros de profundidad, describiendo las características externas y los horizontes identificados, a la vez se toman muestras de suelo por horizonte para el análisis de laboratorio de tipo químico, físico y mineralógico.

Se realizan pruebas de infiltración y compactación para calicatas seleccionadas, como también monolitos o columnas de suelos representativos de las zonas.

C. Segunda etapa de trabajo de gabinete

Las actividades que se realizan son las siguientes:

Generación del mapa preliminar de suelos con datos de campo

Este se realiza con base en la capa de unidades geomorfológicas y el análisis de la información proveniente de campo. La información de campo se traslada al SQL Server ® generando la capa de puntos de cajuelas y calicatas. Con esta información se trazan las líneas de suelos que forman parte del mapa preliminar con clasificación taxonómica de campo.

Obtención del mapa final de suelos, mapas de aplicaciones y su leyenda respectiva

Al recibir la información de los análisis físicos, químicos y mineralógicos de los laboratorios, se elaboran los mapas finales asignando a cada unidad cartográfica su clasificación definitiva. Finalmente el mapa y su leyenda son trasladados a los técnicos del

IGAC en Colombia para una revisión final y las observaciones se incorporan a la leyenda y mapa respectivo.

Mapas de clasificación de tierras por su capacidad de uso, zonificación y otras aplicaciones

Los mapas de clasificación de tierras por capacidad de uso y zonificación se obtienen según las metodologías propuestas por el IGAC, tomando como base el mapa de clasificación de suelos.

Para el primero se extrae la información sobre las variables: pendiente, erosión, humedad, drenaje natural, suelo, profundidad efectiva, texturas, fragmentos de roca, pedregosidad superficial, afloramientos rocosos y fertilidad natural, clima pisos térmicos y régimen de humedad del suelos; clasificando las delineaciones con el propósito de asignar la clase y subclase por capacidad de uso, incluyendo en la leyenda la definición de los grupos de manejo con base a las limitaciones específicas, usos recomendados y prácticas de manejo de cada una.

El mapa de zonificación física de tierras, tiene como finalidad agrupar unidades de tierras con limitaciones y aptitudes similares. La asignación del uso principal para las unidades cartográficas, es seleccionando con base a la tabla denominada “Variables utilizadas en la evaluación del uso principal de las tierras”

Mapa de uso de la tierra a escala 1: 50,000

Este mapa se construye en base a la información recabada de los talleres de consulta participativa, con los pobladores agrícolas, utilizando como herramienta de ubicación ortofotos a escala 1:20,000 y como referencia de las categorías de uso de la tierra la nomenclatura Corine Land Cover adaptada para Centroamérica, 2002.

Los participantes en los talleres son esencialmente técnicos agrícolas y municipales, técnicos de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, la información otorgada por los participantes, es corroborada mediante visitas de campo para ser escarneada y vectorizada en una capa en formato de SIG, a la cual se le agregan los

atributos con base a las especificaciones de las clasificaciones de la leyenda Corine Land Cover a escala 1:50,000

Mapa de Intensidad de uso de la Tierra

Este mapa se obtiene mediante el intersección de los mapas de uso de la tierra y de clasificación de tierras por su capacidad de uso, como resultado se obtiene una tabla que compara las categorías de ambos mapas. Las categorías de comparación son subutilizado, uso correcto y sobreutilizado que corresponden a las categorías de intensidad de uso de la tierra.

Mapas de aspectos ambientales derivados del mapa de suelos

- **Mapa de contenido de Carbono Orgánico de los suelos y su vínculo con el secuestro de CO₂ atmosférico y el cambio climático global**

El mapa muestra la cantidad del contenido de carbono orgánico (volumen), detalla la importancia del recurso suelo y pone en evidencia la responsabilidad de su manejo.

- **Mapa de limitantes por fragmentos gruesos, profundidad efectiva y fertilidad natural de los suelos**

El mapa representa las zonas críticas con limitantes de fragmentos gruesos, poca profundidad efectiva y baja fertilidad, con propósito de que estas limitantes se tomen en cuenta para aspectos de planificación y ordenamiento del territorio.

- **Mapa de pendientes**

En este mapa se identifican las clases de pendientes que existen en cada departamento. Las clasificación de rangos de pendientes son siete y se identifican con las primeras siete letras del abecedario. Estas son las siguientes:

1. Ligeramente plana 0-3%
2. Ligeramente inclinada 3-7%
3. Modernamente inclinada 7-12%

4. Fuertemente inclinada 12-25%
5. Ligeramente escarpada 25-50%
6. Moderadamente escarpada 50-75%
7. Fuertemente escarpada >75%

(MAGA, 2013)

▪ **Mapa de erosión actual**

Este mapa represente las áreas actuales erosionadas, como producto de factores ambientales y la acción del hombre en la tierra. Al igual que el resto de mapas la generación de este, se hizo con los datos tomados en campo en el levantamiento de suelos y los análisis en el laboratorio de suelos.

En la publicación de los estudios de suelos como parte del proyecto, se adicionan aplicaciones derivadas del levantamiento de suelos basadas en los análisis físicos y químicos de laboratorio. El objetivo de este es mostrar de manera fácil y visual la distribución espacial de las principales características de los suelos, y derivar sus aplicaciones, por lo que se presenta de manera explicativa el comportamiento de estas características y con el fin de mostrar la distribución de estas, cada una se presenta con un mapa, los aspectos más relevantes son los siguientes:

Aspectos físicos

- Grupos texturales
- Porosidad
- Retención de humedad
- Drenaje natural
- Profundidad efectiva y natural

Aspectos Químicos

- pH: reacción del suelo
- Capacidad de intercambio de cationes (actividad del suelo)
- Saturación de bases (indicador de fertilidad química)

- Carbono Orgánico (materia orgánica)
- Fósforo asimilable por las plantas
- Potasio asimilable por las plantas

1.4.9 Avances del proyecto (Primera Fase)

En el año 2007 se dio inicio a los estudios de suelos del país a escala de semidetalle, por intermedio de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos – DIGEGR- del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, en convenio con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-, de Colombia. De los departamentos incluidos en la primera fase del proyecto anteriormente expuestos, se han publicado y entregado los estudios a las autoridades correspondientes de los departamentos de Chimaltenango (2010), Sacatepéquez (2013) y Sololá (2013). Para el departamento de Guatemala el estudio inicio en el año 2011 y se espera para el año 2014 la edición del borrador de este estudio.

Chimaltenango fue el primer departamento en el que se ha realizado el estudio de clasificación de suelos. Este ha funcionado como departamento piloto para el entrenamiento de edafólogos, de los laboratorios de suelos del país y la adecuación de algunas condiciones locales, de algunas variables vinculadas a los factores formadores del suelo.

Se inició con 10 edafólogos encargados del levantamiento de suelos de Chimaltenango, a la fecha se cuenta con 5 edafólogos que han continuado con el proyecto.

Para el análisis de laboratorio de las muestras de suelos se han realizado convenios con los laboratorios de suelos de ANACAFE, ENCA, FAUSAC, CENGICAÑA estos se encargan de los análisis físicos y químicos en Guatemala y el análisis de mineralogía de los suelos se realiza en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC- de Colombia.

En cada uno de los departamentos se han realizado, talleres de capacitación en el manejo y aplicación de la información en el estudio semidetallado de suelos, donde han participado actores líderes de los municipios de cada departamento. Dentro de las

actividades de los talleres se les capacita en el manejo del estudio, las especificaciones y aplicaciones de este, así mismo se capacita sobre el uso del estudio vía digital mediante el software libre gvSIG, por último se realiza la entrega ejemplar del estudio de suelos a cada representante de las organizaciones presentes.

Dentro del proyecto se tiene contemplado el establecimiento de museos de suelos en cada departamento, en donde se expondrán los monolitos de suelos derivados de la elaboración de las calicatas, y los estudios publicados de la taxonomía de suelos. Sin embargo este no se ha realizado por problemas de diferente índole.

1.4.10 Aspectos importantes del proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos

Fortalezas

- Dentro del proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos, se han realizado capacitaciones a parte del grupo de edafólogos, al inicio de este proyecto en el año 2006 se capacitó en Colombia a 10 de ellos de parte del MAGA, la capacitación se llevó a cabo en un tiempo de 25 días, de este personal capacitado solo dos de ellos siguen en el proyecto.
- En el presente año tres de los edafólogos recibirán capacitación en el IGAC de Colombia sobre fotointerpretación, así mismo ellos tienen como objetivo, fotointerpretar los tres departamentos restantes de la primera fase del proyecto, los cuales son: Totonicapán, Quetzaltenango y San Marcos.
- El equipo empleado para la descripción de suelos es el adecuado.
- Cada edafólogo cuenta con el equipo y herramientas necesarias para la descripción del levantamiento de suelos (elaboración de cajuelas, barrenajes y calicatas)
- El proyecto cuenta con el asesoramiento y apoyo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia.

Debilidades

- El recurso humano empleado para el levantamiento de suelos es insuficiente
- Inadecuada organización en la distribución del trabajo de campo para cada edafólogo.
- No existe preparación sobre fotointerpretación de parte de los edafólogos
- Escaso equipo de compactación e infiltración

1.4.11 Estudio semidetallado de suelos del departamento de Escuintla

En Escuintla se inició el estudio en Diciembre del año 2012 y está contemplado tener la edición de este en el año 2015.

Se realizaron 4987 observaciones distribuidas en todo el departamento acorde a las unidades geomorfológicas de suelos, y se incluyeron en el estudio las 1074 observaciones de suelos por CENGICAÑA en 1993. Con los datos de estas observaciones se definieron las unidades cartográficas de suelo paralelo a la selección de los puntos de las calicatas.

Se definieron los siguientes tipos de paisaje en el departamento:

- Montaña volcano-erosional
- Pie de monte
- Lomerío
- Planicie fluvio-marina
- Planicie fluvio-lacustre

Dentro de la planificación del levantamiento de suelos para este departamento, la elaboración de las calicatas se inició en la parte alta iniciando con el paisaje montaña volcano-erosional, y este concluye en la parte baja con la planicie fluvio-marina.

Para este departamento se cuenta con dos técnicos de CENGICAÑA, los cuales han apoyado en la fase de campo desde el inicio de esta, participando en la elaboración de cajuelas y barrenajes y la descripción de los mismos.

Así mismo por parte de CENGICAÑA, se cuenta con mano de obra para la etapa de campo de este departamento. En la primera fase que conlleva la elaboración de cajuelas y barrenajes, se ha acompañado a cada uno de los edafólogos con un trabajador para que labore específicamente en la realización de las cajuelas y barrenajes, la segunda etapa de campo se acompaña de dos trabajadores, los cuales realizan la apertura de las calicatas y otras actividades que demanda el trabajo de campo. Estos trabajadores son empleados de los ingenios azucareros, son capacitados por parte de los edafólogos en cuanto a las medidas y posición de cajuelas y calicatas en el suelo.

1.4.11.1 Problemas de los suelos del departamento de Escuintla

Los suelos de este departamento al igual que toda Guatemala, han evolucionado constantemente por agentes externos a su naturaleza o por la naturaleza misma de su continua formación.

El problema más evidente que se identifica es la existencia de erosión de los suelos. Las causas principales de este son el cambio de uso de la tierra, la falta de métodos de conservación de suelos, agricultura extensiva, mecanización, pastoreo de ganado y el crecimiento demográfico, así mismo los factores ambientales biofísicos colaboran a la problemática.

A continuación se muestran fotografías que presentan la erosión de los suelos del departamento de Escuintla.



Figura 4. Erosión del suelo, en el departamento de Escuintla

1.5 CONCLUSIONES

- La DIGEGR es una de las direcciones del MAGA, depende directamente del Despacho Ministerial y su misión es procesar información georeferenciada del sector agrícola, recursos naturales renovables y gestión de riesgo por amenazas naturales con efectos en el país. La información generada es de utilidad para la toma de decisiones del Despacho Ministerial, programas y proyectos del MAGA, y otras direcciones, colateralmente se apoya otras instituciones estatales.
- La DIGEGR tiene a su cargo la ejecución del Proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala, el cual se está ejecutando derivado del Convenio de Asistencia Técnica No. 43-2006 MAGA-IGAC, mediante el cual se pretende realizar los estudios de suelos, capacidad de uso de la tierra y zonificación de tierras de 8 departamentos del país. Aunque la ejecución del proyecto ha tenido problemas, tanto financieros como técnicos, se han terminado ya 3 estudios (Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá), se tiene avanzados los departamentos de Guatemala y Escuintla, y se espera continuar con los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos y Totonicapán.
- La problemática del proyecto es compleja, todo parte de la falta de disponibilidad financiera para hacer efectivas las contrataciones del personal y poder pagar los gastos referidos a trabajo de campo y laboratorios de suelos, así como otros gastos en que el proyecto incurre. Por otro lado en la contraparte técnica, el país no dispone de especialistas en suelos en la metodología de USDA, por lo tanto hay dependencia de asistencia técnica del IGAC, que en el mejor de los casos, aunque ha mejorado, no responde completamente a los requerimientos del proyecto, y a pesar que el esfuerzo ha sido compartido desde sus inicios con otras instancias del MAGA, la cooperación externa y la academia nacional, ninguno de estos sectores ha reaccionado y propuesto apoyos formales a la unidad ejecutora del proyecto.

1.6 BIBLIOGRAFÍA

1. DIGEGR (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo, GT). 2013. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sololá. Guatemala. 948 p.
2. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2010. Reglamento orgánico interno del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, acuerdo gubernativo no. 338-2010, art. 22. Guatemala. 17 p.
3. Tacam Cúmez, CA. 2008. Diagnóstico del proyecto: mapa de taxonomía de suelos y capacidad de uso de la tierra a escala 1:50,000 de la república de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 2-24.



2 CAPITULO II

**ESTUDIO DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS EN LA CUENCA BAJA RÍO
ACHIGUATE, ESCUINTLA, GUATEMALA.**

2.1 PRESENTACION

Al suelo se le ha considerado tradicionalmente un medio inerte capaz de aguantar todas las agresiones, pero en realidad, es un medio frágil, incapaz de asumir tantas amenazas. Las agresiones y las presiones que soporta, en su mayor parte derivadas de la actividad humana, están acelerando su proceso de degradación y, si no se pone remedio, las consecuencias pueden ser irreversibles". (Comisión Europea, 2002).

Un aspecto muy importante en la formación de los suelos es el tiempo, pues se requieren de cientos de años para formar algunos centímetros de suelo, entonces se está perdiendo más suelo del que se gana. Cada vez parece más clara la falta de interés por el ser humano hacia este recurso natural, de lo contrario se atendería al suelo y su salud, optando por alternativas de manejo favorables, sin embargo el manejo que recibe causa impactos negativos sobre el suelo, y el ambiente en donde se desarrolla.

La degradación de los suelos es un problema bastante notorio y que actualmente se ve en todo el país, especialmente en las tierras dedicadas a cultivos y construcción, la cuenca baja Río Achiguate no descarta ser un área con suelos erosionados, en ella convergen actividades que ponen en manifiesto la explotación del suelo, sin medidas de conservación.

Este estudio se realizó en la cuenca baja Río Achiguate, ubicada en el departamento de Escuintla, con una extensión de 261.28 km². Muestra de manera descriptiva como los factores climáticos, las actividades agrícolas y agropecuarias afectan y contribuyen a la degradación de los suelos, con ello se presenta una propuesta de lineamientos para su protección y conservación. Se espera que por medio de este documento se preste atención al cuidado de los suelos, contribuyendo al desarrollo agrícola y ambiental de la cuenca baja Río Achiguate y de Guatemala.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1.1 Suelo

“El suelo, es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, que ocupa un espacio y se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones e energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural. El límite superior del suelo es el límite entre el suelo y el aire, aguas poco profundas, plantas vivas o materiales de plantas que no han empezado a descomponerse, mientras que el límite inferior cambia a roca dura o materiales terrestres virtualmente desprovistos de animales, raíces u otras marcas de actividad biológica”. (USDA, 2010)

Foster (1985), define el suelo como un cuerpo o masa natural formada por minerales meteorizados y materia orgánica en descomposición que cubre la tierra formando una capa delgada.

2.2.1.2 Erosión

Es el desprendimiento o desplazamiento de la capa superficial del suelo, debido al viento, agua o hielo e movimiento, provocando la pérdida de materiales nutrientes para las plantas. La erosión hídrica es debida al arrastre del suelo por el agua. La erosión, como proceso se da de forma natural y se lleva a cabo través del tiempo y con el pasar de los años. La erosión acelerada, es aquella que se da a un ritmo mayor al de la erosión natural y es resultado de la destrucción de la cobertura vegetal o por actividades antropogénicas. (Foster, 1985).

2.2.1.3 Agentes Erosivos

A. El agua de lluvia y sus características hidrodinámicas asociadas

Como el tamaño de la gota de lluvia y la velocidad de caída terminal, al impactar en el suelo, especialmente el que carece de cobertura vegetal (Núñez Solís, 2001).

También influyen las características de intensidad, o cantidad de milímetros de lluvia caída por unidad de tiempo: el tiempo que dura el evento pluvial desde que se inicia hasta que concluyen y la frecuencia o regularidad con la que se presenta un evento pluvial en una región particular o número de veces que se repite una tormenta con características similares en intensidad y duración durante un largo período de registro: 10, 20, 50 o más años (Núñez Solís, 2001).

B. La pendiente de los terrenos medida en porcentaje

Equivale a la tangente del ángulo de la pendiente. Estas medidas permiten calificarlos en terrenos planos, ligeramente ondulados, moderadamente ondulados, ondulados, etc. En la medida en que se incremente el ángulo de la pendiente, así como su longitud y su conformación fisiográfica (pendientes simples y complejas), se incrementa la susceptibilidad de las partículas finas del suelo de ser arrastradas por el agua de lluvia, en forma laminar. (Núñez Solís, 2001).

C. La ausencia de vegetación en los terrenos (cobertura vegetal)

Favorece el impacto directo de las gotas de lluvia en los suelos, acelerando los procesos erosivos por salpique de agua de lluvia y por escorrentía laminar. (Núñez Solís, 2001).

D. La condición textural del suelo y su desarrollo estructural

Los suelos en los que predomina gran cantidad de partículas finas como limos y arcillas, calificados sobre su base porcentual como franco arcillo limosos, franco arcillosos y franco

limosos, son más susceptibles a la erosión hídrica por el impacto de gotas de lluvia que los suelos de texturas gruesas como los arenosos francos o los franco arenosos. A su vez el desarrollo estructural del suelo ayuda a evitar los procesos erosivos. Si un suelo tiene un buen desarrollo estructural, tiene espacios porosos y grietas que favorecen la penetración del agua de lluvia o del agua de riego por aspersión, en forma vertical descendente (infiltración), y se evita parcialmente el arrastre de las partículas del suelo por erosión laminar hídrica. Pero la compactación de suelos y el deterioro estructural asociado contribuyen a que se presenten los procesos erosivos. (Núñez Solís, 2001).

E. El uso de la Tierra

Algunos cultivos hortícolas favorecen los procesos erosivos. Por ejemplo, las parcelas donde se siembra cebolla requieren que se elimine la cobertura vegetal, para un mejor control fitosanitario de los cultivos. Este sistema de uso de la tierra deja la parte superior del suelo desprovista de la protección que brinda la cobertura vegetal. La capa superior del suelo se convierte en ligero pasivo de los procesos ligados a los parámetros de agresividad de las lluvias, que causan erosión. (Núñez Solís, 2001).

2.2.1.4 Clases generales de erosión

A. Erosión geológica o natural

Por los mecanismos geomorfológicos que operan en la superficie de la Tierra, la erosión geológica se define como el desgaste de rocas y sedimentos provenientes de la fractura de materiales rocosos, situados en la parte superficial terrestre. Es causada por los siguientes factores:

- La energía proveniente de la radiación solar (que equivale, en promedio a 349 vatios por metro cuadrado).
- Las tensiones gravitacionales y la inercia rotacional del planeta Tierra.
- El calor interno, a través de gradientes geotérmicos o gradientes de calor ligados a la geología interna del planeta.

- Otros factores coadyuvantes como el viento, la lluvia, y los procesos fluviales y marítimos.

La erosión geológica o natural produce, a lo largo de una evolución lenta e imperceptible el desgaste de las superficies rocosas, la modificación de los paisajes y la acumulación de sedimentos en las áreas más bajas de una región geográfica. (Núñez Solís, 2001).

B. Erosión Antrópica

Es la erosión dada por la actividad humana, en su afán por suplir alimentos y materias primas para los diferentes procesos industriales. Al hacerlo, causa desequilibrios en los ecosistemas de la Tierra, favoreciendo el desarrollo de procesos erosivos cuando se talan y queman los bosques y la vegetación circundante, o causando la ruptura del ciclo hidrológico natural. Un efecto directo de la actividad antrópica en tierras altas son las inundaciones en áreas ubicadas geográficamente a baja altitud y cerca de las riberas de los ríos o en las regiones costeras.

Otros efectos directos, perceptibles a simple vista y cuantificables, son las pérdidas de la capa superficial de los suelos, especialmente el horizonte A, junto con sus condiciones naturales de fertilidad. La causa básica es la escorrentía superficial de aguas de origen pluvial, que arrastran las partículas coloidales del suelo en suspensión acuosa, especialmente arcillas y humus. Junto con ellas, se pierden los nutrientes del suelo (Núñez Solís, 2001).

2.2.1.5 Erosión Eólica

Esta clase de erosión se presenta en las regiones que tiene un régimen pluvial estacionalmente seco, y están sujetas a la acción de vientos fuerte. No se consideran erosivos los vientos que tienen velocidades promedio de 5.4 m/s, equivalente a ± 20 kilómetros por hora, y una altura de 30 centímetros sobre la superficie del suelo. Pero los que superan esa velocidad, o las ráfagas de viento intermitentes que pueden alcanzar 40, 50 o 70 km por hora son capaces de poner en suspensión las partículas de suelo, y transportarlas hacia otras regiones. Esta condición eólico-dinámica hace que el viento desprenda las partículas finas del suelo como arenas gruesas, medianas y muy finas, además de limos y arcillas y las transporta por mecanismos de suspensión, saltación y deslizamientos paulatinos (Núñez Solís, 2001).

Los mecanismos son los siguientes:

- **En suspensión:** Las partículas finas (menores de 0.1 milímetros de diámetro) permanecen en la atmósfera, que tiene una capacidad estimada de acarreo de tales partículas de hasta 15 toneladas de suelo por kilómetro cúbico de atmósfera. Estas partículas sedimentan o se acumulan en los sitios hacia los que fueron transportadas por la dirección predominante del viento, cuando dentro de sus torbellinos eólicos la fuerza de gravedad es mayor que las fuerzas que mantiene las partículas en suspensión.
- **Por saltación:** Es un desplazamiento de partículas finas, con tamaños entre 0.1 y 0.5 milímetros de diámetro, que ocurre en trechos muy cortos.
- **Por deslizamiento paulatino:** Es el modelo de transporte más lento, que corresponde a las partículas entre 0.5 y 2.0 milímetros de diámetro. Esto incluye básicamente las arenas de tamaño mediano y grueso. Estas partículas gruesas se mueven lentamente, a ras de la superficie del suelo.

Dinámica de la erosión eólica

A Chepil se debe el estudio más completo que se haya efectuado sobre esta materia. Advierte dicho autor que son numerosos los factores que interviene en el fenómeno, clasificables dentro de tres categorías, según afecten al aire en movimiento, al terreno o al suelo propiamente dicho. (Suárez de Castro, 1979).

Entre los primeros se incluyen la velocidad y turbulencia de las corrientes de aire lo mismo que su viscosidad y densidad, la cual a su vez, depende de la temperatura, la presión y la humedad de la masa. (Suárez de Castro, 1979).

Las características del terreno más directamente relacionadas con la erosión eólica se refieren a su rugosidad, a la cubierta que soporta, a los obstáculos que en él existen y a la temperatura y condiciones topográficas que lo singularizan. (Suarez de Castro, 1979).

La velocidad mínima del viento necesaria para iniciar el movimiento de las partículas del suelo también fue estudiada por Chepil; él comprobó que la velocidad del viento lo mismo que las condiciones del suelo, varían mucho aun en lapsos muy cortos, lo que impide predeterminarla específicamente para un terreno. El tamaño de las partículas del suelo es el factor más preponderante en esa velocidad mínima erosiva de las corrientes de aire. Cuando la velocidad del viento llega a ser de 12 a 20 Km/hr a una altura de 15 cm sobre la superficie, mueve partículas con diámetros entre 0.1 y 0.15 mm. este es el límite crítico a partir del cual la velocidad mínima erosiva crece con el aumento del tamaño de partículas; del mismo límite aumenta también hacia abajo la velocidad mínima por la disminución en el tamaño de partículas. (Suárez de Castro, 1979).

2.2.1.6 Erosión hídrica

Es un proceso erosivo típico de regiones tropicales, causado por la agresividad de la lluvia, debido a las características de intensidad, duración y frecuencia asociadas a los eventos pluviométricos. El efecto del agente causal, agua de lluvia, se magnifica cuando

se conjugan otras variables, como la pendiente abrupta o escarpada de los terrenos, la ausencia de cobertura vegetal y la condición textural, o el pobre desarrollo estructural de los suelos. (Núñez Solís, 2001).

A. Erosión en surcos

Se desarrolla a partir de la erosión en láminas, con la cual no tiene un límite definido. La remoción de suelo ocurre en mayor cantidad a lo largo de pequeños canales formados por cursos intermitentes de escorrentía.

Ocurre en suelos poco permeables y con pendientes algo empinadas, o cuando la intensidad y duración de los aguaceros son altas, en cuyo caso los canalitos difusos llegan a conectarse unos con otros hasta encauzarse y entallarse cuesta abajo, mediante socavamiento y transporte de partículas de suelos hasta el pie de las laderas. Aquí el desprendimiento de partículas se origina principalmente por la energía del flujo de agua y no por erosión pluvial.

Estos canales estrechos superficiales (menos de 30 centímetros de profundidad) y de tendencia linear son los surcos de erosión. Son lo suficientemente pequeños como para “borrarse” con el uso de los implementos corrientes de labranza de tierras para cultivo o mediante labranza de tierras para cultivo o mediante labores menores de ingeniería en el perfilado de taludes. (IGAC, 2005).

B. Erosión en cárcavas

Proceso intenso de erosión hídrica causado tanto por escurrimiento superficial concentrado capaz de remover material de suelo hasta profundidad considerable. Como por escurrimiento hipodérmico responsable de erosión en túnel y colapso superficial, al extremo de impedir la recuperación del terreno mediante practica comunes de preparación de tierras para cultivo. Este tipo de erosión ocurre cuando el escurrimiento superficial en un declive aumenta en volumen o velocidad, lo suficiente como para disectar profundamente el suelo, o bien cuando el agua concentrada corre por los mismos surcos el tiempo suficiente para ocasionar entalladuras profundas. También por mayor

alimentación subsuperficial del escurrimiento hipodérmico, responsable de la erosión en túnel. (IGAC, 2005).

Por consiguiente, la intensidad y amplitud de la formación de cárcavas guardan una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento (intensidad de aguaceros) y la velocidad de esta; además están reguladas por las características de los suelos (permeabilidad, cohesión), del relieve, del clima y de la cobertura vegetal protectora. (IGAC, 2005).

C. Erosión laminar

Es el desgaste de una capa bastante uniforme de suelo o de material de la superficie del terreno debido a la acción de la precipitación atmosférica y del escurrimiento del agua. (Foster, 1985).

En la erosión en láminas intervienen dos procesos fundamentales: a) el desprendimiento de partículas de suelo por la lluvia, y b) el alejamiento de dichas partículas desde su emplazamiento primitivo por escurrimiento difuso. (IGAC, 2005).

2.2.1.7 Medida del grado de erosión

Generalmente, la cubierta vegetal o capa superficial del suelo es la parte más rica del mismo. Cuando está cubierta vegetal se erosiona, ya sea por el agua o por el viento, no solo se pierde un suelo precioso, sino también muchos y valiosos kilogramos de materiales nutrientes para las plantas. La cantidad de suelo vegetal a cultivar, tiene mucha importancia para la determinación de las prácticas que su conservación hará necesarias.

La profundidad de la capa superficial del suelo puede medirse excavando, o bien observando el corte del surco detrás de la reja del arado. Puede hacerse una clasificación conveniente de las clases de suelo erosionado en la forma siguiente:

- a) Terrenos sin erosión evidente: queda en su lugar casi toda la capa superficial primitiva del suelo no hay señales manifiestas de erosión.
- b) Terrenos con erosión moderada: los primero 15 a 17.5 centímetros de espesor del suelo, en su mayor parte son centímetros de espesor del suelo, en su mayor parte

son la misma capa superficial primitiva, y ocasionalmente quedan descubiertas como manchones partes del subsuelo.

- c) Terrenos con erosión intensa: los 15 a 17.5 centímetros de la capa superior son una mezcla de suelo vegetal y subsuelo, y quedan visibles en todo el campo numerosas manchas de subsuelo desnudo.
- d) Terrenos con erosión muy intensa: la capa superficial del suelo ha desaparecido casi totalmente y los primeros 15 a 17.5 centímetros de ella son, en su mayor parte de subsuelo.
- e) Terrenos con un grado intenso de formación intenso de formación de cárcavas o barrancos: generalmente, ha desaparecido toda la capa superficial, y en el campo se han formado numerosos barrancos o cárcavas.

Las características del terreno expuestas en los incisos anteriores, son los mapas importantes, desde un punto de vista general. En determinadas localidades pueden tener importancia algunas otras. (Foster, 1985).

2.2.1.8 Clasificación de la erosión de la Soil Survey Staff

Agrupar la erosión en cuatro clases de acuerdo a la proporción de remoción de los horizontes superiores. Estos horizontes pueden variar ampliamente en grosor, por lo que no se especifica las cantidades absolutas (USDA, 1993).

La clasificación de tipo y grado de erosión se define por el grosor del horizonte A, los signos que se presentan en determinada área de erosión y el porcentaje de suelo perdido por la actividad humana. Los suelos erosionados se identifican y clasifican en base a las propiedades de los suelos remanentes. Las características que presenta el suelo erosionado respecto a la aptitud de uso de la tierra y las necesidades que presenta para darle un manejo adecuado, son la base en su comparación con las características de un suelo no erosionado. Áreas que no han sido utilizadas para los cultivos, son base de referencia para la comparación con aquellas áreas en las que se presentan usos agrícolas o ganaderos (USDA, 1993).

La profundidad de las capas es medible desde el punto en que inician las capas de suelo mineral, ya que los horizontes orgánicos son destruidos por la agricultura. Las actividades

agrícolas, causan una diferencia en el grosor de las capas, así como la presencia de raíces y rocas. Durante la medición, debe tomarse en cuenta las zonas superficiales donde el grosor de las capas aumenta por la labranza, ajustando el nivel a su estado natural, en el que el suelo hubiese sido compactado por el agua (USDA, 1993).

El grosor del arado, en un suelo específico, no puede ser utilizado como un valor representativo de pérdida o adición de material ya que aunado a la erosión, el arado profundiza progresivamente en el suelo. Así como un horizonte A de un suelo no cultivado o erosionado no es un buen comparador, a menos que este sea mayor a la capa de arado de los suelos cultivados. Si el horizonte inmediato inferior del horizonte arado aumenta en contenido de arcilla, bajo actividad agrícola continua, la textura de la capa de arado puede ser un criterio de la erosión (USDA, 1993).

La comparación debe realizarse en áreas de pendiente similares, tomando en cuenta que el grosor de los horizontes variará, según el sitio de muestreo en el que se lleve a cabo la evaluación, ya que las partes altas presentan grosores más delgados que los que se encuentran en la parte baja de la ladera. En suelos cuyos horizontes son claramente definidos, la diferencia en grosor, debido a la erosión, puede ser determinada de forma precisa con las normas antes definidas (USDA, 1993).

Clase 1: esta clase incluye aquellos suelos que presentan pérdida de suelo, pero no es mayor al 25% del horizonte A original o mayor a los 20 cm, si los horizontes superficiales originales se conforman por menos de 20 cm de grosor. Se mantiene un grosor similar en el área. Pueden presentarse algunos surquillos, sin embargo, en pocas áreas la capa arable contiene materiales subsuperficiales (USDA, 1993).

Clase 2: esta clase se conforma por suelos que han perdido entre el 25 y 75% del suelo original del horizonte A o E o más de 20 cm si el horizonte superficial original presenta menos de 20 cm de grosor. La capa superficial es una mezcla del horizonte superior y el inmediato inferior. Puede observarse, en algunos casos, patrones de áreas erosionadas y no erosionadas. En el caso de que los horizontes superficiales presentaran un grosor importante, estas mezclas de color no serían evidentes (USDA, 1993).

Clase 3: esta clase se compone por suelos que han perdido más del 75% del suelo superficial o más de 20 cm si el suelo presentara horizontes superficiales con menos de 20 cm de profundidad. En estas áreas suele observarse material sub superficial expuesto, especialmente conforma la capa arable. Aun en áreas de horizontes profundos, se observa la mezcla de colores (USDA, 1993).

Clase 4: En esta clase se presentan áreas que han perdido los horizontes superficiales en su totalidad o en más del 75%. Los suelos originales pueden ser observados en áreas muy pequeñas (USDA, 1993).

2.2.1.9 Conservación de suelos

Es la preservación del suelo contra el deterioro y pérdida, mediante su uso conforme a sus capacidades y aplicando las prácticas de conservación que exigen su protección y mejoramiento. Consiste en aprovechar la tierra dentro de los límites de practicabilidad económica, al mismo tiempo que se evita el empobrecimiento o esterilidad debida a la erosión, depósito de sedimentos, agotamiento de nutrientes por las plantas sea por lixiviación, cultivo excesivo, sobre pastoreo, acumulación de sales tóxicas, quemas, drenaje inadecuado, laboreo inapropiado, o por darle un uso inadecuado, entre otras causas. (Foster, 1985).

Se mencionan las siguientes prácticas de conservación de suelos, las cuales se adecúan a los problemas de erosión presentes en el área de la cuenca.

A. Labranza de conservación

Es un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgo de erosión. Con esta práctica se incrementa la capacidad productiva del suelo, se aumentan los rendimientos y se reducen los costos. (Navarro Bravo, 2007)

Este sistema mantiene por lo menos un 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos de cultivos (rastrojo) después de la siembra. Los residuos pueden provenir de un

cultivo forrajero, de un cultivo de cobertera de invierno, de un grano pequeño o de un cultivo en hilera. (Navarro Bravo, 2007)

B. Abonos verdes y plantas de cobertura

El término "abono verde" se refiere al uso de material vegetal verde (hojas, ramas) que no está descompuesto, para incorporarlo como abono a la capa superficial del suelo. También se les llama plantas de cobertura porque permanecen mucho tiempo en la superficie del suelo cubriéndolo o protegiéndolo de la acción perjudicial de la lluvia al impactar directamente sobre el suelo. Antes de la siembra, se chapia o se cortan las plantas de cobertura y se incorporan al suelo con maquinaria o herramientas manuales, o se dejan en la superficie descomponiéndose para que se incorporen poco a poco al suelo. (FHIA 2011)

C. Barreras rompevientos

Las cortinas rompevientos o barreras protectoras, consisten en una o más hileras de árboles y arbustos en dirección perpendicular al viento dominante y dispuestos en tal forma que obligue a éste a elevarse sobre sus copas, con lo cual disminuye su velocidad, ya que este se torna perjudicial cuando adquiere una velocidad mayor a los 2 m/seg. Las barreras rompevientos tienen dos aplicaciones: a) Para proteger el suelo, agua y los cultivos y b) Para proteger los animales. (Giraldo Ávila, 2003)

a) Desde el punto de vista ganadero: En ausencia de barreras de árboles, los animales buscan cualquier protección contra el viento en los pastos altos, cárcavas, cañadas, piedras o laderas de lomas o sierras. En la llanura, cuando hay temporales de lluvia fría con fuertes vientos, los animales se amontonan y caminan a favor del viento, haciendo esfuerzos desesperados para mantener el calor. Si son detenidos por un alambre, se aprietan uno con otro hasta el punto de producirse heridas de consideración. (Giraldo Ávila, 2003)

b) Desde el punto de vista agrícola: Los daños producidos por el viento se manifiestan sobre la producción agrícola, (principalmente fruticultura y horticultura).

Los beneficios de la implementación de esta técnica no solo se hace sentir en la reducción de los daños producidos por el viento sino que además generan un microclima propicio para el desarrollo vegetal; además de la reducción de la erosión eólica; modificación de la temperatura del aire y suelo; reducción de la evapotranspiración; mejorar la distribución de la humedad en el suelo; reducción de daños mecánicos y por marchitamiento; mejoramiento y protección de la calidad de las cosechas.

De manera general y para los dos propósitos anteriores, las barreras rompevientos también sirven para definir los límites formales y tenencia de la tierra, son sitios de diversidad biológica animal y vegetal, cuyo papel en la construcción de paisajes es importante, pero también actúan como refugio para los depredadores. (Giraldo Ávila, 2003)

2.2.1.10 Uso de cachaza de caña de azúcar

La cachaza es el residuo que se obtiene del filtrado, durante el proceso de clarificación del jugo de caña en los ingenios azucareros. Es un material café oscuro o negro y consiste principalmente en una mezcla de fibra de caña, sacarosa, cera, fosfatos de calcio, azufre, arena y tierra. La mayor parte de estos componentes procede de la molienda de la caña. Los fosfatos de calcio y el azufre se agregan durante el proceso de neutralización y clarificación del jugo de caña (Ayala, 2012)

Durante la zafra y tratamientos de soca, por la gran cantidad de vehículos (tractores, cargadoras de caña, camiones y cosechadoras) que entran y salen de los campos cañameleros, siendo particularmente severo en suelos húmedos y de textura fina. (Zerega, 1993)

En este sentido, se han reportado numerosas experiencias con cachaza en el mejoramiento de algunas propiedades físicas del suelo, tales como: tasa de infiltración, retención y distribución de la humedad en el perfil del suelo. (Zerega, 1993)

Además, cuando se compostea la cachaza en fresco y se aplica al suelo, esta beneficia su estructura y aireación y promueve el desarrollo de raíces y la penetración del agua en su interior (Quiroz y Pérez, 2013)

2.2.1.11 Vinaza

La vinaza es un residuo líquido proveniente de la destilación del alcohol, produciéndose en una proporción de 12 a 15 litros por cada litro de alcohol. Los principales componentes de este subproducto lo constituyen el agua, materia orgánica y minerales entre los cuales el potasio es el más abundante. Por otro lado el alto contenido de C orgánico repercute en un elevado índice de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) lo cual origina que este efluente sea potencialmente contaminante si el mismo no es manejado de una manera adecuada (CENGICANA, 2012).

La vinaza beneficia al suelo al aportar una gran cantidad de K y materia orgánica. Estimula el crecimiento profundo del sistema radical, favorece la infiltración de agua, aumenta la actividad microbiológica y el intercambio gaseoso del subsuelo (Quiroz y Pérez, 2013)

2.2.1.12 Unidad cartográfica de suelos

Corresponde a todo el conjunto de unidades de mapeo, las cuales se diferencian unas de otras por colores, símbolos, nombre vernáculo y contenido edafológico. Las delineaciones en unidades se hacen con el fin de colocar límites a las poblaciones edáficas y poderlas especializar, de acuerdo con la homogeneidad o heterogeneidad de los suelos en cada una de ellas. (MAGA, 2013)

2.2.1.13 Sedimentación aluvial o fluvial

En la sedimentación aluvial el agua impulsada por la gravedad en forma de escorrentía es el agente de transporte y deposición.

El trabajo geomórfico de las corrientes consta de tres actividades de estrechamiento interrelacionadas, a saber: erosión, transporte y sedimentación, las cuales son en realidad tres fases de una actividad singular.

- El gradiente de la corriente o sea la pendiente de la superficie del agua, que incide en la velocidad;
- El caudal y su regularidad, o mejor la descarga (hidráulica) que se refiere a la cantidad de agua y sedimentos que pasan por un conducto en la unidad de tiempo; v. gr. Litros/segundo.
- La forma y regularidad de la sección transversal del cauce.
- La profundidad y amplitud del cauce, o sea el área de la sección transversal y perímetro mojado.
- Dirección o alineamiento del canal
- Resistencia de las paredes y fondo del cauce, su espereza, rugosidad;
- La carga de sedimentos que recibe la corriente;
- La competencia y capacidad de la corriente.

Como producto del trabajo denudacional de las corrientes resulta una carga de sedimentos acarreados por éstas, cuales fuentes más comunes son:

- Los detritos y solutos proporcionados por los procesos de pendiente (denudación en general);
- Los sedimentos desprendidos del propio lecho del río;
- Los derrubios, material de suelo y material vegetal producidos por la erosión y remoción gravitacional de las bancas u orillas del cauce;
- Los depósitos retrabajados de terrazas y planos inundables;
- Los detritos producidos por acción glacial;
- La carga de desechos minerales y orgánicos que el hombre arroja a las corrientes;
- Los materiales eólicos (arenas, loess, ceniza) que caen directamente sobre las corrientes.

Los anteriores productos comprenden: bloques de roca, cantos rodados, gravas, arenas, limos, arcillas, material vegetal, coloides orgánicos, cenizas y solutos. En proceso de

transporte, la mayor parte de estos aluviones no sólo se achican y modifican por atrición y redondeamiento, sino que también son soterrados según su tamaño, forma y densidad. (IGAC, 1987)

2.2.1.14 Geomorfología de la cuenca baja Río Achiguate

Se menciona en los incisos siguientes, la geomorfología de la cuenca baja Río Achiguate, la cual es tomada en cuenta para la realización de las clasificaciones empleadas para esta investigación.

A. Llanura aluvial de ríos trenzados

El nombre de trenzado o entrelazado se refiere al patrón de canales fluviales con dicha configuración, tal como se aprecian en una perspectiva vertical. Es aquel cuyo lecho mayor se divide en varios canales menores que sucesivamente se bifurcan y reúnen aguas abajo separados por numerosos islotes y playones llamados en conjunto barras de cauce. (IGAC, 1987)

Estas formas son un producto del mismo río y están compuestas en su mayor parte por sedimentos de lecho (cantos, gravas, arenas), los que por volumen, peso y tamaño solo son arrastrados o movidos a trechos durante las crecidas. (IGAC, 1987)

Las barras son generalmente inestables y cambian de tamaño, forma y posición después de cada crecida; no obstante, bajo ciertas condiciones pueden llegar a ser estabilizadas por la vegetación.

Los procesos geomorfológicos detallados responsables de la formación de un río trenzado no están aun claramente establecidos. Se considera que los canales entrelazados ocurren en sistemas fluviales que tienen:

- a. Una pendiente longitudinal suficientemente inclinada (1-3% aproximadamente) como para comunicarle a la corriente la velocidad necesaria para acarrear atrechos su pesada carga y para transmitir a su lecho mayor una dirección rectilínea.
- b. Una sobre provisión de carga de lecho y suspensión, cuyas fuentes más comunes son: las áreas afectadas por erosión severa, cuyo aporte es más continuado; las

zonas afectadas por diversos fenómenos de remoción en masa que aportan en forma discontinua, y las áreas de transición glaciaria, relativamente continuas.

- c. Un caudal con fluctuaciones extremas determinadas o por condiciones climáticas ampliamente cambiantes, o por repentinos represamientos temporales del río determinados por material de deslizamiento, por empalizadas, etc.
- d. Unas márgenes fácilmente erosionables y susceptibles a los desplomes.
- e. Una localización espacial acorde con las características anteriores, o sea, como valle intramontano, como llanura intermontana o como llanura extramontana asociada a piedemontes.

B. Vega

La vega es la porción de espacio más baja de un valle. Forma generalmente un cajón poco profundo (uno a algunos metros de desnivel), alargado, estrecho, bordeando ambas márgenes de un curso de agua. (IGAC, 1987).

C. Sobrevega

Corresponde a la unidad más sobresaliente del plano inundable, localizada en forma discontinua hacia las márgenes del mismo y formada tanto por la acumulación longitudinal de sedimentos finos del propio río durante crecidas excepcionales, como por aportes laterales coluvio-aluviales procedentes de la denudación de escarpes y taludes de terrazas adyacentes. (IGAC, 1987).

D. Plano de terraza

Es la parte superior de una terraza y generalmente en su área más extensa. (IGAC, 1987).

E. Albardón de orilla

Los albardones de orilla son los dique naturales que acompañan a los ríos, en las dos márgenes del cauce. Sus características predominantes son las siguientes: textura AF, FA, y FArA, con intercalaciones lenticulares más gruesas; configuración alargada y estrecha, que se localiza sobre las sinuosidades del cauce actual o de causes antiguos y abandonados y topografía ligeramente convexa y asimétrica, con pendiente acentuada en

dirección al cauce –madre y pendiente más suave hacia las posiciones adventicias. (IGAC, 1987)

F. Formas litorales

El litoral es un ambiente mixto, donde intervienen acciones propiamente marinas, como la deriva litoral o las olas y acciones continentales, principalmente fluviales en las zonas de desembocadura. Algunas formas son el resultado de procesos erosivos, otras de procesos deposicionales. (IGAC, 1987).

G. Playa

En algunos casos, la playa puede corresponder a una forma de erosión, formada en detrimento de una acumulación anterior, un cordón litoral por ejemplo. Pero en la mayoría de las situaciones, la playa es una forma de acumulación, que se ubica entre la orilla del mar y u cordón y que está constituida de material aportado por la deriva litoral. (IGAC, 1987).

H. Marisma

Es una ciénaga de agua salada (o ciénaga de marea), en posición abrigada de un cordón o en el fondo de una bahía y recorrida por una red densa de canales meándricos de marea (tialcreek). Debido a su situación protegida, este tipo de ambiente está sometido a una importante acción de colmatación. Generalmente está colonizado por vegetación boscosa. El manglar de los litorales intertropicales es un tipo de marismo. (IGAC, 1987).

2.2.1.15 Fotointerpretación de suelos

La aplicación de las fotografías aéreas con fines de estudio de suelos fue primeramente mencionada por Cobb en 1923. Posteriormente, en 1929, Bushnel asegura que las fotos

aéreas dan mejor idea de cómo un mapa de suelos puede ser hecho y es el primero en mencionar el uso del método estereoscópico. Por primera vez en Estados Unidos de Norte América, Jenkins, Belcher y otros en 1946, publican un informe titulado "El origen, distribución e identificación de los suelos por medio de las fotografías aéreas en E. U, desde entonces, esos investigadores informan que ciertos elementos son visibles y reconocibles con fotografías aéreas verticales que muestran la superficie terrestre. Los elementos primeramente identificados son: la forma de la tierra o paisajes, pendientes, drenaje externo, erosión, color, cubierta vegetal y uso de la tierra. (Torres Cossío, 1967)

La American Society of Photogrammetry define la interpretación de fotografías aéreas de identificar los objetos y juzgar su importancia. Un aspecto fundamental de la fotointerpretación es el hecho de que se pueden observar las características importantes del terreno que estén íntimamente relacionadas con el propósito del estudio. El intérprete en suelos deberá guiarse por principios tales como:

- Suelos similares tiene diseños de drenaje similares
- Suelos disímiles presentan patrones de fisiografía disímiles.
- Los suelos pueden ser interpretados en fotografías aéreas por el estudio de las formas creadas por consecuencia de la naturaleza de la roca madre, el modo de deposición de los materiales y el ambiente climático, biótico y fisiográfico.
- Las características de la imagen fotográfica deben ser correlacionas con las propiedades determinadas en el campo y el laboratorio.

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1.1 Ubicación de la cuenca baja del Río Achiguate

La cuenca se ubica en el departamento de Escuintla, el área de estudio lo forman los municipios de San José, La Gomera, Masagua y La Democracia, estos constituyen a la cuenca baja del Río Achiguate, la cual a su vez pertenece a la Vertiente del Pacífico. El área de la cuenca es de 261.28 km².

Cuadro 1. Coordenadas de la cuenca baja Río Achíguate

Coordenadas	
X	Y
457951	1566200
453222	1552882
446660	1541549
458682	1538842

Las coordenadas se encuentran en el espacio geográfico de la cuenca, específicamente son las coordenadas de ubicación de los poblados: Finca Versailles, Finca Polonia, Finca Las Morenas y el Caserío Linda Mar.

2.3.1.2 Características socioeconómicas

A. Poblados

Los poblados que se encuentran dentro de la cuenca corresponden principalmente a fincas, parcelamientos, rancherías, colonias, haciendas, entre otros.

El número total de habitantes por municipio para el año 2014, se presenta en el siguiente cuadro. (INE, 2002).

Cuadro 2. Habitantes por municipio proyectado al año 2014

Habitantes por municipio proyectado al año 2014			
Municipio	Hombres	Mujeres	Total
La Gomera	31,977	62,241	94,218
San José	27,356	26,107	53,463
Masagua	24,128	22,995	47,123
La Democracia	13,638	13,024	26,662
Total	97,099	124,367	221,466

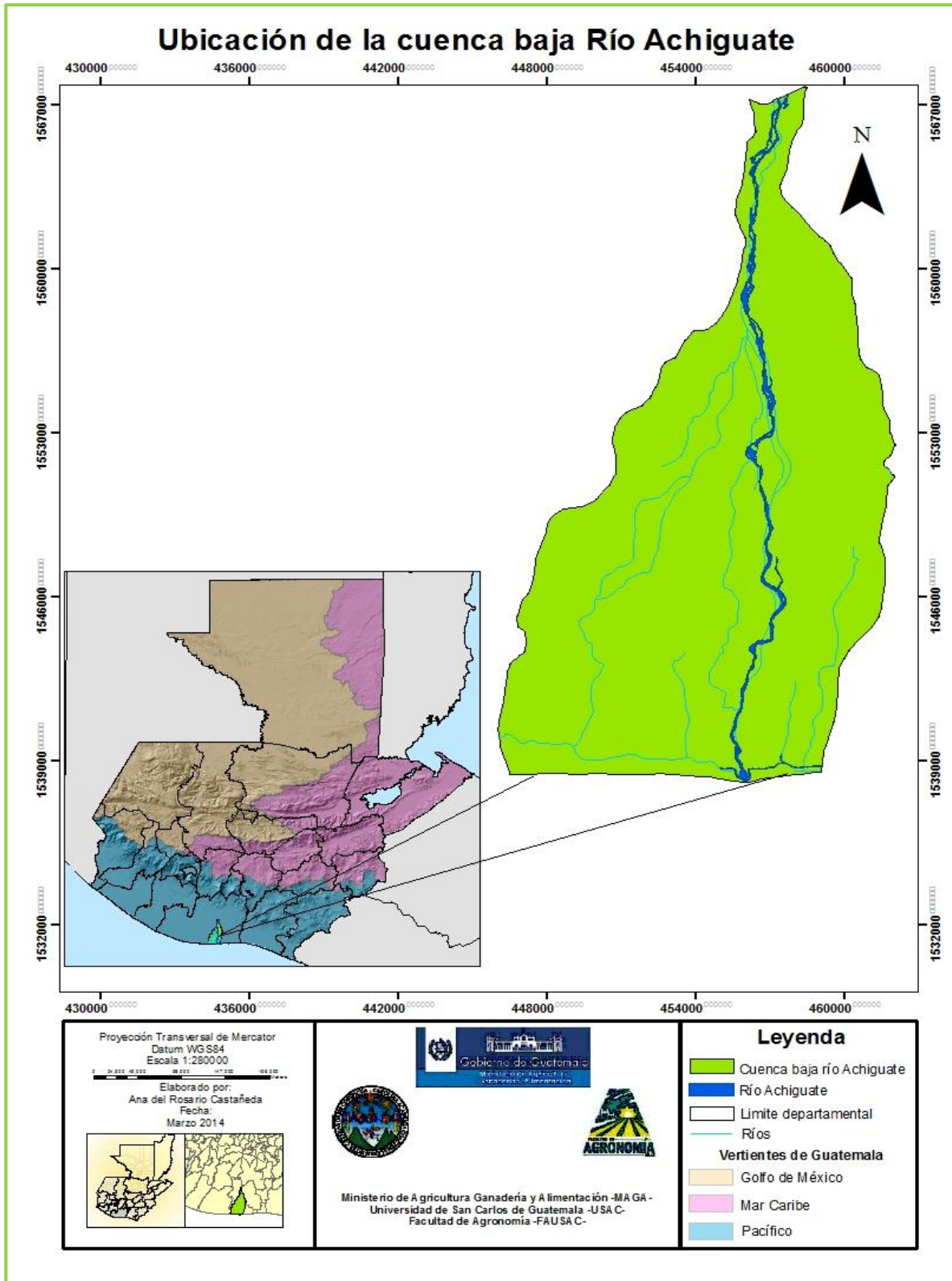


Figura 5. Ubicación de la cuenca baja Río Achiguate

B. Migraciones

El flujo migratorio dentro de la cuenca se debe principalmente a la temporada de la zafra, siendo esta la actividad de ingreso económico principal para la población pobre y muy pobre. La migración se da por los pobladores entre los municipios cañeros del mismo departamento, como también la llegada de pobladores de otros departamentos en esta temporada. (SEGEPLAN, 2014)

Los pobladores migran a los destinos de la ciudad capital, la cabecera departamental y los Estados Unidos en busca de mejor empleo y educación.

C. Actividades Productivas

Agricultura

Los pequeños agricultores dedicados a la agricultura dentro de la cuenca cultivan principalmente maíz, frijol, arroz, maicillo, hortalizas y algunos frutales. Así mismo algunos pobladores se dedican al cultivo de caña de azúcar, de la cual la producción es vendida a los ingenios azucareros.

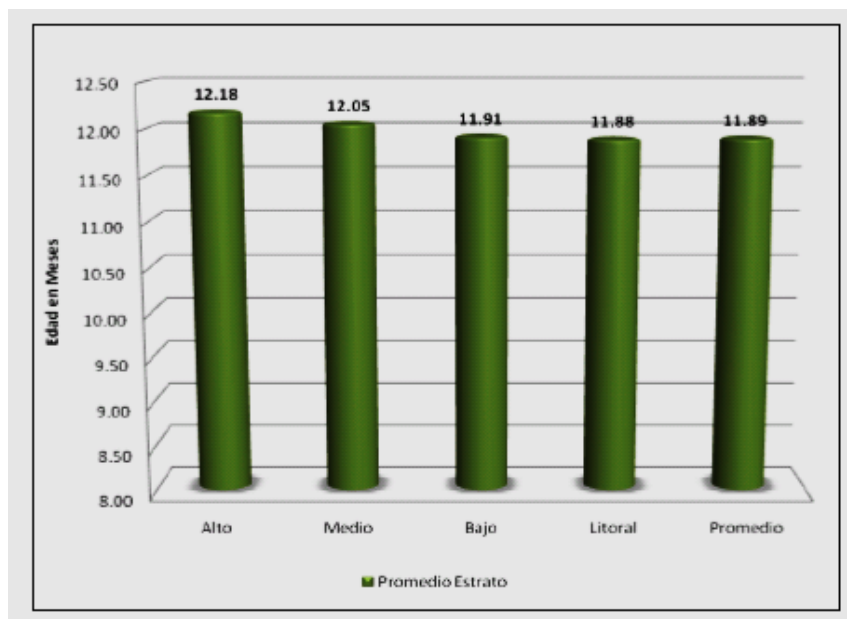
Caña de Azúcar: Principal cultivo en la cuenca

La caña de azúcar en Guatemala se cosecha en la época seca (verano), de noviembre a abril, aunque en algunos casos dependiendo de los volúmenes de producción puede extenderse hasta mediados de mayo. En el cuadro 3 se presenta la duración del período sin lluvia para cada uno de los cuatro estratos altitudinales definidos en la región cañera, donde se observa que este período es variable desde cinco meses en el estrato alto hasta siete meses en las cercanías del mar (litoral). (CENGICAÑA, 2013)

Cuadro 3. Épocas de verano, asociadas a la altura sobre el nivel del mar

Estrato	Época seca
Alto(>300 msnm)	15 noviembre - 15 abril
Medio (100-300 msnm)	10 noviembre – 20 mayo
Bajo (40-100msnm)	31 octubre – 15 mayo
Litoral (0-40msnm)	25 octubre – 25 mayo

Durante la zafra, generalmente se cosecha el 100% de los campos cultivados con caña de azúcar a una edad de 11.9 meses, con variaciones según estrato altitudinal. En la figura 2 se muestra la edad de cosecha por estrato altitudinal.

**Figura 6. Edad en meses de cosechas por estratos. Períodos 2008/2009 a 2010/2011**

La altitud máxima de la cuenca es 70 msnm por lo que, se encuentra dentro de dos estratos altitudinales: el estrato Bajo y Litoral.

Labores de establecimiento del cultivo

- **Arado**

El arado corta, levanta y remueve la capa superficial del suelo, enterrando el rastrojo y residuos de cosecha, aireando el suelo a través de incrementar la porosidad del mismo y permitiendo un beneficio control de malezas, enfermedades e insectos. (CENGICAÑA, 2013)

- **Volteo**

El volteo se realiza con el implemento llamado “rastros arados”. Consiste en cortar, levantar y voltear el suelo, con el propósito de destruir el cultivo anterior. (CENGICAÑA, 2013)

- **Pulido**

El pulido se realiza con el implemento conocido como “rastra”. El objetivo de esta labor es roturar y fraccionar los terrones producidos en el volteo o en el subsuelo, destruir e incorporar residuos vegetales y ayudar en el control de plagas del suelo. (CENGICAÑA, 2013)

- **Subsolado**

Para el subsolado se utiliza el implemento conocido como “subsolados”. Es una labor que tiene como finalidad romper las capas impermeables del suelo situadas por debajo de la profundidad normal del cultivo (pie de arado), a 60 centímetros, con ello se persigue mejorar la infiltración de agua, el drenaje, penetración de raíces, lo cual conlleva a aumentar los rendimientos de las cosechas en forma efectiva (Campollo, 1999 y Rodríguez y Daza 1995, citado por (CENGICAÑA, 2013)

- **Surcado**

Consiste en abrir surcos paralelos, distribuidos en línea recta o siguiendo curvas previamente diseñadas y establecidas por el proceso de diseño agrícola. (CENGICAÑA, 2013)

Ganadería

La Ganadería forma parte de las actividades e ingresos económicos dentro de la cuenca, existe la crianza de ganado porcino, aves y ganado bovino predominantemente. Este último para la producción de leche y engorde. (MAGA, 2010)

2.3.1.3 Características Biofísicas

A. Clima

Según “Mapa de Clasificación Climática de la República de Guatemala a escala 1:50,000”, no publicado, los climas presentes dentro de la cuenca son los siguientes:

- Cálido semiseco
- Cálido subhúmedo
- Cálido-húmedo

Con el fin de conocer la dinámica de la precipitación y viento en la cuenca, se recurrió a los datos generados de las estaciones meteorológicas manejadas por CENGICAÑA, a continuación se presentan las coordenadas de ubicación de las seis estaciones más cercanas a la cuenca.

Cuadro 4. Coordenadas de ubicación de estaciones meteorológicas.

Estación	X	Y
Amazonas	470750.018	1555474.63
Bouganvilia	453171.89	1561131.96
Bonanza	425693.438	1556956.31
Costa Brava	454451.524	1574467.09
Trinidad	462802.818	1565105.56
San Antonio EV	424144.407	1547796.82

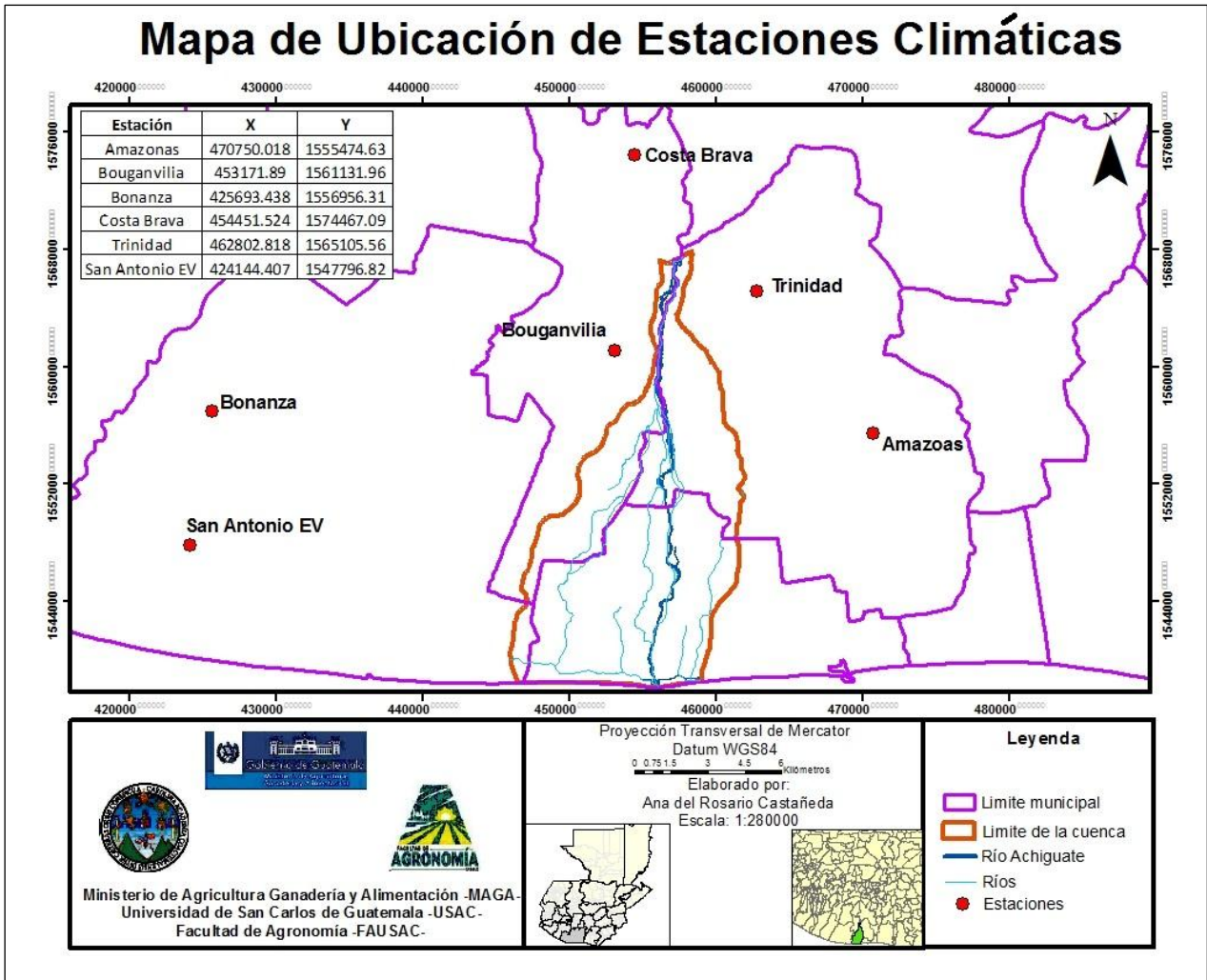
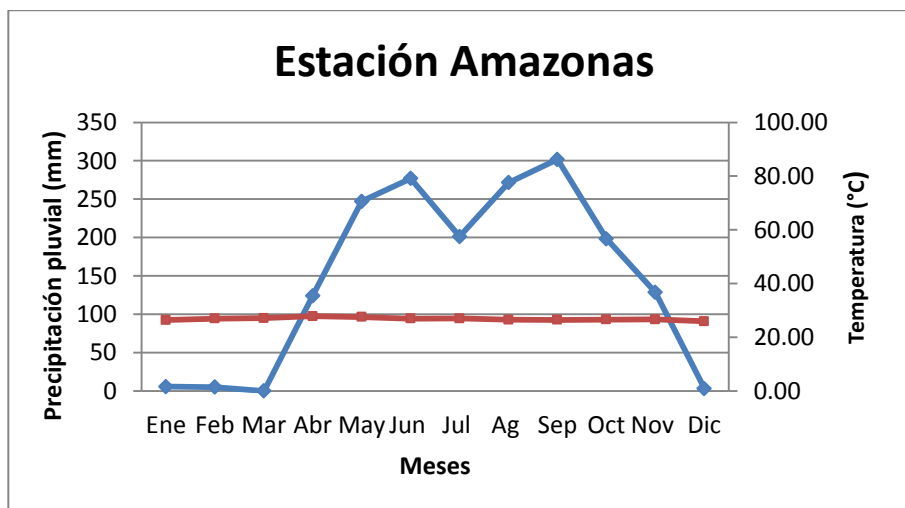


Figura 7. Mapa de ubicación de estaciones climáticas

A continuación se presentan los datos de precipitación, temperatura y viento del año 2013, que presentan las seis estaciones meteorológicas más cercanas a la cuenca, manejadas por CENGICAÑA, para entender mejor el comportamiento del clima se realizaron climadiagramas para cada una de las estaciones.

Cuadro 5. Registros de las estaciones meteorológicas de CENGICAÑA, 2013

MES	Amazonas		Bouganvilia		Costa Brava		Trinidad		Bonanza		San Antonio EV	
	PP	°T	PP	°T	PP	°T	PP	°T	PP	°T	PP	°T
Ene	5.6	26.39	13.0	25.79	21.0	25.92	13.6	25.8	1.2	26.28	0.8	26.23
Feb	5.0	26.94	1.2	26.34	22.4	26.41	2.0	26.51	0.0	26.67	0.0	26.39
Mar	0.0	27.11	2.0	26.69	7.6	26.95	0.0	27.52	0.0	26.62	0.0	26.36
Abr	124.0	27.79	54.2	27.7	71.4	27.55	60.8	28	80.0	27.72	18.8	27.63
May	247.2	27.52	314.6	27.71	335.4	26.68	410	27.4	196.0	27.52	192.6	27.59
Jun	277.0	26.89	271.8	27.21	443.4	26.25	278	26.79	285.2	27.2	262.6	27.22
Jul	201.2	26.98	186.2	27.03	319.8	26.34	320.6	26.58	181.0	27.04	187.6	27.08
Ag	271.6	26.47	358.8	26.54	528.8	25.49	411.8	26.36	196.2	26.8	279.6	26.83
Sep	301.8	26.43	373.2	26.12	415.6	24.7	440.4	25.97	295.2	26.51	311.6	26.42
Oct	198.2	26.55	161.0	26.43	368.2	25.75	313.6	26.64	179.8	26.84	213.6	26.9
Nov	128.4	26.59	136.6	26.6	339.1	27.28	217.8	26.44	106.6	26.71	63.4	26.79
Dic	3.0	25.92	1.4	26.14	8.8	27.84	4.4	25.87	0.0	26.3	0.0	26.45
Promedio anual	146.9	26.80	156.2	26.69	240.1	26.43	206.1	26.66	126.8	26.85	127.6	26.82

**Figura 8. Climadiagrama de la estación Amazonas, Masagua, Escuintla**

El climadiagrama indica que la estación seca se dio en el período de Noviembre a Marzo del año 2013, iniciando la temporada de lluvia en el mes de abril, teniendo un declive en el mes de Julio con 201.2 mm y una precipitación máxima en el mes de Septiembre con 301.8 mm de lluvia.

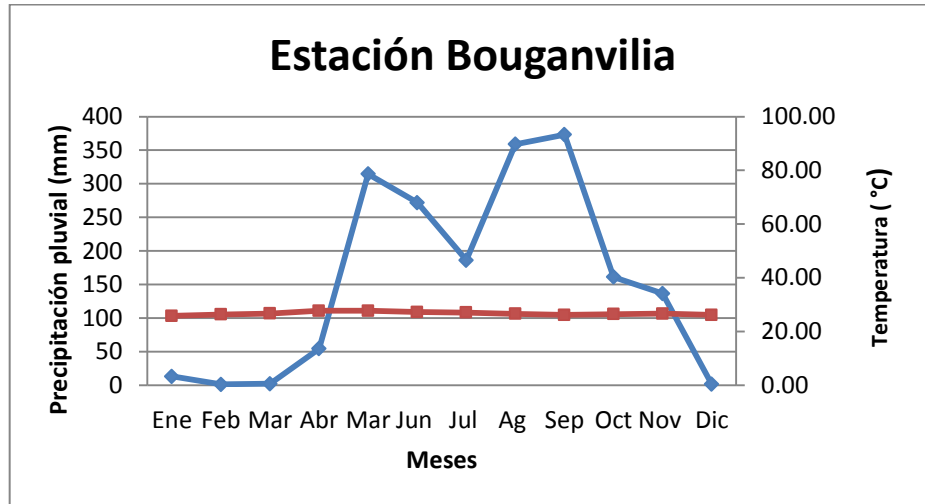


Figura 9. Climadiagrama de la estación Bouganvilia, La Democracia, Escuintla

El climadiagrama para la estación Bouganvilia señala que la época seca se concentra del mes de Noviembre para inicios del mes de abril, en donde inicia la temporada de lluvias alcanzando los 314.6 mm en el mes de mayo, con una disminución de lluvias de 186.2 mm en el mes de Julio, demuestra la temporada de lluvias máximas en el mes de septiembre con 373.2 mm.

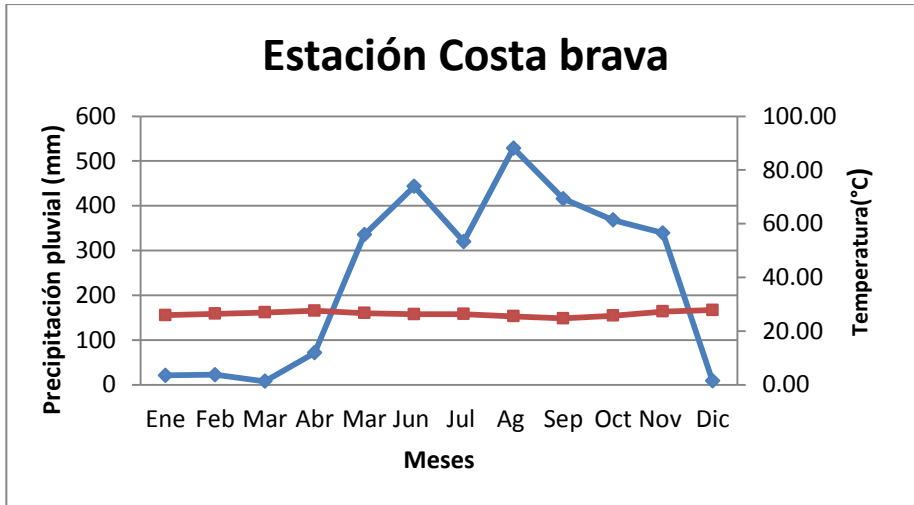


Figura 10. Climadiagrama de la estación Costa Brava, La Democracia, Escuintla

Los datos climáticos para la estación Costa brava indican que la estación seca inicio en el mes de Diciembre y finalizó en el mes de abril, durante la temporada de lluvia en los meses de Mayo a Noviembre se dio el fenómeno conocido localmente como canícula durante el mes de Julio con 319.8 mm y llegando a los 528.8 mm en el mes de Agosto.

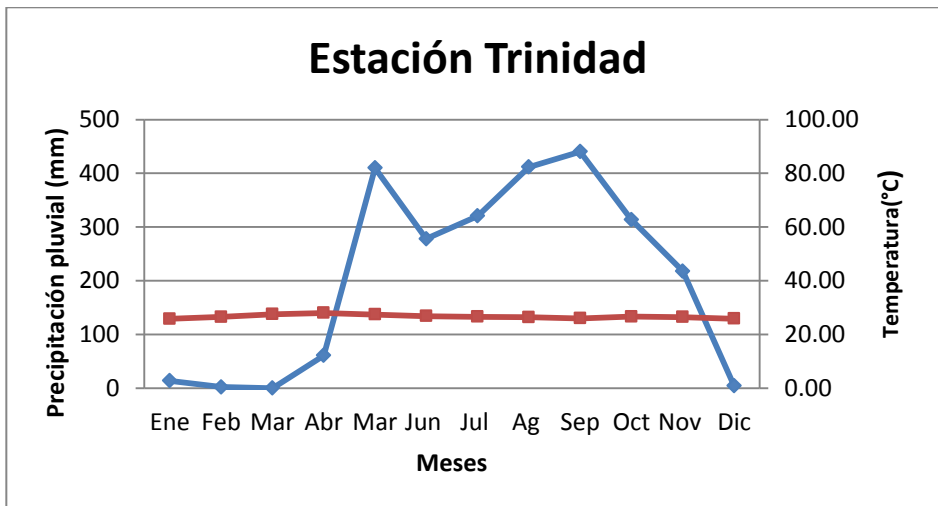


Figura11. Climadiagrama de la estación Trinidad, Masagua, Escuintla

El climadiagrama muestra que la temporada seca dio inicio terminando el mes de noviembre para el mes de abril, cuando empieza a incrementar la precipitación llegando a

los 410 mm en el mes de mayo y decayendo en el mes de Junio con 278.00 mm y registrando las máximas precipitaciones en el mes de septiembre con un promedio de 440.4 mm.

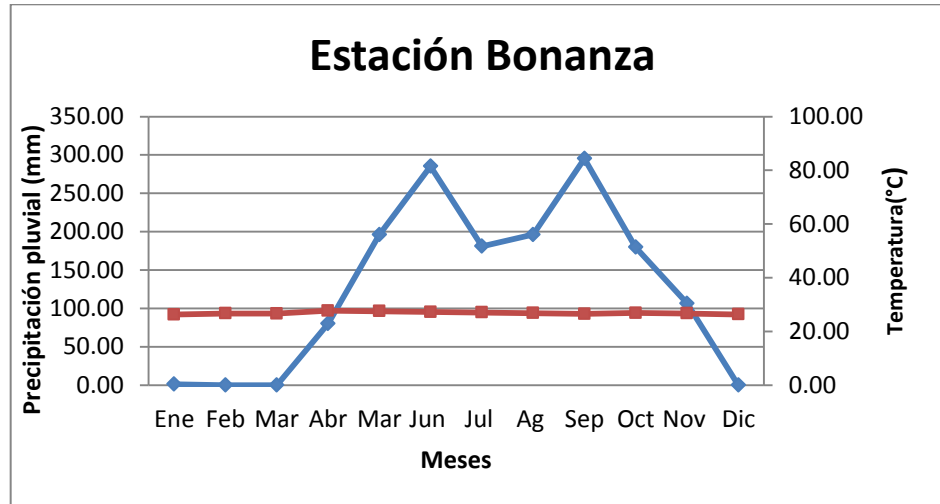


Figura 12. Climadiagrama de la estación Bonanza, La Gomera, Escuintla

Según el climadiagrama la época seca se dio durante el mes de Noviembre al mes Marzo, las lluvias empiezan a presentarse en el transcurso del mes de marzo, registrando el promedio de precipitación máxima en el mes 295.2 en el mes de septiembre, y se registró un declive de lluvias de 181 y 196. 2 en los meses de Julio y agosto respectivamente.

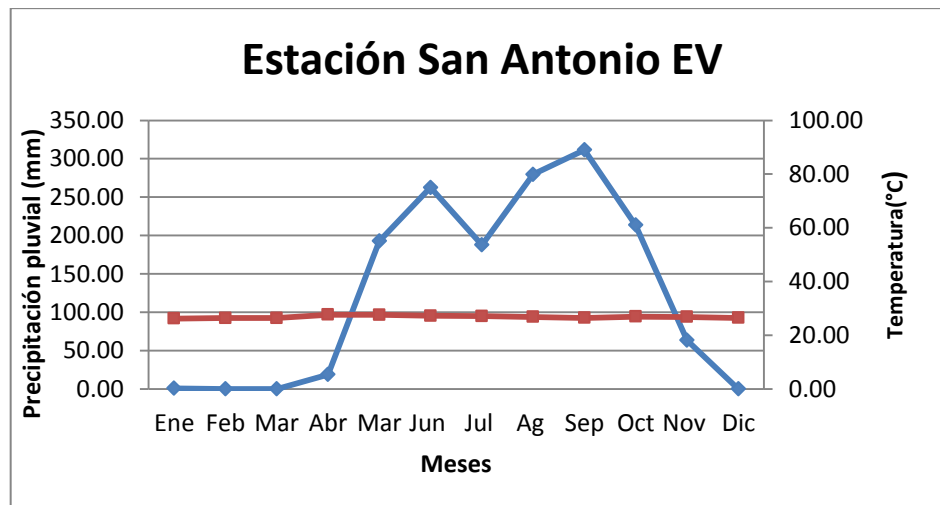


Figura 13. Climadiagrama de la estación San Antonio El Valle, La Gomera, Escuintla

Según los datos registrados por esta estación y la representación del climadiagrama, se registró que en la temporada de lluvias la máxima fue de 311.6 mm en el mes de septiembre, existiendo un declive en el mes de julio con 187.6 mm, mientras que la época seca se registró a partir del mes de noviembre y terminando en el mes de abril.

Cuadro 6. Registro del comportamiento del viento

Mes	Amazonas		Bouganvilia		Costa Brava		Trinidad		San Antonio EV		Bonanza	
	Vel del viento (km/hr)	Dir del viento (azimut)	Vel del viento (km/hr)	Dir del viento (azimut)	Vel del viento (km/hr)	Dir del viento (azimut)	Vel del viento (km/hr)	Dir del viento (azimut)	Vel del viento (km/hr)	Dir del viento (azimut)	Vel del viento (km/hr)	Dir del viento (azimut)
Ene	58.5	193	19.9	181	34.5	241	24.4	202	25.9	204	29.1	203
Feb	51	198	18	182	24.2	242	21.5	204	22.8	224	23.9	223
Mar	62.5	190	28.8	167	31.9	234	34.3	180	17.2	210	29	198
Abr	43.5	198	21	185	31.1	228	25	200	21.5	224	24.3	185
May	41.8	196	27.1	171	36.6	232	31.3	197	27.8	213	24.6	172
Jun	30.9	170	32.6	162	48.6	228	32	178	29.6	192	27.4	170
Jul	49.7	178	36.8	157	43.6	228	35	172	30.4	191	27.2	163
Ag	71.9	186	42.6	159	65.5	230	27.1	187	43.7	194	42.9	173
Sep	50.2	182	31.6	147	47.7	218	26.8	166	27.1	185	29.7	168
Oct	46.3	192	25.2	161	36.6	227	27.8	181	23.6	198	26.5	182
Nov	73.4	188	23.8	169	36.6	165	22.1	187	26.8	203	83.1	193
Dic	39.9	190	19.8	170	31.5	173	16.6	187	14.6	205	32.8	208

Los datos de velocidad de viento, pertenecen a las velocidades máximas de viento que se presentaron para cada mes, obtenidos de las estaciones meteorológicas manejadas por CENGICAÑA, dentro de las fincas cañeras de la cuenca baja Río Achiguaté.

B. Zonas de Vida

Según De la Cruz y otros (1982), dentro de la cuenca se encuentran tres zonas de vida:

Bosque húmedo Subtropical (cálido): con un patrón de lluvias que va de 1,200 a 2,000 mm. Las especies encontradas en esta zona de vida son: Castaño (*Sterculia apetala*), Hormigo (*Platymiscium dimorphandrum*) y palo amarillo (*Chlorophora tinctoria*),

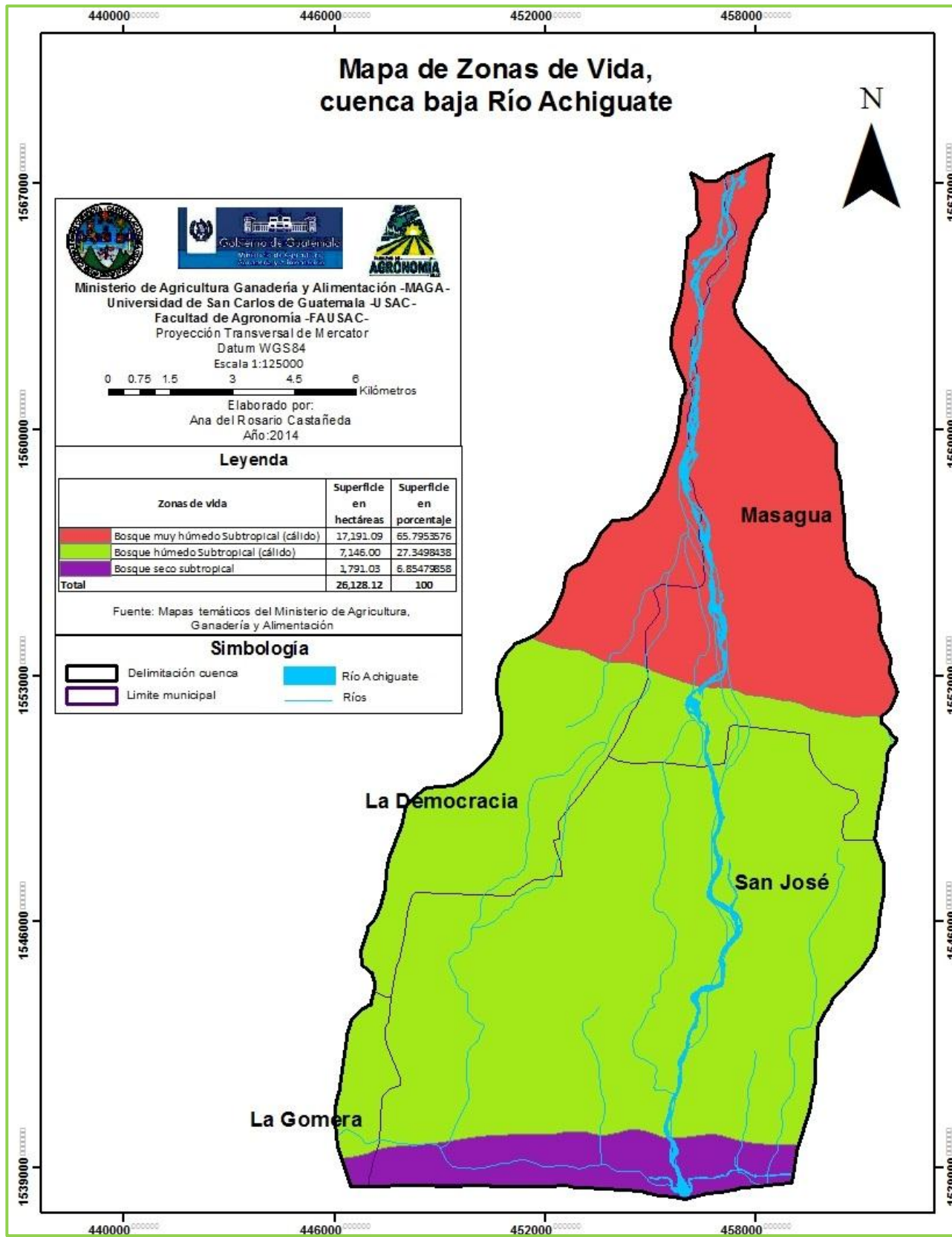
Bosque seco Subtropical: respecto al clima los días son claros y soleados durante los meses en que no llueve y parcialmente nublados durante la época de enero-abril. Encontrándose las especies de: Caoba del sur (*Swietenia humilis*), Tamarandillo

(*Alvaradoa amorphoides*), guano (*Sabal mexicana*), Guayacan o Guacamayo (*Phylocarpus septentrionalis*) y mangle (*Rhizophora mangle*).

Bosque muy húmedo Subtropical (cálido): El clima es variable por la influencia de los vientos. En esta zona de vida se encuentran las especies de: Palma de corozo (*Orbignya cohune*), Canxán (*Terminalia amazonia*), Ramón (*Brosimum alicastrum*), Palo tinto (*Lonchocarpus* sp), Sangre de gallina (*Virola* sp) y Guarumo (*Cecropia* sp).

C. Hidrografía

En el área de estudio el afluente que domina es el Río Achiguate al cual drenan los ríos Limón, Cristalina, Botón Blanco, Las Milpas y Río Seco. Existen corrientes de los tipos permanentes e intermitentes.



Masagua

La Democracia

San José

La Gomera

Figura 14. Mapa de zonas de vida

D. Suelos

Según base de datos del Proyecto Mapa de Taxonomía de los Suelos, y Capacidad de Uso de la Tierra de la República de Guatemala a escala 1:50,000 del MAGA, para el departamento de Escuintla (Sin publicar), en el área de estudio se encuentran cuatro tipos de órdenes de suelos:

- **Entisoles:** Los entisoles incluyen suelos de desarrollo tan superficial y reciente que solo se ha formado un epipedón ócrico o, simplemente, horizontes artificiales. De importancia primordial son los factores que limitan el desarrollo de horizontes de suelos en tierras húmedas, terrenos aluviales, parcelas arenosas, pedregales elevados y varias deposiciones no consolidadas, tales como loess e inundaciones de lodo. (Buol 1992).
- **Molisoles:** Suelos minerales con horizonte superficial Mólico: grueso, mullido o blando y oscuro, relativamente alto en materia orgánica y con abundantes bases en todo el perfil del suelo. (MAGA 2012).
- **Inceptisoles:** Los inceptisoles son suelos que no han desarrollado características de diagnóstico para otros órdenes, pero tiene ciertas características además del epipedón ócrico y los horizontes álbicos permitidos en los entisoles. No se puede dar ninguna descripción de los ambientes que sea verdaderamente representativa de todos los inceptisoles, pero las características que a continuación se señalan son sobresalientes: a) material original muy resistente, b) abundancia de cenizas volcánicas; c) deposiciones extremas en el paisaje, o sea, tierras pendientes y depresiones, y d) superficiales geomórficas tan jóvenes que limitan el desarrollo. (Buol 1992).
- **Andisoles:** Suelos con complejos de adsorción entre coloides orgánicos y minerales o con complejos de aluminio y humus que cumplen con propiedades ándicas (densidad aparente, retención de fosfatos, aluminio y hierro activos, vidrio volcánico (MAGA 2012)

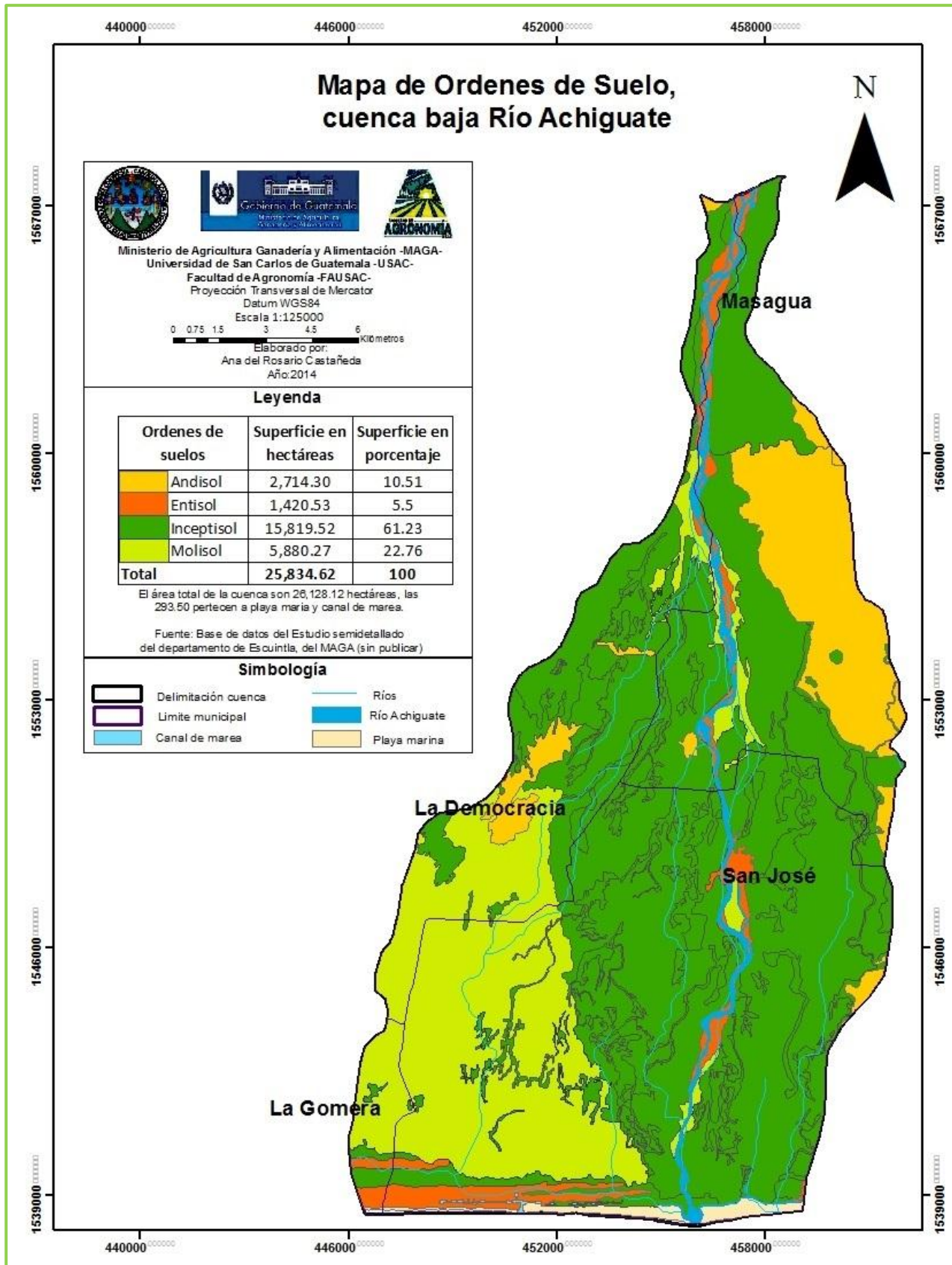


Figura 15. Mapa de Ordenes de suelo

E. Tierras

Capacidad de Uso de la Tierra

Con base a la clasificación de INAB 1998, la vocación de las tierras de la cuenca es para Sistemas Silvopastoriles, Agricultura sin Limitaciones, Agricultura con mejoras y Agroforestería con cultivos anuales.

Sistemas Silvopastoriles (Ss): Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tiene limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas. (INAB, 1998). Abarcando 465.03 hectáreas, de la superficie total, se encuentra al sur de la cuenca, extendiéndose en las playas y el cordón litoral.

Agricultura sin Limitaciones (A): Áreas con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados en forma intensiva y no requieren o, demandan muy pocas, prácticas intensivas de conservación de suelo. Pueden ser objeto de mecanización. (INAB, 1998). Abarcando 22,233.66 hectáreas, de la superficie total, esta clase se desplaza desde la parte alta de la cuenca, hasta llegar a la parte baja en las playas públicas.

Agricultura con mejoras (Am): Áreas que presentan limitaciones de uso moderadas con respecto a la pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje. Para su cultivo se requieren prácticas de manejo y conservación de suelos así como medidas agronómicas relativamente intensas y acordes al tipo de cultivo establecido. (INAB, 1998).

Agroforestería con Cultivos Anuales (Aa): Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo. (INAB, 1998).

La clases Am/Aa abarcan 3,429.43 hectáreas, de la superficie total, ubicándose al Norte de la cuenca, en parte de los municipios de La Democracia y Masagua.

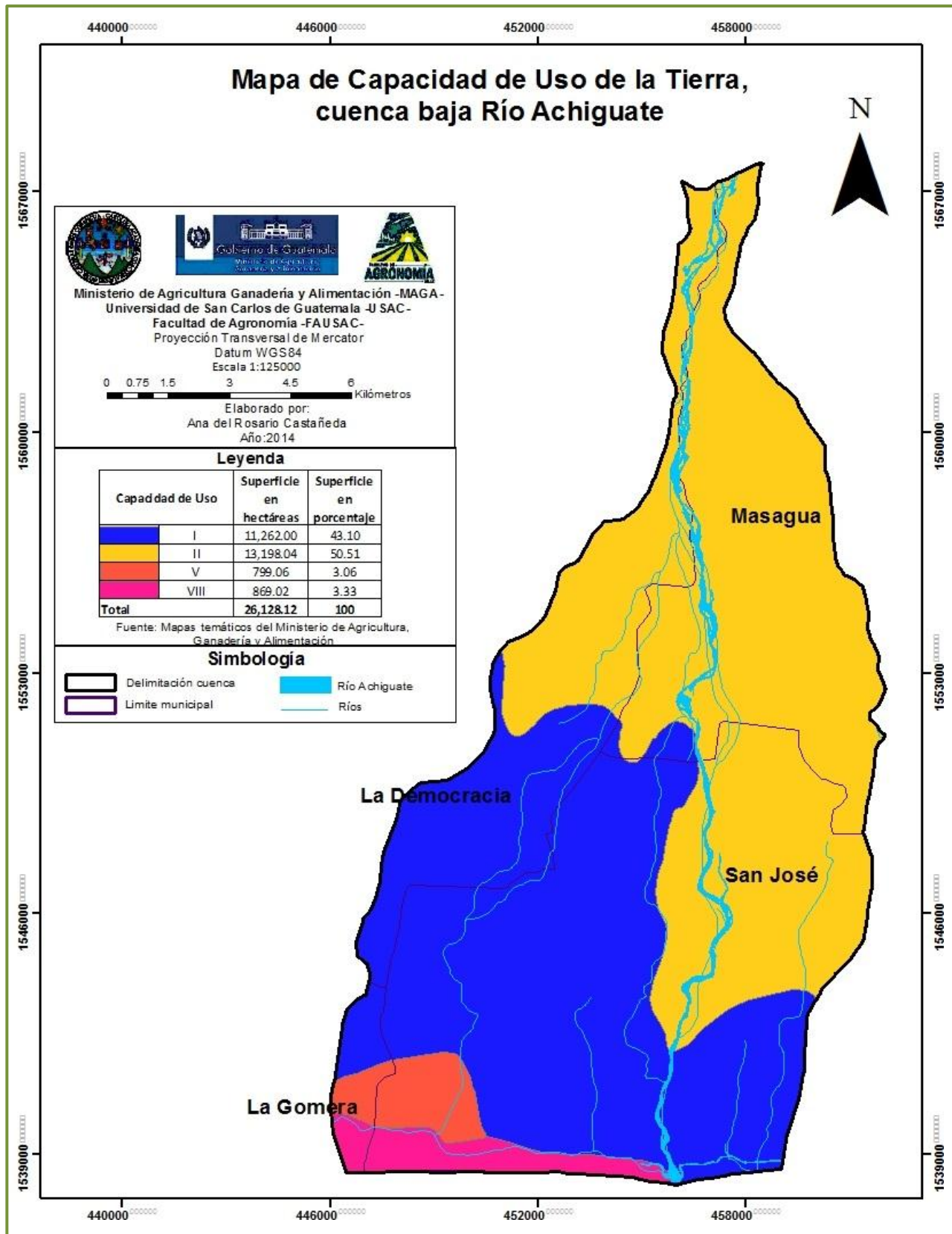


Figura 16. Mapa de capacidad de uso de la tierra

Intensidad de Uso de la Tierra

En el área de estudio se presentan las siguientes intensidades de uso:

Sobreuso de la tierra: Uso de la unidad de tierra a una intensidad mayor a la que soporta en términos físicos (INAB, 1998). Cubriendo el 5.53% de la superficie de la cuenca baja Río Achiguate, con 1,444.0 hectáreas.

Subuso de la tierra: Uso de una unidad de tierra a una intensidad menor que la que es capaz de soportar en términos físicos (INAB, 1998). Cubriendo el 68.68% de la superficie de la cuenca baja Río Achiguate, con 17,945.06 hectáreas.

Uso Correcto: Uso que indica que no hay discrepancia entre la capacidad de uso de la Tierra y el uso que actualmente se le está dando (INAB, 1998). Cubriendo el 25.79% de la superficie de la cuenca baja Río Achiguate, con 6,739.06 hectáreas

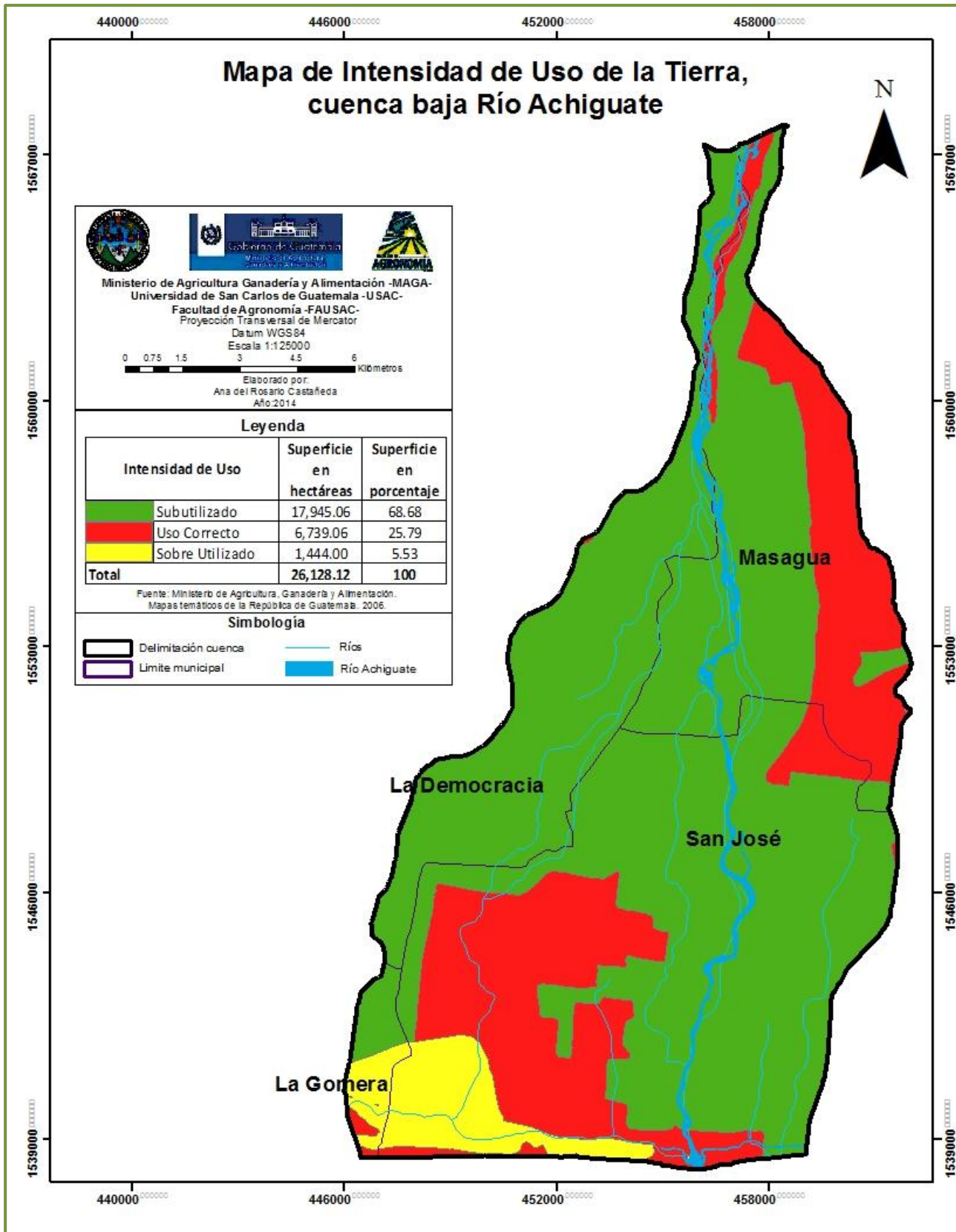


Figura 17. Mapa de Intensidad de Uso de la Tierra

Uso de la Tierra

Según base de datos del Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra del año 2010 (MAGA, 2015), la cuenca baja Río Achiguate presenta 21 tipos de uso, predominando la agricultura ocupando el 56.99% con el cultivo de caña de azúcar, seguido del 17.87% por granos básicos; como puede notarse la vegetación natural y bosque denominado por los usos: vegetación arbustiva baja, bosque manglar, bosque latifoliado, árboles dispersos y latifoliado, ocupan solamente el 3.89% de la superficie de la cuenca. A continuación se presenta en el Cuadro 7. Y la Figura 14. la descripción de los diferentes usos de la tierra dentro de la cuenca.

Cuadro 7. Cobertura vegetal y uso de la tierra de la cuenca baja Río Achiguate

Cobertura y uso de la tierra	Superficie en hectáreas	Superficie en porcentaje
Caña de azúcar	14889.85	56.99
Granos básicos	4667.80	17.87
Pasto cultivado	2716.55	10.40
Pasto natural	681.55	2.61
Playas, dunas o arenales	671.07	2.57
Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	635.83	2.43
Río	398.82	1.53
Banano-Plátano	274.68	1.05
Bosque manglar	254.16	0.97
Pashte	247.08	0.95
Instalación deportiva y recreativa	188.97	0.72
Pradera pantanosa	129.34	0.50
Papaya	103.12	0.39
Tejido urbano continuo	96.80	0.37
Bosque latifoliado	91.12	0.35
Árboles dispersos	33.56	0.13
Cítricos	13.79	0.05
Agroindustria	15.30	0.06
Pista de aterrizaje	13.50	0.05
Cementerio	3.15	0.01
Latifoliado	2.08	0.01
Total	26128.12	100.00

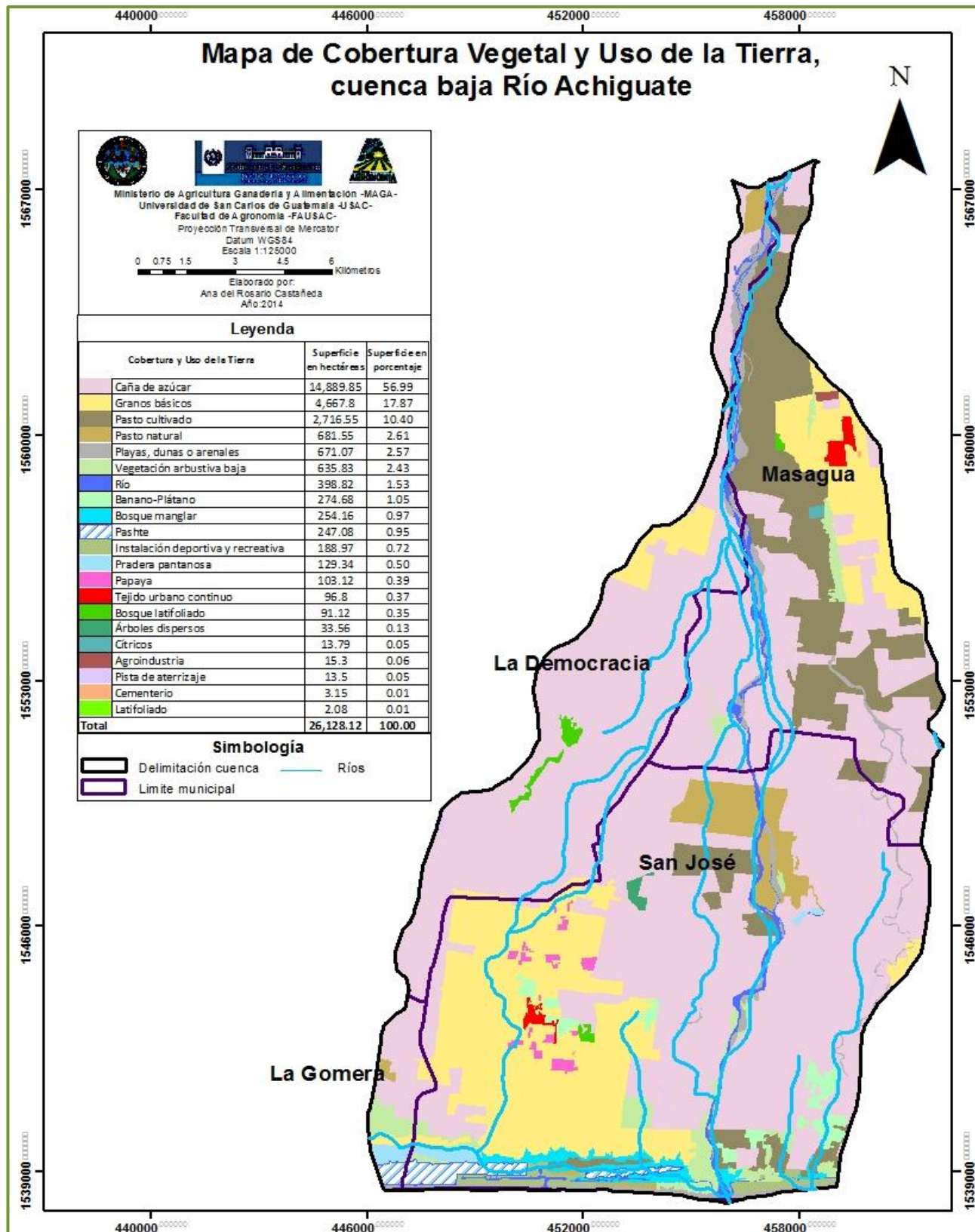


Figura 18. Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

Generar información de los problemas ambientales y agrícolas en función del deterioro de los suelos por el efecto de la erosión en la cuenca baja Río Achiguate.

2.4.2 Específicos

- Determinar las causas y clases de erosión de la cuenca baja Río Achiguate.
- Calificar las clases de erosión de los suelos, en función de su severidad y determinar la extensión abarcada para cada clase, en la cuenca baja Río Achiguate.
- Referenciar las áreas erosionadas según la clase, severidad y extensión con que se presentan dentro de la cuenca.
- Establecer lineamientos generales para la prevención control y manejo de la erosión.

2.5 METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación se presenta a continuación:

2.5.1 Trabajo de Gabinete

El trabajo de gabinete se resume de la siguiente forma:

- Se obtuvieron de parte de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos del MAGA, las fotografías aéreas de color verdadero a escala 1:21,000 y la hoja cartográfica que cubre el área de la cuenca, como también información referente a características biofísicas y socioeconómicas del área.
- Se consultó información bibliográfica generada del área en estudio, con el fin de conocer los aspectos más importantes relacionados con la investigación y así tomar estos como referencia.
- Colecta de registros climáticos de seis estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca, estas estaciones se encuentran ubicadas en fincas cañeras a cargo de CENGICAÑA.
- Se obtuvo la información generada a partir de las observaciones del levantamiento de suelos y unidades cartográficas del departamento de Escuintla por parte del proyecto Mapa Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra de la República de Guatemala a escala 1:50,000 (MAGA, 2014), como también del proyecto de Evaluación de los principales atributos físicos y químicos de los suelos de los departamentos de Escuintla, Chimaltenango, Guatemala, Sacatepéquez, Sololá y su clasificación de acuerdo con la metodología de la base mundial de referencia del recurso suelo WRB. FODECYT (02-2012).

2.5.1.1 Fotointerpretación

A. Delimitación de la cuenca sobre las fotografías aéreas

La cuenca fue tomada del mapa de cuencas de la República de Guatemala (UPGGR, 2009), siendo esta la cuenca baja Río Achíguate. El parte aguas fue proyectado y

delimitado en base a la fotointerpretación sobre 70 fotografías aéreas que cubren el área de la cuenca.

B. Identificación de las causas de la erosión de los suelos

Para identificar cuáles son las causas de la erosión de los suelos se tomó en cuenta la información recopilada sobre el uso de la tierra y su manejo, actividades agroindustriales, los factores biofísicos del área (vegetación, topografía, cauce principal del río y el clima).

C. Identificación de las clases de erosión

Se encontraron las clases de erosión de la siguiente manera:

- Por medio de fotointerpretación se identificaron las áreas erosionadas dentro de la cuenca.
- Se delimitaron polígonos sobre acetatos para cada área erosionada y estas fueron identificadas según su tipo.
- Para identificar las áreas erosionadas se establecieron y tomaron como guía los siguientes principios:
 1. Ausencia de cobertura vegetal en zonas planas, presencia erosión
 2. Áreas parcialmente cubiertas por vegetación natural supone un grado leve de erosión
 3. Áreas totalmente cubiertas por vegetación natural supone que no existe erosión
 4. Evidencia de pérdida de bosques de galería supone cierto grado de erosión
 5. Presencia de Surquillos y Cárcavas evidencia cierto grado de erosión
 6. Alta reflectancia de las fotografías evidencian suelos descubiertos y por lo tanto erosión de los suelos.
- Dentro de los polígonos se identificaron las clases de erosión:
 - Hídrica (Laminar, surcos, cárcavas) y sus combinaciones
 - Eólica

- Los acetatos con la información plasmada, fueron escarneados, georeferenciados y digitalizados en un software SIG.
- Se determinó la extensión de cada polígono y estos fueron identificados con la información respectiva acerca de la erosión.
- En función del número de polígonos obtenidos y el uso de la tierra se determinaron los puntos para la realización del levantamiento de información de suelos y conocer su morfología.
- Se usó un comparador, tomando como base las observaciones de campo del proyecto de taxonomía de suelos del departamento de Escuintla, del MAGA. el cual tiene una profundidad de 30 centímetros.
- Se preparó una boleta de apoyo para entrevistar a los habitantes de la cuenca sobre el comportamiento del viento dentro del área.

2.5.2 Trabajo de Campo

2.5.2.1 Socialización de la investigación

A manera de socializar sobre la investigación y el trabajo de campo se informó y solicitó permiso para ingresar a las fincas cañeras, ganaderas y viviendas de los pobladores, para realizar el levantamiento de información de la erosión de los suelos, en el área de la cuenca..

2.5.2.2 Levantamiento de información sobre pérdida del suelo

Se realizó un recorrido en el área, con el fin de corroborar los datos obtenidos en la fase de gabinete inicial (fotointerpretación) y así determinar los tipos de erosión presentes en el área. El primer recorrido fue en el mes de abril del año 2014, en donde se observó la dinámica de la erosión eólica principalmente y el segundo en el mes de Junio del mismo año, en donde se realizó la toma de datos del perfil de los suelos de las cajuelas, y se identificaron los factores que contribuyen a la erosión de los suelos, como también la clase de erosión presente (hídrica y eólica). Durante este, se entrevistó a los habitantes y trabajadores de fincas, con el fin de obtener información sobre la presencia del viento.

Las dimensiones de las cajuelas fueron de 50 cm. por cada lado, y de ellas se obtuvo la siguiente información:

- Profundidad del horizonte superior
- Textura del suelo
- Estructura del suelo
- Color
- Uso de H₂O₂ (para verificar presencia de materia orgánica).

2.5.3 Fase final de Gabinete

2.5.3.1 Clasificación de las ucs en grupos por similitud de suelos

Las unidades cartográficas de suelos realizadas para el Estudio semidetallado de los suelos del departamento Escuintla, por el MAGA (sin publicar), se reclasificaron en grupos según la similitud de las características de sus suelos, debido a que este estudio no contaba con la información de análisis químicos, dentro del tiempo empleado en esta investigación, se utilizaron los datos de análisis químicos y físicos empleados en el proyecto FODECYT 02-2012. Las variables analizadas fueron:

- Textura del suelo
- Capacidad de Intercambio Catiónico
- Fósforo
- Saturación de Bases
- Aluminio
- Régimen de humedad
- pH en H₂O y NaF.

2.5.3.2 Clasificación de la erosión de los suelos en base a la Clasificación de Soil Survey Staff

En base a la información de los suelos, obtenida a partir del estudio semidetallado de los suelos del departamento de Escuintla y las cajuelas realizadas en campo, se clasificó la erosión según categorías de la Soil Survey Staff 1993, mediante la evaluación del comportamiento del primer horizonte respecto a su profundidad. La clasificación se realizó para cada grupo por similitud de suelo.

Cuadro 8. Rangos de profundidad y tipos de erosión (SSS, 1993)

Rango de Profundidad	Tipo de Erosión	Símbolo
< 7.5 cm	Fuerte	3
7.5-15 cm	Moderada	2
>15 cm	Leve	1

Adaptado Soil Survey Staff, 1993

Estos rangos fueron obtenidos a partir del comparador utilizado, con 30 centímetros de profundidad del primer horizonte, en base a la clasificación de tipos de erosión de Soil Survey Staff (USDA, 1993).

2.5.3.3 Volumen de suelo erosionado

Se obtuvo el grosor del suelo perdido por grupo de similitud de suelos, obteniendo la diferencia entre profundidades, de un perfil representativo del proyecto FODECYT 02-2012 y un perfil obtenido de las 22 cajuelas realizadas en campo. El volumen se estimó de la forma siguiente:

$$V = h * a$$

Dónde:

h = altura de la lámina de pérdida de suelo en metros (diferencia entre profundidades)

a = área de la unidad de clasificación por fertilidad de suelos en metros cuadrados.

2.5.3.4 Análisis de la erosión

- Se realizó una descripción de la influencia del río y la precipitación sobre los suelos de la cuenca, como también del uso de la tierra.
- Se utilizaron los datos de granulometría del proyecto FODECYT 02-2012. A Partir de ello se generaron los mapas por distribución de texturas: (arcillas, limos y arenas) y clases texturales.
- Para realizar la distribución de las texturas se recurrió al método KrigingCroking, de interpolación lineal, para cada textura se agruparon los porcentajes más notables dentro de la cuenca.
- De las entrevistas realizadas a los pobladores, se tabularon los datos recolectados, estos se organizaron y analizaron para obtener una sola conclusión.
- De manera general y para mostrar como un todo, se realizó un resumen de las causas, integrando los factores causantes de la erosión de los suelos, se tomaron en cuenta los factores climáticos (viento, precipitación), uso de la tierra, influencia del Río Achiguate y texturas del suelo.

2.5.3.5 Elaboración de lineamientos generales para la conservación de los suelos

Debido a la gran homogeneidad del área los lineamientos se realizaron de la siguiente manera:

- Se identificaron los rubros agrícolas presentes en la cuenca
- Se determinaron los problemas que causa cada rubro agrícola a los suelos de la cuenca.
- A partir de los problemas encontrados, se establecieron medidas para la protección y conservación de los suelos.
- Con las causas y los lineamientos se generó una matriz.
- Para el área de bosques de galería se realizó una propuesta para su conservación por parte.

2.6 RESULTADOS

2.6.1 Estudio de la erosión del suelo

2.6.1.1 Fotointerpretación

A. Delimitación de la cuenca

La cuenca baja Río Achiguate tiene un área de 26,128.12 hectáreas o 261.28 kilómetros cuadrados, abarca los municipios de Masagua, La Democracia, San José y La Gomera, a la cuenca la conforman el Río Achiguate que es la corriente principal, al cual drenan los ríos Limón, Cristalina, Botón Blanco, Las Milpas y Río Seco, esta cuenca pertenece a la Vertiente del Pacífico.

Para realizar la fotointerpretación de la erosión hídrica en la cuenca, se utilizaron 35 pares de fotografías aéreas a escala 1:21,000 correspondientes a 10 líneas de vuelo, organizadas de la siguiente manera.

Cuadro 9. Fotografía área utilizada

Línea de vuelo	Pares estereoscópicos	Línea de vuelo	Pares estereoscópicos
129	43-42	134	220-219
	40-41		216-215
130	728-729		214-213
	726-727		212-213
131	598-599		210-209
	597-596		134-135
	595-596	136-137	
	559-600	132-133	
132	404-405	135	136-137
	406-407		130-131
	408-409		128-129
	409-410		126-127
133	315-316	136	140-141
	321-322		142-143
	312-313		144-145
	317-318		146-147
	319-320		148-149
134	218-217	Total	70 fotografías

En el proceso de fotointerpretación se identificaron 5 tipos de erosión:

Cuadro 10. Tipos de erosión

Tipo de erosión	Superficie en km2
Laminar y surcos moderado	107.99
laminar y surcos ligero	77.42
laminar ligero	68.78
laminar y cárcavas fuerte	2.045
eólica laminar	0.1126

De los polígonos formados se omitieron los menores a los 25 metros cuadrados, y estos fueron integrados a los polígonos próximos de clasificación mayor. Dentro de ellos se encontraban los polígonos identificados con erosión eólica laminar.

De la información obtenida de la fotointerpretación se georeferenció y digitalizo, a partir de ello surgió el mapa preliminar de erosión, el cual fue impreso y llevado a campo para la verificación respectiva.

B. Selección de puntos para el levantamiento de información del suelo

En principio se seleccionaron 36 puntos para la elaboración de cajuelas, la selección se hizo en función del mapa preliminar de erosión y el uso de la tierra de la cuenca.

2.6.1.2 Verificación del mapa preliminar de erosión

A. Recorrido de campo

Se realizaron recorridos en el área de la cuenca baja Río Achiguate, los que permitieron verificar la presencia de los tipos de erosión identificados mediante la fotointerpretación. La erosión hídrica de los suelos identificada en campo muestra el mismo comportamiento y distribución que el encontrado en el trabajo de fotointerpretación, sin embargo se encontró que el comportamiento de la erosión eólica varía respecto al tiempo y espacio, debido a que se presenta en los terrenos descubiertos según la influencia del viento y la

época no lluviosa, por lo que se tomó la decisión de no mapear los lugares específicos en donde se presenta este.

Se encontraron los tipos de erosión: hídrica laminar, laminar y surcos moderado, laminar y surcos ligero y erosión eólica presente en los suelos sin cobertura vegetal.

Se llegó a puntos específicos de la ribera del río con el fin de observar su dinámica y forma, ya que mediante la fotointerpretación se reconoció como un río de forma trenzado, siendo este uno de los causantes de la erosión, arrastre y deposición de materiales en el área de la cuenca.

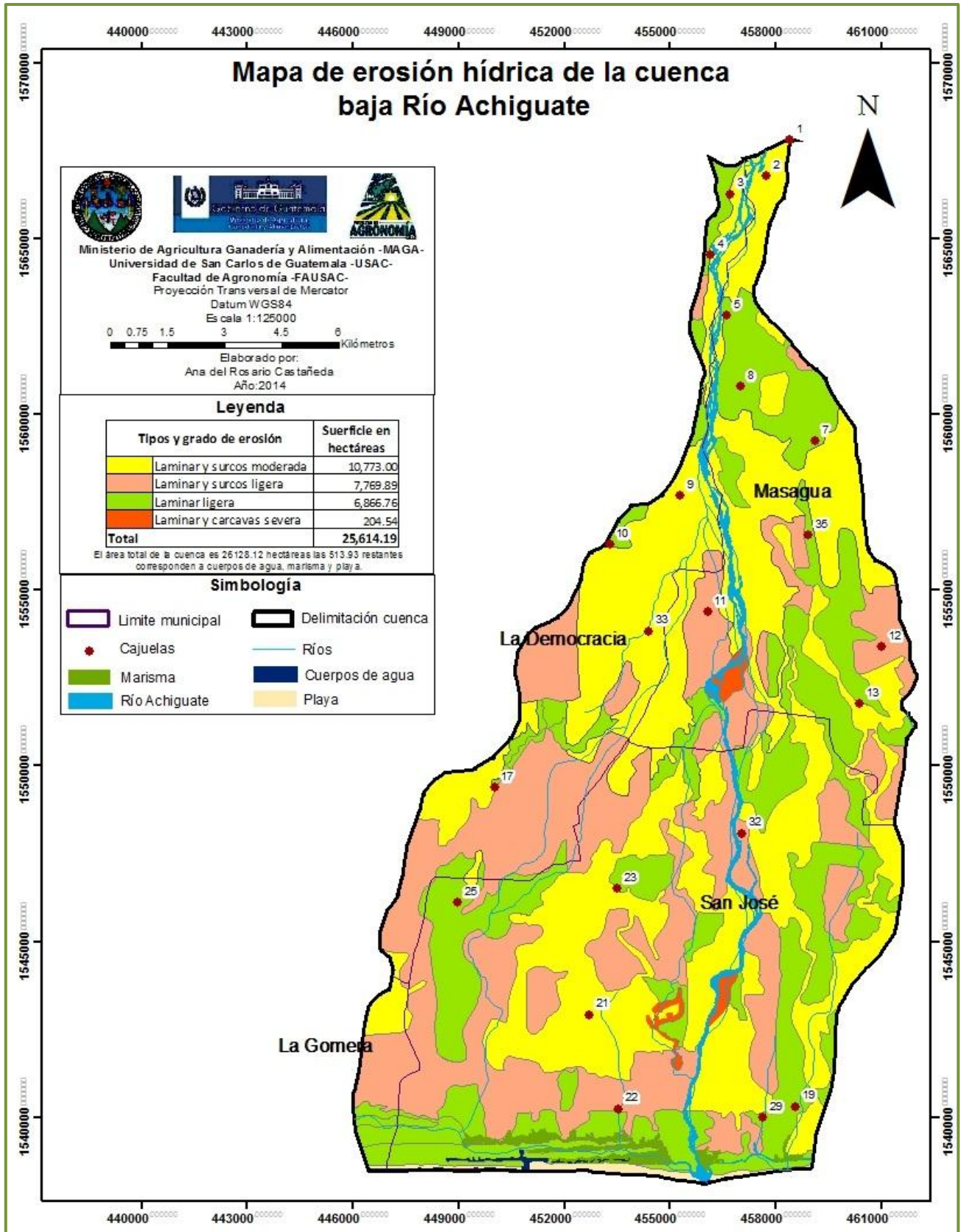


Figura 19. Mapa de erosión hídrica del suelo

A. Descripción de las cajuelas de campo (año 2014)

En el área de estudio, se observó la presencia de erosión de los suelos, identificando la erosión natural y acelerada, esta última inducida por el factor antropogénico. Se identificaron las causas principales de la erosión en la cuenca: factores climáticos (precipitación, viento), uso de la tierra (agricultura intensiva, ganadería).

Se realizó un recorrido de reconocimiento en el mes de abril del año 2014, donde se observó cómo los factores climáticos afectan desfavorablemente los suelos que se encuentran vulnerables a la degradación, que son aquellos que no presentan cobertura vegetal y donde se desarrollan actividades agroproductivas sin considerar su protección, así mismo se comprobó en campo como la explotación inadecuada del suelo es el factor que más contribuye a su erosión, entendiendo que se le da un uso sin aplicación de técnicas de conservación de suelo y por el laborero que se realiza en las zonas cultivadas, como el arado. Se realizaron 22 cajuelas de campo, de las 36 establecidas previamente, debido a problemas con la accesibilidad a los puntos, a continuación se describe el trabajo de campo realizado:

Descripción morfológica del suelo: características físicas tomadas en campo de 22 cajuelas y el terreno donde se desarrollan en la cuenca baja Río Achiguate.

Punto 01: Este punto se ubica a 800 metros de distancia del cauce principal del Río Achiguate a 77 msnm, en las coordenadas longitud: 458422; latitud: 1567794, dentro de la hacienda El Cobanero en el municipio de Masagua. Como uso de la tierra se encuentra bosque latifoliado con una plantación de Teca (*Tectona grandis*), a sus alrededores se encuentra el cultivo de caña de azúcar.



Perfil 01	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0-18 Ap	Gris oscuro Franca arenosa Bloques subangulares
	18-30 C1	Gris oscuro Arenosa franca Bloques subangulares
	C2 30-55	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Plantación de teca. Bosque latifoliado
	Erosión	Laminar y surcos moderada

Figura 20. Descripción morfológica del suelo de la observación 01

La pendiente del terreno donde se desarrollan estos suelos es del 3%, perteneciendo al orden inceptisoles. El perfil observado presenta baja evolución de tipo A-C, el primer horizonte es un Ap, de color gris oscuro, textura franca arenosa con estructura en bloques subangulares, el segundo es un C1, de color gris oscuro, textura arenosa franca, estructura en bloques subangulares y el tercero es un C2 de color gris muy oscuro, textura arenosa, sin estructura (grano suelto), el primer horizonte presenta reacción ligera a la materia orgánica mientras que el segundo y tercero no presentan reacción. Los suelos presentan erosión de tipo laminar y surcos moderada.

Punto 02: Este punto se ubica a 400 metros de distancia del cauce principal del Río Achiguate a 69 msnm, en las coordenadas longitud: 457736; latitud: 1566779, dentro de la hacienda Madre Tierra, en el municipio de Masagua. El uso de la tierra pertenece al de cultivo de caña de azúcar.



Perfil 02	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0-20 Ap	Pardo grisáceo muy oscuro Arcillo limosa Bloques subangulares
	C 20-55	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Agricultura intensiva Caña de azúcar
	Erosión	Laminar y surcos moderada

Figura 21. Descripción morfológica del suelo de la observación 02

La pendiente del terreno donde se desarrollan estos suelos es del 3%, pertenecen al orden inceptisoles. La evolución de perfil del suelo es baja, de tipo A-C, el primer horizonte es un Ap, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillo limosa con estructura en bloques subangulares y reacción ligera a la materia orgánica, el segundo es un C de color gris muy oscuro, de textura arenosa, sin estructura (grano suelto), sin reacción a la materia orgánica. Los suelos presentan erosión de tipo laminar y surcos moderado.

Punto 03: Este punto se encuentra a 300 metros de distancia del cauce principal del Río Achiguate a 69 msnm, en las coordenadas longitud: 456721; latitud: 1566269, en el municipio de La Democracia. El uso de la tierra pertenece a pastos naturales, a sus alrededores se encontraba cultivado maíz y caña de azúcar.



Perfil 03	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0-05 Ap	Pardo grisáceo oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	05-25 C1	Pardo grisáceo oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	25-35 C2	Pardo grisáceo oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Pastos naturales
	Erosión	Laminar ligera

Figura 22. Descripción morfológica del suelo de la observación 03

La pendiente del terreno donde se desarrollan estos suelos es del 3%, pertenecen al orden inceptisoles, con forma del terreno de albardones y orillales. El perfil del suelo presenta baja evolución, de tipo A-C, el primer horizonte es un Ap, el segundo es un C1 y el tercero es un C2, todos de color pardo grisáceo oscuro textura arenosa, sin estructura (grano suelto) y sin reacción a la materia orgánica, con presencia de pedregosidad en todo el perfil. Las características de estos suelos muestran evidencia de depósitos del río debido a la cercanía en la que se encuentra, así mismo en unas áreas muestra evidencia de erosión laminar ligera.

Punto 04: Este punto se encuentra dentro de la finca Los Amigos a 61 msnm, en las coordenadas longitud: 456160; latitud: 1564539, en el municipio de La Democracia. Como uso de la tierra se encuentra el cultivo de caña de azúcar.



Perfil 04	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0 – 18 Ap	Pardo grisáceo muy oscuro Arenosa franca Bloques subangulares
	18-25 Bw	Pardo Franco arcillo arenosa Bloques subangulares
	20 – 55 C	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Agricultura extensiva Caña de azúcar
	Erosión	Laminar y surcos moderada

Figura 23. Descripción morfológica del suelo de la observación 04

Estos suelos se desarrollan en una pendiente del 0-3%, pertenecen al orden inceptisoles. La evolución de perfil del suelo es baja, de tipo A-B-C, el primer horizonte es un Ap, color pardo grisáceo muy oscuro, textura arenosa franca, estructura en bloques subangulares, sin reacción a la materia orgánica, el segundo es un Bw, color pardo, textura franco arcillo arenosa, estructura en bloques subangulares, sin reacción a la materia orgánica, y el tercero es un C, color gris muy oscuro, textura arenosa, sin estructura (grano suelto), sin reacción a la materia orgánica, presenta erosión de tipo laminar y surcos moderada con formación de surquillos.

Punto 05: Este punto se ubica a 174 metros de distancia del cauce principal del Río Achiguate a 58 msnm, en las coordenadas longitud: 456622; latitud: 1562816, en la finca Las Ilusiones, del municipio de Masagua. Como uso de la tierra se encuentra el cultivo caña de azúcar.



Perfil 05	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0-20 Ap	Pardo grisáceo muy oscuro Franco arenosa Bloques subangulares
	20-40 C	Gris muy oscuro Arenosa Bloques subangulares
	40-50 Ab	Pardo oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Agricultura extensiva Caña de azúcar
	Erosión	Laminar ligera

Figura 24. Descripción morfológica del suelo de la observación 05

Los suelos encontrados en este punto se desarrollan a una pendiente del 0-3%, pertenecen al orden inceptisoles. La evolución de perfil del suelo es baja, de tipo A-C-A, el primer horizonte es un Ap, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa, con estructura en bloques subangulares, sin reacción a la materia orgánica, el segundo es un C, de color pardo grisáceo oscuro, de textura arenosa, estructura en bloques subangulares, sin reacción a la materia orgánica, el tercero es un Ab, de color pardo oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, sin reacción a la materia orgánica. Evidencia presencia de erosión de tipo laminar ligera

Punto 07: Este punto se encuentra en las inmediaciones de labor El Reilizarío a 48 msnm, en las coordenadas longitud: 459124; latitud: 1559258, en el municipio de Masagua. Como uso de la tierra se encuentra tejido urbano continuo.



Perfil 07	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0-40 A	Pardo grisáceo muy oscuro Franco arenosa Bloques subangulares
	40-50 C	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Tejido Urbano Continuo (patio trasero de una casa)
	Erosión	Laminar ligera

Figura 25. Descripción morfológica del suelo de la observación 07

Estos suelos se desarrollan en una pendiente del 0-3%, pertenecen al orden Molisoles. La evolución de perfil del suelo es moderada, de tipo A-C, el primer horizonte es un A, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa, con estructura en bloques subangulares, sin reacción a la materia orgánica, el segundo es un C, de color gris muy oscuro, de textura arenosa, sin estructura (grano suelto), sin reacción a la materia orgánica. En este punto exactamente no se observaron signos de erosión, sin embargo a los alrededores hay evidencia de erosión tipo laminar ligera

Punto 08: Este punto se encuentra a inmediaciones de Aldea Corralitos y Labor San Antonio, a 52 msnm, en las coordenadas longitud: 456994; latitud: 1560784, en el municipio de Masagua. Como uso de la tierra se encuentra ganadería.



Perfil 08	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0-08 Ap	Pardo oscuro Franca arenosa Bloques subangulares
	08-45 C	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	45-50 Ab	Pardo oscuro Franco arcillosa bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Pastos naturales y Ganadería
	Erosión	Laminar ligera

Figura 26. Descripción morfológica del suelo de la observación 08

Estos suelos se desarrollan en una pendiente del 0-3%, pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo presenta evolución baja, de tipo A-C-A, el primer horizonte es un Ap, de color pardo oscuro, textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares, reacción moderada a la materia orgánica, el segundo es un C, de color gris muy oscuro, de textura arenosa, sin estructura (grano suelto), sin reacción a la materia orgánica, el tercero es un Ab, de color pardo oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, sin reacción a la materia orgánica. Los suelos presentan erosión de tipo laminar ligera.

Punto 09: Este punto se ubica a 883 metros de distancia del cauce principal del Río Achiguate a 45 msnm, en las coordenadas longitud: 455302; latitud: 1557679, dentro de la ranchería El Pilar, en el municipio de La Democracia. Siendo el uso de pastos naturales, árboles dispersos y ganadería.



Perfil 09	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 07 Ap	Pardo oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	07-17 AB	Gris muy oscuro Franco arenosa Bloques subangulares
	17-40 Bw	Pardo grisáceo muy oscuro Arcillosa franca Bloques subangulares
	40-50 C	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Pastos naturales y árboles dispersos
	Erosión	Laminar y surcos moderada

Figura 27. Descripción morfológica del suelo de la observación 09

Estos suelos se desarrollan en una pendiente del 0-3%, pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo presenta evolución baja, de tipo A-B-C, el primer horizonte es un Ap, de color pardo oscuro, textura franco arcillosa, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un AB, de color pardo grisáceo oscuro, de textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, el tercero es un Bw, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillosa franca y estructura en bloques subangulares, el cuarto es un C, de color gris muy oscuro, textura arenosa, sin estructura (grano suelto), el perfil no presenta reacción a la materia orgánica. Los suelos presentan erosión de tipo laminar y surcos moderada, así mismo muestra evidencia de pastoreo de ganado.

Punto 10: Este punto se encuentra a inmediaciones de la Zona de Desarrollo Agrario El Pilar, a 39 msnm, en las coordenadas longitud: 453274; latitud: 1556296, en el municipio de La Democracia. Siendo el uso de la tierra pastos naturales.



Perfil 10	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0-10 Ap	Gris muy oscuro Franco arenosa Bloques subangulares
	10-28 Bw	Pardo grisáceo oscuro Arenosa limosa Bloques subangulares
	28-32 C	Negro Arenosa Bloques subangulares
	32-50 Bw2	Gris oscuro Arcillosa franca Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Pastos naturales
	Erosión	Laminar ligera

Figura 28. Descripción morfológica del suelo de la observación 10

Estos suelos se desarrollan en una pendiente del 0-3%, pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo presenta evolución baja, de tipo A-B-C-B, conteniendo capas de arena, como aporte de materiales del río. El primer horizonte es un Ap, color gris muy oscuro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, el segundo es un Bw, color pardo grisáceo oscuro, textura arenosa limosa y estructura en bloques subangulares, el tercero es un C, color negro, textura arenosa y estructura en bloques subangulares, el cuarto es un Bw2, color gris oscuro, textura arcillosa franca, estructura en bloques subangulares, sin reacción a la materia orgánica y erosión de tipo laminar ligera

Punto 11: Este punto se encuentra a inmediaciones de la Ranchería de la finca San José Las Flores, a 38 msnm, en las coordenadas longitud: 456052; latitud: 1554477, en el municipio de La Democracia. Como uso de la tierra se encuentra el cultivo de caña de azúcar.



Perfil 11	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 25 Ap	Pardo amarillento oscuro Textura de campo Arcillo franca Bloques subangulares
	25 – 60 C	Gris muy oscuro Textura de campo Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Agricultura intensiva Caña de azúcar
	Erosión	Laminar y surcos ligera

Figura 29. Descripción morfológica del suelo de la observación 11

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza muy encharcable y pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo es de evolución baja, de tipo A-C. El primer horizonte es un Ap, color pardo amarillento oscuro, textura arcillosa franca, con estructura en bloques subangulares, reacción ligera a la materia orgánica, el segundo es un C, de color gris muy oscuro, de textura arenosa, sin estructura (grano suelto), sin reacción a la materia orgánica. Los suelos presentan erosión de tipo laminar y surcos ligera.

Punto 12: Este punto se encuentra a inmediaciones de labor El Pilar y la finca El Diamante, a 30 msnm, en las coordenadas longitud: 460990; latitud: 1553428, en el municipio de Masagua. Como uso de la tierra se encuentra el cultivo de caña de azúcar.



Perfil 12	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0-15 Ap	Negro Franco arcillosa Bloques subangulares
	15-45 AB	Pardo grisáceo muy oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	45-62 Bw2	Pardo Arcillosa franca Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Agricultura intensiva Caña de azúcar
	Erosión	Laminar y surcos ligera

Figura 30. Descripción morfológica del suelo de la observación 12

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza encharcable y pertenecen al orden Molisol. El perfil del suelo es de evolución moderada, de tipo A-B. El primer horizonte es un Ap, color negro, textura franco arcillosa, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un AB, de color pardo grisáceo muy oscuro, de textura franco arcillosa, el tercero es un Bw2, de color pardo, textura arcillosa franca, estructura en bloques sin angulares, el perfil del suelo no presenta reacción a la materia orgánica. Los suelos presentan erosión de tipo laminar y surcos ligera

Punto 13: Este punto se ubica a 4 kilómetros de distancia del cauce principal del Río Achiguate a inmediaciones de las fincas el Oasis y Texcuaco, a 29 msnm, en las coordenadas longitud: 460395; latitud: 1551766, en el municipio de Masagua. Como uso de la tierra se encuentra el cultivo de caña de azúcar.



Perfil 13	Ho. Prof. (cm)	Principales características
	0-15 Ap	Pardo grisáceo muy oscuro Arcillosa franca Bloques subangulares
	15-35 C1	Pardo grisáceo muy oscuro Arenosa franca Bloques subangulares
	35-50 C2	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Agricultura intensiva Caña de azúcar
	Erosión	Laminar y surcos moderada

Figura 31. Descripción morfológica del suelo de la observación 13

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza encharcable y pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo es de evolución baja, de tipo A-C. El primer horizonte es un Ap, color pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillosa franca, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un C1, de color pardo grisáceo muy oscuro, de textura arenosa franca, estructura en bloques subangulares, el tercero es un C2, de color gris muy oscuro, textura arenosa, sin estructura (grano suelto), el perfil del suelo no presenta reacción a la materia orgánica. En estos suelos se evidencia el tipo de erosión laminar y surcos moderada.

Punto 17: Este punto se encuentra a inmediaciones de Argentina (Ranchería Hacienda El Naranjo) a 19 msnm, en las coordenadas longitud: 450020; latitud: 1549369, dentro de la finca El Mirador, en el municipio de La Democracia. Como uso de la tierra se encuentra una plantación de Teca (*Tectona grandis*).



Perfil 17	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 10 Ap	Pardo grisáceo oscuro Arenosa arcillosa Bloques subangulares
	10-30 Bw1	Pardo grisáceo oscuro Arenosa arcillosa Bloques subangulares
	C 30 - 50	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Bosque latifoliado Teca
	Erosión	Laminar ligera

Figura 32. Descripción morfológica del suelo de la observación 17

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es plana, del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza encharcable y pertenecen al orden Molisol. El perfil del suelo es de evolución moderada, de tipo A-B-C. El primer horizonte es un Ap, color pardo grisáceo oscuro, textura arenosa arcillosa, con estructura en bloques subangulares, reacción ligera a la materia orgánica, el segundo es un Bw1, de color pardo grisáceo oscuro, de textura arenosa arcillosa, estructura en bloques subangulares, reacción ligera a la materia orgánica, el tercero es un C, de gris muy oscuro, textura arenosa, estructura en bloques sin angulares, sin reacción a la materia orgánica. Los suelos presentan erosión de tipo laminar ligera.

Punto 19: Este punto se encuentra en la finca Los Magueyes a cinco metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas longitud: 458561; latitud: 1540296, en el municipio de San José. Se encuentra una plantación de banano.



Perfil 19	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 12 Ap	Pardo grisáceo muy oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	12-37 Bw1	Gris muy oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	37-50 Bw2	Pardo oscuro Arcillosa Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Agricultura Banano-plátano
	Erosión	Laminar ligera

Figura 33. Descripción morfológica del suelo de la observación19

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza muy encharcable y pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo es de evolución baja, de tipo A-B. El primer horizonte es un Ap, color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcillosa, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un Bw1, de color pardo gris muy oscuro, de textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, el tercero es un Bw2, de color pardo oscuro, textura arcillosa, estructura en bloques sin angulares, el perfil del suelo presenta reacción ligera a la materia orgánica. La erosión que presentan estos suelos es de tipo laminar ligera.

Punto 21: Este punto se encuentra ubicado en finca Las Pampas a 9 msnm, en las coordenadas longitud: 452717; latitud: 1542917, en el municipio de San José. Siendo el uso de la tierra pastos naturales.



Perfil 21	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 20 Ap	Pardo oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	20-40 Bw1	Pardo amarillento oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	40-55 Bw2	Pardo amarillento oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Pastos naturales
	Erosión	Laminar ligera

Figura 34. Descripción morfológica del suelo de la observación 21

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza encharcable y pertenecen al orden Molisol. El perfil del suelo es de evolución moderada, de tipo A-B. El primer horizonte es un Ap, color pardo oscuro, textura franco arcillosa, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un Bw1, de color pardo amarillento oscuro, de textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, el tercero es un Bw2, de color pardo amarillento oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, el perfil del suelo no presenta reacción a la materia orgánica. Presenta erosión de tipo laminar ligera.

Punto 22: Este punto se encuentra a inmediaciones de Labor Buena Vista y La Cueva Grande, a 4 msnm, en las coordenadas longitud: 453547; latitud: 1540234, en el municipio de San José. El uso de la tierra corresponde a Bosque natural.



Perfil 22	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0-05 A	Pardo muy oscuro Franco Arcillosa Bloques subangulares
	05-12 Bw1	pardo oscuro Arcillosa franca Bloques subangulares
	12-25 C	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	25-35 Bw2	Pardo oscuro Arcillo arenosa Bloques subangulares
	35-45 Bw3	Pardo grisáceo muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Bosque natural
	Erosión	Laminar ligera

Figura 35. Descripción morfológica del suelo de la observación 22

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, pertenecen al orden Molisol. El perfil del suelo muestra evolución moderada, de tipo A-C-B. El primer horizonte es un A, de color pardo muy oscuro, textura franco arcillosa, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un Bw1, de color pardo oscuro, de textura arcillosa franca, sin estructura (grano suelto), el tercero es un Bw2, de color pardo oscuro, textura arcillo arenosa, estructura en bloques subangulares, el cuarto es un Bw3, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura arenosa, sin estructura (grano suelto), el primer horizonte muestra reacción a la materia orgánica, el resto del perfil sin reacción. Los suelos presentan tipo de erosión laminar ligera.

Punto 23. Este punto se encuentra a inmediaciones de finca San Rafael a 19 msnm, en las coordenadas longitud: 453497; latitud: 1546523, en el municipio de San José. El uso de la tierra corresponde al cultivo de banano y plátano.



Perfil 23	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 15 Ap	Pardo grisáceo oscuro Arcillosa franca Bloques subangulares
	15-30 Bw1	Pardo grisáceo muy oscuro Arcillo limosa Bloques subangulares
	30 – 40 Bw2	Pardo grisáceo muy oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	40-50 Bw3	Pardo grisáceo muy oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Banano-plátano
	Erosión	Laminar ligera

Figura 36. Descripción morfológica del suelo de la observación 23

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo muestra evolución baja, de tipo A-B. El primer horizonte es un Ap, color pardo grisáceo oscuro, textura arcillosa franca, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un Bw1, de color pardo grisáceo muy oscuro, de textura arcillo limosa, estructura en bloques subangulares, el tercero es un Bw2, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, el cuarto es un Bw3, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, el primer horizonte muestra reacción a la materia orgánica, el resto del perfil sin reacción. Los suelos presentan tipo de erosión laminar ligera.

Punto 25: Este punto se encuentra a inmediaciones del Centro de Desarrollo Agrario Los Ángeles a 12 msnm, en las coordenadas longitud: 448984; latitud: 1546095, en el municipio de San José. El uso de la tierra corresponde al cultivo de maíz.



Perfil 25	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 17 Ap	Pardo grisáceo muy oscuro Arcillosa franca Bloques subangulares
	17-38 Bw1	Pardo grisáceo oscuro Arcillosa franca Bloques subangulares
	38-45 Bw2	Pardo grisáceo oscuro Arcillo limosa Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Granos básicos
	Erosión	Laminar ligera

Figura 37. Descripción morfológica del suelo de la observación 25

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza encharcable y pertenecen al orden Molisol. El perfil del suelo es de evolución moderada, de tipo A-B. El primer horizonte es un Ap, pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillosa franca, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un Bw1, de color pardo grisáceo oscuro, de textura arcillosa franca, estructura en bloques subangulares, el tercero es un Bw2, de color pardo grisáceo oscuro, textura arcillo limosa, estructura en bloques subangulares, reacción ligera a la materia orgánica en todos los horizontes. Los suelos presentan erosión de tipo laminar ligera

Punto 29: Este punto se encuentra en el caserío La Barrita vieja a 3.5 metros msnm, en las coordenadas longitud: 457648; latitud: 153998, en el municipio de San José. El uso de la tierra corresponde al cultivo de plátano y banano.



Perfil 29	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 22 Ap	Gris muy oscuro Arenosa franca Bloques subangulares
	22-50 Bw1	Pardo grisáceo muy oscuro Arenosa arcillosa Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Agricultura Banano-plátano
	Erosión	Laminar ligera

Figura 38. Descripción morfológica del suelo de la observación 29

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza muy encharcable y pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo es de evolución baja, de tipo A-B. El primer horizonte es un Ap, color gris muy oscuro, textura arenosa franca, estructura en bloques subangulares, el segundo es un Bw1, de color pardo grisáceo muy oscuro, de textura arenosa arcillosa, estructura en bloque subangulares, reacción ligera a la materia orgánica en todo el perfil. Los suelos presentan erosión de tipo laminar ligera.

Punto 32: Este punto se encuentra a 200 metros del cauce principal del Río Achiguate, a inmediaciones de la aldea Botón Blanco y labor La Palma, a 23 msnm, en las coordenadas longitud: 457062; latitud: 1548069. Siendo el uso de la tierra ganadería.



Perfil 32	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 18 Ap	Pardo grisáceo muy oscuro Arcillosa franca Bloques subangulares
	18-45 C1	Gris muy oscuro Arcillosa franca Sin estructura (grano suelto)
	45-55 Bw	Gris muy oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	Uso de la Tierra	Pastos naturales y Ganadería
	Erosión	Laminar y surcos ligera

Figura 39. Descripción morfológica del suelo de la observación 32

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es plana, del 0-3%, presentan una geomorfología de albardones y orillales, pertenecen al orden Molisol. El perfil del suelo es de evolución baja, de tipo A-C-B. El primer horizonte es un Ap, color pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillosa franca, estructura en bloques subangulares, el segundo es un C, de color gris muy oscuro, de textura arenosa franca, sin estructura (grano suelto), el tercero es un Bw1, de color gris muy oscuro, textura franco arenosa, estructura en bloques sin angulares, reacción ligera a la materia orgánica en el primer horizonte, sin reacción en el resto. Los suelos presentan erosión de tipo laminar y surcos ligera, como también el daño causado por la pisada de vaca.

Punto 33: Este punto se encuentra a inmediaciones de hacienda Varsovita a 35 msnm, en las coordenadas longitud: 454412; latitud: 1553824, en el municipio de La Democracia. Siendo el uso de la tierra el cultivo de caña de azúcar.



Perfil 33	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 12 Ap	Gris muy oscuro Arcillo franca Bloques subangulares
	12-32 A2	Gris muy oscuro Franco arcillosa Bloques subangulares
	32-55 Bw	Pardo Arenosa arcillosa Bloques subangulares
	55-60 C	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Agricultura extensiva Caña de azúcar
	Erosión	Laminar y surcos moderada

Figura 40. Descripción morfológica del suelo de la observación 33

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, pertenecen al orden Inceptisol. El perfil del suelo es de evolución baja, de tipo A-B-C. El primer horizonte es un Ap, color negro, textura arcillosa franca, estructura en bloques subangulares, el segundo es un A2, color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares, el tercero es un Bw, color pardo, textura arenosa arcillosa, estructura en bloques sin angulares, el cuarto es un C, color gris muy oscuro, textura arenosa, sin estructura (grano suelto), reacción ligera en todos los horizontes a la materia orgánica, sin reacción en el cuarto y erosión de tipo laminar y surcos moderada.

Punto 35: Este punto se encuentra en el caserío Las Guacas, a 40 msnm, en las coordenadas longitud: 458949, latitud: 1556550, en el municipio de Masagua. Siendo el uso de la tierra, tejido urbano continuo, la cajuela se realizó en el patio trasero de una casa, donde se encontraron animales de patio y árboles frutales.



Perfil 35	Ho. Prof.(cm)	Principales características
	0 – 15 Ap	Pardo muy oscuro Franco arcillo arenosa Bloques subangulares
	15-45 Bw	Pardo grisáceo muy oscuro Arenosa franca Bloques subangulares
	45-55 C	Gris muy oscuro Arenosa Sin estructura (grano suelto)
	Uso de la Tierra	Tejido urbano continuo Patio trasero de una casa
	Erosión	Laminar ligera

Figura 41. Descripción morfológica del suelo de la observación 35

La pendiente del terreno donde se desarrollan los suelos es del 0-3%, presentan una geomorfología de plano de terraza encharcable y pertenecen al orden Andisol. El perfil del suelo es de evolución moderada, de tipo A-B-C. El primer horizonte es un Ap, color pardo muy oscuro, textura franco arcillo arenosa, con estructura en bloques subangulares, el segundo es un Bw, color pardo grisáceo muy oscuro, de textura arenosa franca, estructura en bloques subangulares, el tercero es un C, de color gris muy oscuro, textura arenosa, sin estructura (grano suelto), el perfil del suelo presenta reacción ligera a la materia orgánica, excepto en el tercer horizonte. Los suelos presentan tipo de erosión laminar ligera.

2.6.1.3 Diagnóstico de erosión

A. Agrupación de las unidades cartográficas de suelos por su similitud en las características del suelo

Para realizar un diagnóstico general de la erosión en la cuenca, se agruparon las unidades cartográficas de suelos (UCS) establecidas por el proyecto de taxonomía de suelos del departamento de Escuintla, del MAGA, tomando como base la clasificación de suelos por su capacidad de fertilidad (Buol et al., 1992) y adaptándolo a las condiciones de la investigación. A partir de esta última se determinaron siete grupos; se generaron dos grupos más quedando con las características que presentaban las UCS, estos son cordón litoral y oríllales del río, por la inexistencia de datos químicos y físicos de laboratorio, para estas áreas.

Cuadro 11. Grupos por similitud de suelos

Grupos por similitud de suelo	Superficie en hectáreas
Skn	6,076.99
Sdxbkkn	5,676.42
Sde	5,086.50
Sdkn	2,996.47
Sdexkn	2,363.91
Oríllales del río	1,574.30
Sxkn	1,015.81
Cordón litoral	630.02
Sdxkn	193.78

Cuadro 12. Recolección de características físicas y químicas del suelo

Referencia	% Arcilla	% Limo	% Arena	Textura	% C O	pH H2O	pH NaF 60'	CIC	K	% Sat Bases
Pedon No. 94	28.15	37.46	34.39	F	1.32	80	10.20	22.4	1.23	100
Pedon No. 94	19.99	44.88	35.13	FL	0.82	8.20	10.00	21.00	0.13	97.80
Pedon No. 84	10.53	38.76	50.71	F	0.55	7.20	9.50	28.15	0.76	14.45
Pedon No. 84	7.47	29.58	62.95	FAr	0.20	6.80	9.10	5.90	0.00	0.00
Pedon No. 81	19.99	32.64	47.37	F	4.75	6.50	10.70	12.40	0.16	96.20
Pedon No. 81	24.07	26.52	49.41	FAA	6.10	6.60	11.10	22.33	0.12	65.40
P-89	5.94	48.70	45.36	FL	3.67	6.31	8.53	24.61	0.88	54.29
P-89	9.95	45.25	44.79	FL	3.28	6.28	9.29	29.49	1.07	44.93
Pedon No. 88	7.47	17.34	75.19	FAr	0.47	7.40	10.00	6.51	0.15	71.27
Pedon No. 88	8.49	21.70	69.81	FAr	1.50	7.10	10.30	7.73	0.09	100.00
Pedon No. 81	19.99	32.64	47.37	F	4.75	6.50	10.70	12.40	0.16	96.20
Pedon No. 81	24.07	26.52	49.41	FAA	6.10	6.60	11.10	22.33	0.12	65.40
Pedon No. 93	30.19	38.76	31.05	FA	3.14	7.10	9.00	18.04	0.90	100.00
Pedon No. 93	29.17	31.62	39.21	FA	1.95	7.40	9.10	19.02	0.89	100.00

Fuente: Base de datos proyecto FODECYT (02-2012)

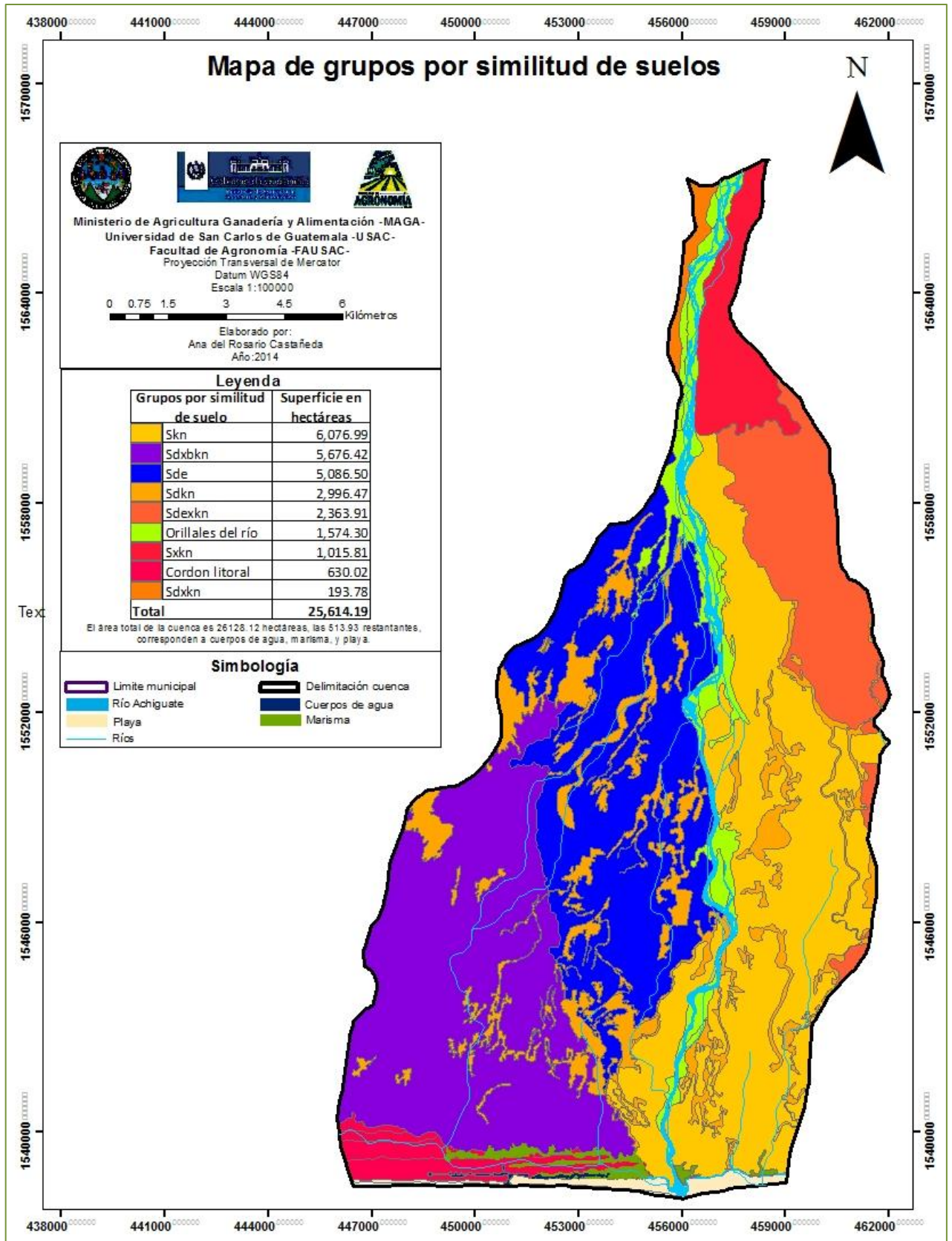


Figura 42. Mapa de grupos por similitud de suelos

B. Tipos de erosión en base a Soil Survey Staff (1993)

Para conocer la dinámica del proceso de erosión de los suelos de la cuenca, se clasificaron estos en base a la clasificación de erosión de la Soil Survey Staff (1993). Se encontró un comparador entre las observaciones de campo del proyecto de taxonomía del suelo del departamento de Escuintla, del MAGA, con una profundidad de 30 centímetros respecto al horizonte superficial. A partir de este se estimó la pérdida del 75%, 50% y 25% del suelo. Con los datos de campo obtenidos de las 22 cajuelas realizadas, se obtuvieron los siguientes rangos: horizontes menores de 7.50 centímetros, presentan erosión severa, horizontes entre los 7.50 y 15 centímetros presentan erosión moderada y los mayores a 15 centímetros presentan erosión leve.

C. Volumen de pérdida del suelo

En la cuenca baja Río Achiguate se han perdido 6.30 toneladas por hectárea, dato que se obtuvo al realizar la diferencia entre grosores del horizonte superficial, de estudios realizados en el año 1985 y 1987, tomados de la base de datos del proyecto FODECYT (02-2012), y las cajuelas realizadas para este estudio en el año 2014.

Con la superficie de cada unidad (metros cuadrados) y el grosor del suelo (metros lineales), se obtuvo el volumen, a partir de este se calcularon las toneladas de suelo perdido por cada clase en la cuenca. Para el grupo Sdkn no fue posible determinar el volumen de suelo perdido, ya que se encuentra bastante disperso dentro de la cuenca y no existe la cantidad de datos necesarios para obtenerlo, además de que este tiene las características de agregación de materiales del río, identificándose así mismo en la clasificación de suelos en base a Soil Survey Staff, como zonas de transición y deposición (ZTyD).

Cuadro 13. Volumen de suelo perdido por grupo de similitud de suelos

Grupos de Suelos	Volumen de suelo perdido en toneladas métricas, período (1989-2014)
Grupo 1 (Sdxbkkn)	9056.72
Grupo 2 (Skn)	4828.25
Grupo 3 (Sdexkn)	3527.93
Grupo 4 (Sxkn)	711.19
Grupo 5 (Sdxkn)	38.76
Grupo 6 (Sde)	7630.18
Total	25,793.03

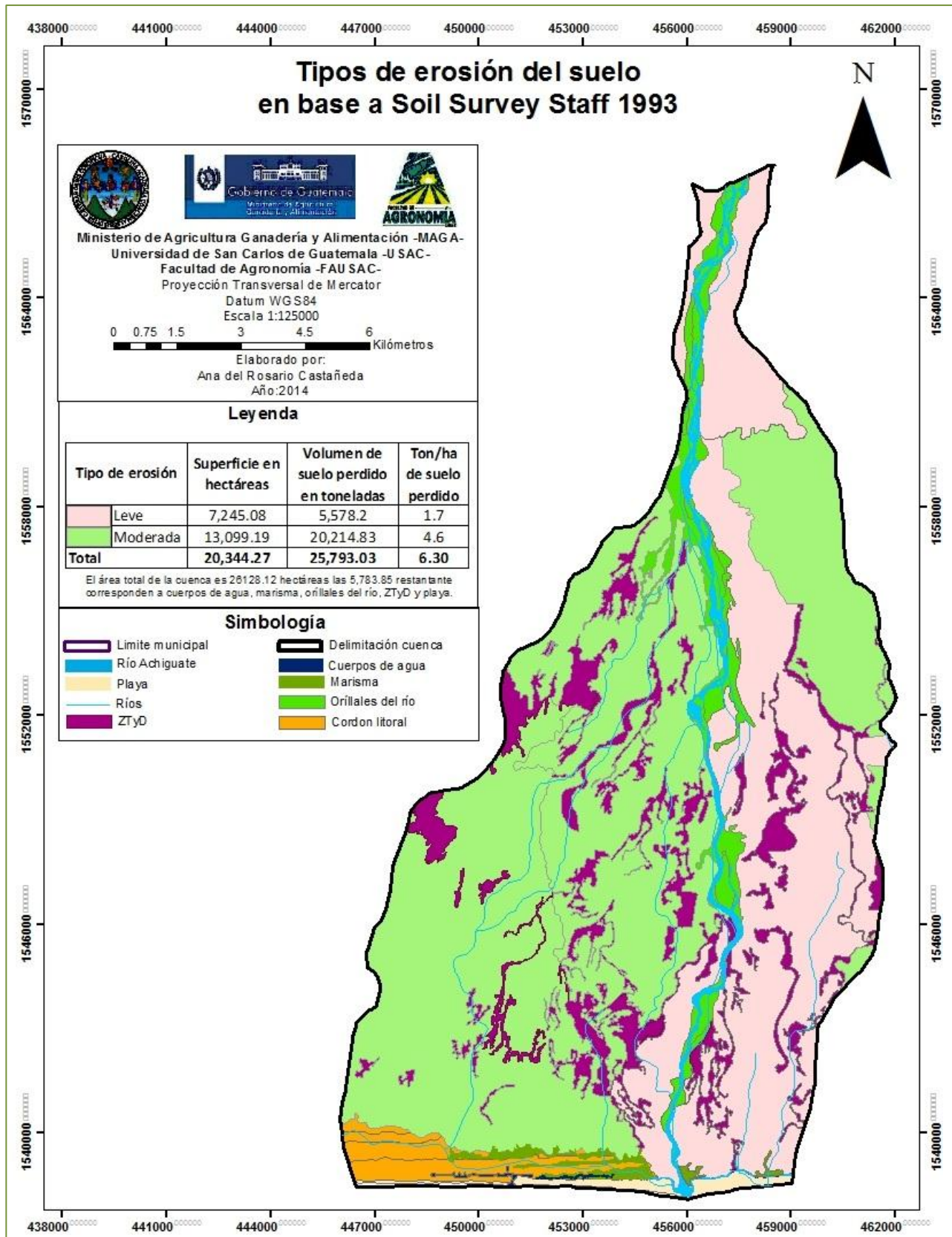


Figura 43. Mapa de tipos de erosión del suelo en base a SSS, 1993

Dentro de la cuenca se encontraron dos tipos de erosión, según la comparación del grosor de horizontes de estudios realizados. Existen 7,245.08 hectáreas de erosión leve y 13,099.19 hectáreas de erosión moderada. Según lo observado en campo en la cuenca se identifica erosión hídrica en láminas y surcos que se extiende en toda la cuenca y erosión eólica la cual se presenta en las áreas con suelos sin cobertura vegetal. Para esta clasificación se descartaron las unidades de vetas de arena identificadas como zonas de transición y deposición; vega y sobrevega, albardones y oríllales, identificados como oríllales del río; marisma y cordón litoral, pues se consideran como zonas de agregación del suelo para esta clasificación.

D. Influencia del viento en la degradación del suelo de la cuenca

Para el estudio de la erosión eólica en la cuenca se apoyó de la información existente, generada por las estaciones climáticas de CENGICAÑA, sobre el comportamiento del viento y la distribución y porcentaje por textura del suelo superficial.

Cuadro 14. Granulometría del suelo de la cuenca baja Río Achiguate.

No. Punto	Limo %	Arena %	Arcilla %	No. Punto	Limo %	Arena %	Arcilla %
1	48.85	43.42	7.73	24	36.22	61.48	2.30
2	36.10	58.74	5.16	25	7.38	83.13	9.49
3	24.56	68.86	6.58	26	15.53	81.46	3.01
4	24.91	71.36	3.73	27	49.59	33.63	16.78
5	38.00	45.7	16.30	28	29.46	66.27	4.27
6	4.58	91.73	3.69	29	38.76	50.71	10.53
7	27.07	70.53	2.40	30	25.43	70.3	4.27
8	37.46	34.39	28.15	31	29.88	60.98	9.14
9	83.69	4.28	12.03	32	27.85	72.14	0.01
10	47.51	42.61	9.88	33	40.8	33.09	26.11
11	10.60	85.71	3.69	34	21.58	71.36	7.06
12	61.84	30.15	8.01	35	27.91	72.08	0.01
13	41.84	47.45	10.71	36	22.44	69.81	7.75
14	53.50	29.79	16.71	37	11.00	80.00	9.00
15	38.76	31.05	30.19	38	27.40	52.70	19.90
16	11.61	88.38	0.01	39	41.00	38.80	20.20
17	25.85	71.12	3.03	40	11.00	83.00	6.00
18	38.70	50.87	10.43	41	44.90	33.50	21.6
19	21.63	75.36	3.01	42	28.38	51.82	19.8
20	41.95	55.04	3.01	43	17.34	75.19	7.47
21	44.83	43.42	11.75	44	23.46	60.99	15.55
22	34.70	60.16	5.14	45	15.13	75.36	9.51
23	49.98	35.13	14.89	Total de puntos: 45			

Fuente: Base de datos proyecto FODECYT (2002-2012)

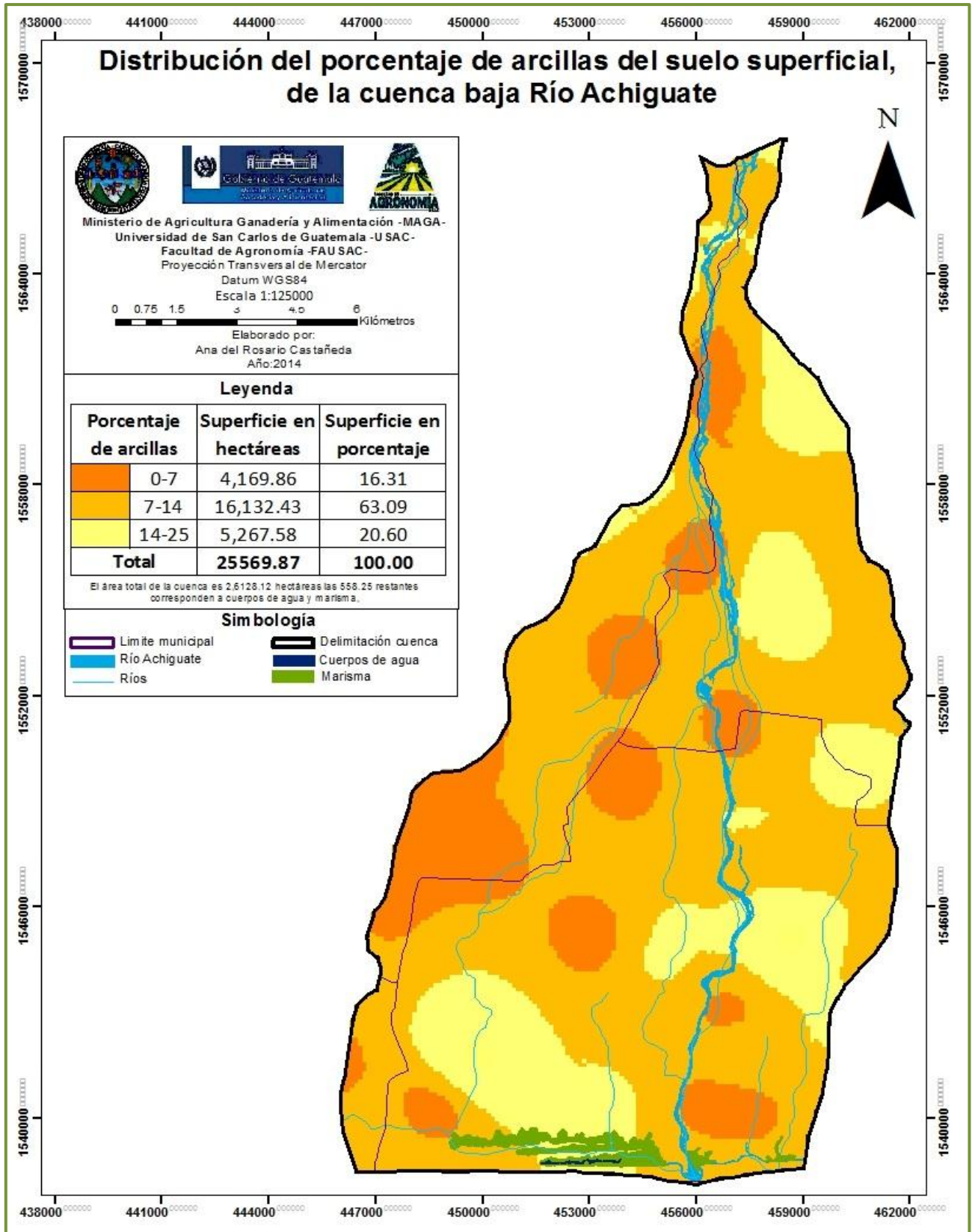


Figura 44. Distribución del porcentaje de arcillas

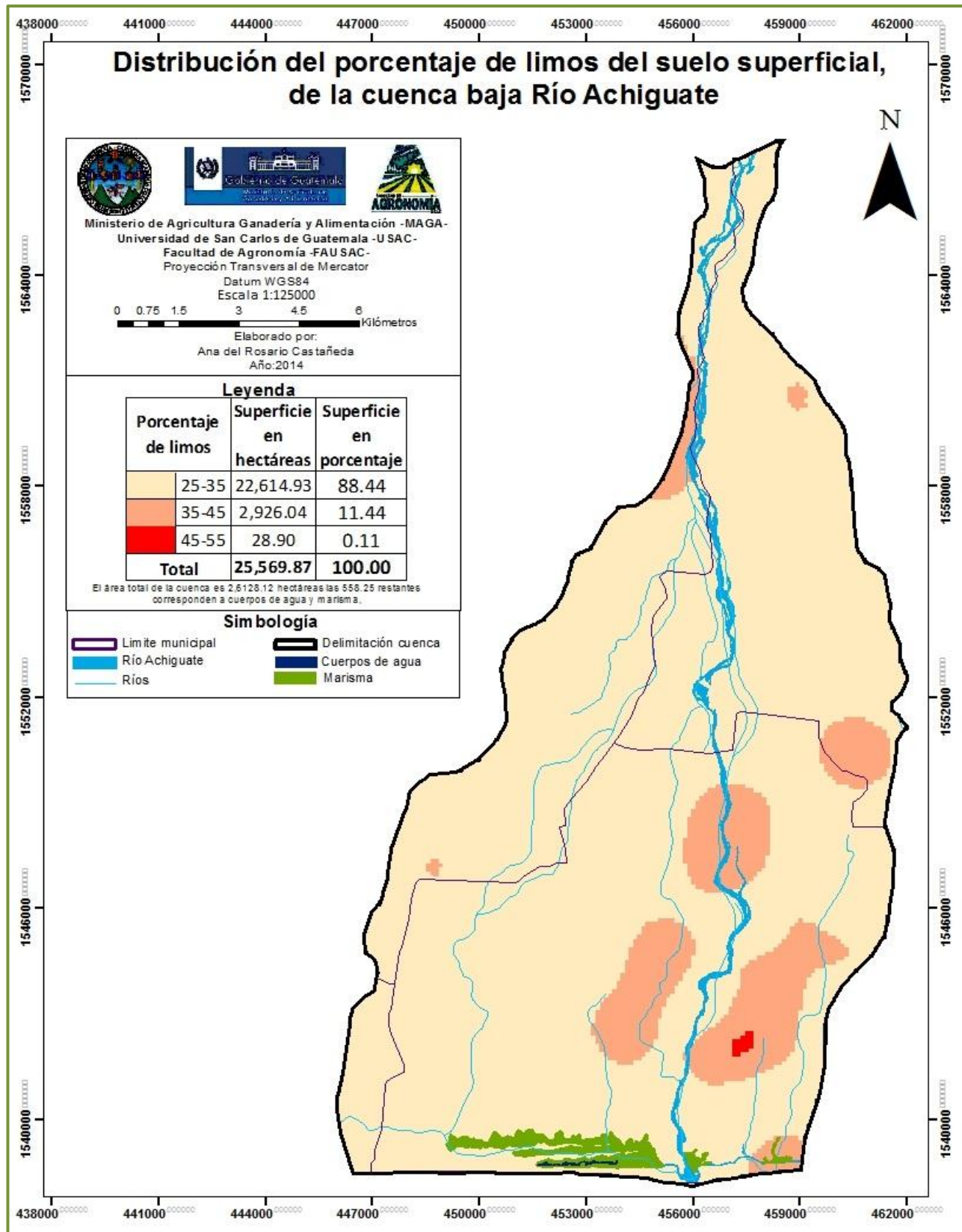


Figura 45. Distribución del porcentaje de limos

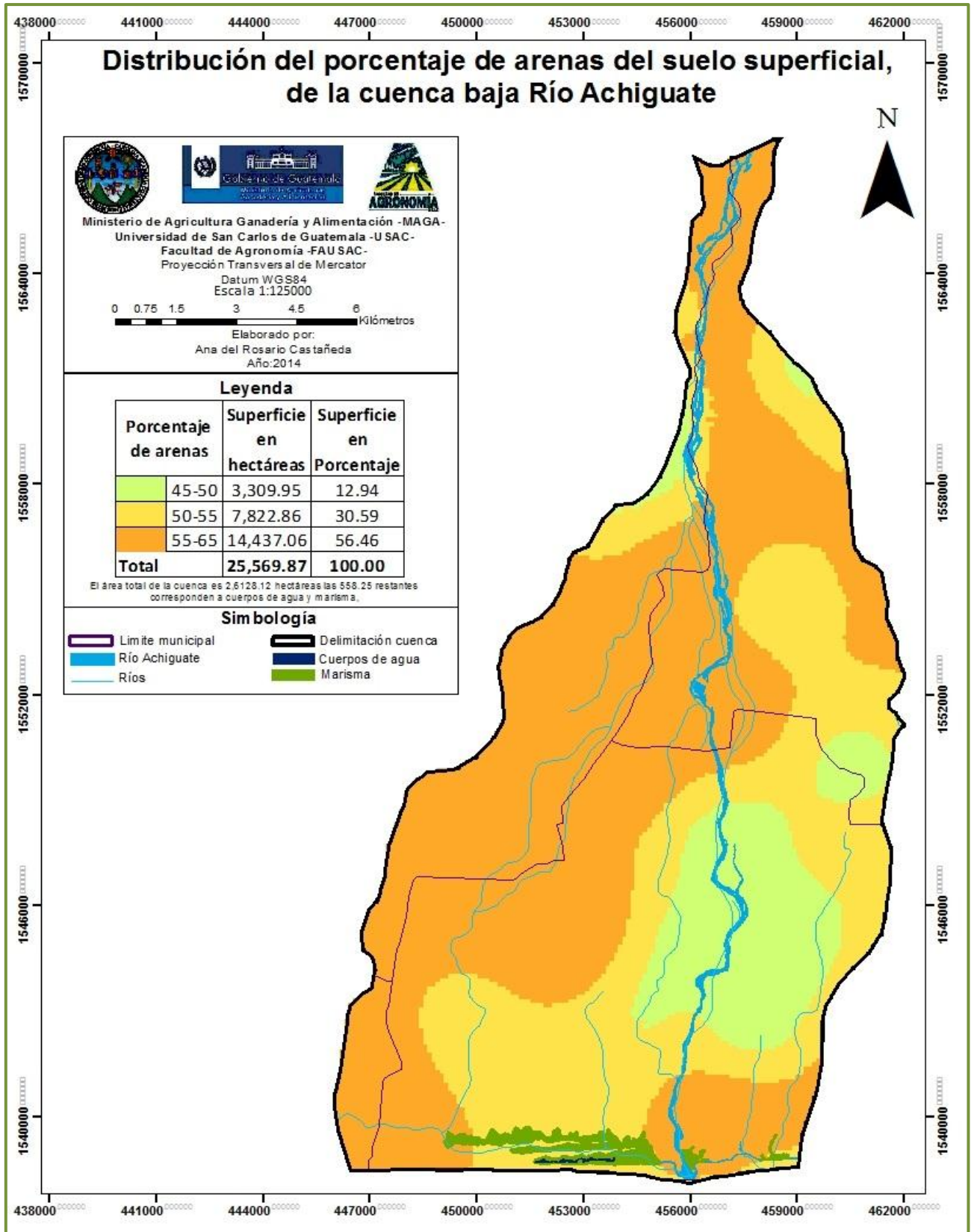


Figura 46. Distribución del porcentaje de Arenas

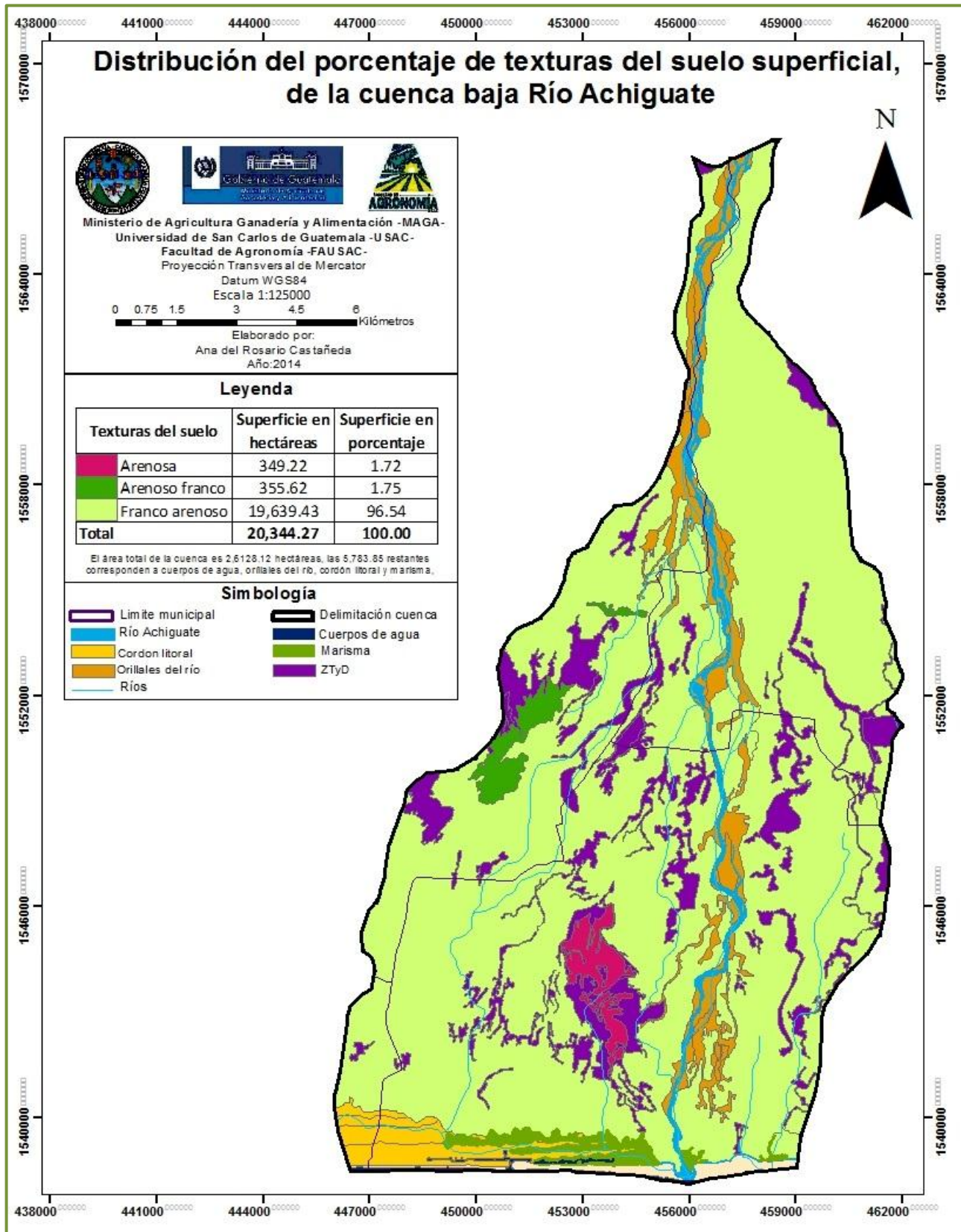


Figura 47. Texturas del suelo superficial

Análisis de la distribución de texturas en el suelo superficial de la cuenca

El 63.09 % del suelo superficial del área de la cuenca está formado por arcillas en un rango de 7-14%, el 20.60% por un rango de 14-25% y el 16.31% por un rango de 0-7%, el mapa de distribución de limos muestra que el 88.44% de la superficie del suelo superficial está formado por limos en un rango de 25-35%, el 11.45% por un rango de 35-45% y el 0.11% por un rango de 45-55% y la distribución de arenas muestra que 56.46% de la superficie del suelo superficial está formado por arenas en un rango de 55-65%, el 30.46% por un rango de 50-55% y el 12.94% por un rango de 45-50%.

De las clases texturales que se determinaron para el suelo superficial de la cuenca, se presentan predominantemente las texturas franco arenosa cubriendo el 96.54% del área, arenosa con el 1.72% y arenosa franca con el 1.75%. Los resultados obtenidos se calificaron en base al triangulo textural (Potash & Phosphate Institute, 1997), tomado del Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá, Guatemala.

El viento es uno de los factores climáticos causantes de la erosión del suelo en la cuenca, la presencia y acción de este se debe a la planicie del terreno que alcanza una pendiente de 0-3%, considerada como una pendiente plana, en los últimos años se han presentado ráfagas de viento superiores a los 70 km/hr, según Suarez de Castro, 1979, para que el viento incida sobre el suelo se necesitan velocidades mayores a los 20km/hr. este actúa en los terrenos desnudos formando polvaredas y remolinos, la reacción del suelo ante el viento, depende del tamaño de partículas que le conforman.

Como se muestra en los mapas de texturas, son las partículas gruesas las que predominan en el suelo superficial de la cuenca, seguido por las medianas y las finas. De tal manera que predomina la textura franco arenosa en los suelos. Las partículas pequeñas de 0-0.1 mm son más vulnerables que las partículas gruesas de 0.5-2mm. Sin embargo la erosión eólica actúa por tres mecanismos, los cuales se presentan en los suelos de la cuenca; la suspensión, para partículas pequeñas (0-0.1mm), saltación, para partículas medias (0.1-0.5) y movimiento paulatino, para partículas de (0.5-2 mm).

Las partículas pequeñas que son las arcillas se levantan del suelo y se integran al viento por acción del mismo, lo cual visiblemente se identifica por los remolinos con las partículas en suspensión, estas partículas alcanzan alturas mayores que las medianas y se debe a su peso, estas últimas recorren el terreno por tramos más pequeños, pueden formar parte de los remolinos pero por su peso tienden a quedarse en el camino dependiendo de la velocidad del viento, según lo observado en campo. Respecto a las texturas gruesas, estas son las menos vulnerables a su movimiento por acción viento, recorren el terreno rodando, su recorrido depende de la duración y velocidad del viento y de los obstáculos del camino que puede ser cualquier cuerpo mayor a su tamaño.

Síntesis de la entrevista a los pobladores de la cuenca sobre la presencia del viento

Según recopilación de datos en la entrevista a los pobladores sobre la erosión eólica:

Los suelos de la cuenca baja Río Achiguate dedicados a la agricultura, principalmente la agricultura intensiva permanecen desnudos en diferentes épocas del año, debido al cambio de cultivos o cambio de uso de la tierra (cosecha, preparación del suelo, siembra, resiembra). Sin embargo en la época de zafra que se da a inicios de noviembre y termina en el mes de abril generalmente, es la temporada en que la mayoría del área permanece sin cobertura vegetal. Aproximadamente son 2 semanas en las que el suelo permanece sin cobertura después de la cosecha, enseguida inician con la preparación del terreno y la resiembra, en ocasiones no realizan la resiembra, se trabaja con lo que es el rebrote del cultivo ya removido. Este lapso de tiempo depende de la extensión de las áreas.

Según el 95% de las personas entrevistadas, cuando los suelos se encuentran desnudos y es época seca, la influencia de los vientos hace que estos se levanten e inducen a la formación de remolinos y polvaredas, y es esta época en donde el viento afecta mayormente los suelos, sin embargo para el 5% restante es en época lluviosa y con suelos descubiertos en donde el viento afecta negativamente el suelo, lo cual es erróneo ya que en este tiempo el factor climático que incide negativamente en los suelos es la precipitación. De igual manera el 95% de los pobladores coincide en que la altura de los remolinos ha sido mayor a los 30 metros, en cuanto a la distancia del recorrido, el 35% de la población coincide en que el recorrido es de 75 metros y el 65% opina que estos

recorren todos los campos desnudos y se deshacen al tocar campos con material vegetal y es allí en donde se deposita el suelo.

El 65% de los pobladores opinan que este fenómeno no afecta al suelo, el 35% opinaron que afecta negativamente ya que el suelo se levanta y se pierde la capa productiva, lo cual va afectar a la producción de cultivos. Por otro lado la formación de este fenómeno afecta las personas por hecho que las intensidades de la velocidad de los vientos provocan daños a sus cultivos al quebrarlos y ha provocado daños en las viviendas.

E. Influencia del factor hídrico en la degradación de los suelos de la cuenca

La erosión hídrica dentro de la cuenca se presenta de dos maneras: por acción pluvial y acción aluvial-fluvial

Cauce principal de la cuenca: Río Achiguate

El río Achiguate tiene la característica de ser un río trenzado, está formado por varias corrientes entrelazadas que se unen en diferentes secciones del río y terminan al final del cauce, antes de desembocar al Océano Pacífico. Las crecidas del río, en la época lluviosa y la influencia de tormentas tropicales han marcado el arrastre de materiales, y posteriormente su deposición aguas abajo en toda la llanura aluvial del cauce. Las partículas que se encuentran en suspensión en las corrientes del río, son llevadas desde las zonas de erosión en el altiplano, hasta los puntos de deposición de la cuenca y normalmente estos llegan a ser depositados en las aguas del océano. El proceso de fotointerpretación permitió observar los surcos o corrientes que se han formado a causa de estos eventos en toda el área de la cuenca, lo cual evidencia su erosión y agregación por el paso de las corrientes del río. Estos surcos formados son en realidad las vetas de arena que se encuentran en toda el área de la cuenca, en donde le es difícil a los cultivos desarrollarse. Dentro del cauce, en los meandros, la sección de vega y sobre vega se observaron cárcavas formadas por el movimiento de las aguas y sus crecidas.

Así mismo existe la problemática de la extracción de arena del río, que se observó en la parte alta de la cuenca, cercano al punto de observación 2 y 3, esta actividad propicia al incremento de la profundidad del canal del cauce principal, la formación de cárcavas, surcos y el desprendimiento de partículas.

Precipitación pluvial en la cuenca

La precipitación es el factor erosivo que actúa en toda el área de la cuenca, causando un grado de erosión en los suelos. El impacto de la precipitación en los suelos y su erosión es dependiente de la duración y la intensidad de lluvia. Las estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca, reportan registros mayores a los 500 mm de precipitación (CENGICANA, 2013). En la época de invierno, las lluvias son muy intensas y los suelos tienden a erosionarse con más facilidad, por la energía cinética con que impacta la gota de lluvia en el suelo, el impacto es directo en suelos descubiertos. Es por ello la importancia de la densidad de la cobertura ya que esta protege al suelo y evita su pérdida.

Según la duración e intensidad de las lluvias durante la época lluviosa, los suelos tienden a saturarse, al estar saturados inicia la formación de surquillos y surcos en los suelos, acarreado en las corrientes formadas las partículas desprendidas del suelo y depositándolas en las partes bajas del terreno. Como se muestra en los mapas de distribución de texturas, las arenas son las que predominan en los suelos de la cuenca, por lo que se desprenden con mayor facilidad las partículas de la superficie del terreno.

A esto se suman los fenómenos tropicales que se han presentado en los últimos años, el huracán Mitch (1998), el huracán Stan (2005) y la tormenta Agatha (2010). Estos han causado el desborde de ríos y la inundación en el área de la cuenca por los mismos, lo que también propicia la degradación y agregación de los suelos.

En la cuenca se ha dado el proceso de escurrimiento superficial, tal es la evidencia de las vetas de arenas que se han formado en el área, como causa de la formación de corrientes por desbordamiento del río. Así mismo dentro de las fincas cañeras en los caminos se forma escurrimiento por efecto del riego, este sale de la plantación y llega a los caminos de acceso, aunque este va en función de la textura del suelo y el tiempo de riego. Existen

caminos los cuales son cerrados con las crecidas de río y formaciones de corrientes, lo cual impide y afecta el acceso al cultivo y el uso de maquinaria.

La degradación de los suelos por erosión hídrica en la cuenca, se presenta de tipo laminar principalmente, pues este se encuentra en todas las áreas de la cuenca, incluyendo las áreas de plantaciones forestales y los matorrales que son muy pocas. En las áreas de cultivos agrícolas es evidente la formación de surquillos, entre los surcos, estos son formados en parte por la aplicación del riego y la precipitación.

F. Erosión del suelo por causa de la inadecuada explotación de la Tierra

El uso de la tierra es uno de los factores más influyentes para que se lleve a cabo la erosión de los suelos y su severidad. Mientras más densa sea la vegetación en un área, menor será el grado de erosión, la cobertura inadecuada de la superficie del suelo actúa negativamente al exponer los agregados de la superficie al viento y la lluvia, por lo que se pierde la estructura. En la cuenca el uso principal es el cultivo de caña de azúcar con 14,889.85 hectáreas, mientras que las áreas con bosque, matorrales y mangle solo cubren abarcan 1,016.75 hectáreas del área total de la cuenca. El que secunda el uso de la tierra, son los granos básicos. Por lo tanto en el total del área de la cuenca, son los suelos con cultivos los que tienden a sufrir erosión con más facilidad, por la escasa cobertura vegetal que existe, debido al tipo de cultivos y a la densidad de siembra de estos. Las actividades de pastoreo erosionan los suelos por las pisadas del ganado, en la cuenca se observaron rastros de la pisada, en forma de agujeros, por otro lado el pastoreo animal involucra la pérdida de la cobertura vegetal en la ribera del río, lo cual ha provocado la degradación de estas áreas. Cuando los suelos no presentan ningún tipo de cobertura y es época no lluviosa, actúa la erosión eólica, levantando o arrastrando las partículas del suelo en función de su tamaño.

2.6.1.4 Resumen de las causas de la erosión del suelo de la cuenca baja Río Achiguate

La degradación de los suelos de la cuenca se ha dado por erosión natural y erosión inducida por el hombre, en la primera actúan los factores climáticos viento y precipitación,

por ser una cuenca encontrada en la planicie del país, la pendiente de la misma no es un factor afectante.

La erosión eólica en los suelos de la cuenca está presente por los siguientes factores: A) la textura del suelo, el suelo superficial del área de la cuenca presenta los tres tipos de texturas (gruesas, medias y finas), por su peso estas son levantadas y arrastradas ante la acción del viento por las polvaredas y remolinos que forman en los terrenos desnudos. B) Uso de la tierra, el tipo de cultivos establecidos en la cuenca con manejo inadecuado que desfavorece a la conservación de los suelos, la falta de técnicas culturales apropiadas que implica la permanencia de suelos desnudos y la cobertura del dosel de los cultivos y C) la velocidad y dirección del viento, la velocidad del viento registrada supera los 70km/hr mientras que para que el viento sea capaz de levantar o arrastrar las partículas primarias del suelo se necesita una velocidad de 20km/hr. Estos factores han contribuido a la pérdida del suelo en la ribera del río y en las áreas agrícolas.

Como factor natural, la precipitación, su duración y su intensidad causan la erosión hídrica en la cuenca, las precipitaciones se han situado en los últimos años en los meses de Abril a Octubre, observándose en Julio disminución o baja en las precipitaciones. Es en los últimos meses donde los suelos se encuentran saturados y el agua de lluvia empieza a escurrirse, el impacto de la precipitación sobre el suelo es mayor y se da el desprendimiento de las partículas induciendo a la pérdida y arrastre de los horizontes superficiales del suelo. Es entonces en la época de lluvia en donde se da la constante pérdida de los nutrientes, es aquí donde se ve la importancia que tiene la estructura y la textura del suelo y su capacidad de retención de los nutrientes.

El segundo tipo de erosión presente en la cuenca, inducida por el factor antropogénico, su causa se debe a las actividades agrícolas y agropecuarias realizadas por las empresas y los pobladores. La explotación de tierras dentro de la cuenca no considera el cuidado de los suelos y tierras, por lo que no se manejan técnicas de protección y conservación. Cabe mencionar que el actor principal es el establecimiento de monocultivos extensivos, por ocupar el mayor área de la cuenca y las actividades necesarias para su manejo, el resto de actividades: ganadería, agricultura para granos básicos, pastos y frutales, aunque el área de extensión es menor, respectivamente, también participan en el proceso de erosión

de suelos al no considerar su cuidado. Aunque la mayor parte de la superficie de la cuenca está siendo subutilizada, con un 68%, y la pendiente es baja y considerando que en mayoría es de uso agrícola, los suelos están degradándose por las prácticas no conservacionistas que se realizan en los suelos, ya que estas evidencian estímulo a la degradación erosiva y no erosiva, es de urgencia que se tomen medidas oportunas, ya que la degradación del suelo involucra costos más elevados en el mantenimiento para llevarlos a las condiciones ideales que los cultivos necesitan.

Es muy importante considerar que la cuenca se ubica en la planicie y parte sur del país, por lo que esta tiende a sufrir agregación de suelos por el arrastre y acumulación, de materiales de la parte alta de la cuenca a donde pertenece, que es la cuenca Achiguate, de la cual su parte alta se encuentra en los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez, ubicados al norte del área en estudio.

2.6.1.5 Lineamientos generales para la protección y conservación de los suelos

Con las causas de erosión identificadas en la cuenca baja Río Achiguate se lograron observar los problemas de degradación de suelos. Como se ha mencionado en la cuenca convergen actividades de explotación del suelo sin medidas de protección y conservación, ya que se abusa del suelo de manera severa, estas actividades propician la pérdida de la capa cultivable, la compactación del suelo, deterioro de estructura por exceso de labranza, problemas en la infiltración del agua, afecta la porosidad y aireación lo cual genera escurrimiento superficial y por ende la degradación por erosión hídrica, además de la erosión eólica en la temporada no lluviosa.

A continuación se muestra las causas y lineamientos para la protección y conservación de suelos según su cobertura vegetal o uso de la tierra de la cuenca baja Río Achiguate.

Cuadro 15. Matriz de causas y lineamientos para la protección y conservación de los suelos de la cuenca baja Río Achiguate

Cobertura o uso de la tierra	Causas de la degradación de los suelos	Lineamientos de protección y conservación de los suelos
Caña de Azúcar	Preparación del suelo para establecimiento del cultivo: Este depende del tipo de suelo.	Siembra con cubierta de residuos de cosechas anteriores en vez de utilizar técnicas de labranza de bajo impacto al suelo. Eliminación de prácticas de laboreo innecesario.
	Suelos desnudos en diferentes épocas del año (durante 2 semanas aproximadamente), por cambio de uso y resiembras.	Establecer cortinas rompe vientos en las orillas de los lotes del cultivo con pastos altos como el Napier y especies arbóreas nativas. Minimizar el tiempo en el que el suelo permanece desnudo por la resiembra o por tener buen nivel de humedad en el suelo.
	No existe vegetación entre surcos, por control de malezas principalmente.	Incorporación de residuos del cultivo (mulch vegetal) entre surcos.
	Los bordes de canales no cuentan con cobertura vegetal.	Protección de los canales con material vegetal o geomembranas.
	Granos básicos	Establecimiento de granos básicos como monocultivos en algunas áreas.
Suelos desnudos entre surcos.		Dejar rastrojos de cosechas anteriores entre surcos. Incorporar materia orgánica al suelo.
Limpias en el terreno con quemas.		Evitar quemas y realizar limpieas preferentemente de forma manual.
Durante la preparación del terreno los suelos permanecen desnudos		Establecer cortinas rompe vientos, con pastos altos, arbustos o árboles de rápido crecimiento.

Pastos y ganadería	Poco control y rotación en lotes en el pastoreo de ganado	Control del pastoreo -intensidad, frecuencia, estacionalidad
	La estacionalidad del ganado en las mismas áreas propicia a la compactación.	
	El uso de sombras para ganado es pobre (El número de árboles en las áreas ganaderas es muy poco)	Incorporación de especies maderables y frutales.
	Manejo inadecuado de pasturas que conlleva a su degradación	Asociación de especies leguminosas, maderables, frutales y pastos e introducir especies productivas con sistemas radicales más profundos.
	En épocas de lluvia, se propicia al desgaste de suelo por el agujero que deja el pisado de la vaca.	Evitar el pastoreo sobre suelos húmedos y mojados.
Banano-plátano	Entre surcos los suelos permanecen sin cobertura	Incorporación de residuos del cultivo anterior (Mulch vegetal)
		Implementación de coberturas vegetales (especies de hoja ancha y gramíneas)
	En algunas fincas en este cultivo no existen canales para el manejo de aguas y en otras los taludes se encuentran sin cobertura vegetal	Construcción de drenajes y canales de desviación
		Protección de taludes con coberturas vegetales (maní forrajero, heliconias) y/o geotextiles.
	Preparación del terreno (técnicas de labranza)	Evitar el arado a profundidad y realizar la siembra sobre del suelo sobre una cubierta vegetal gruesa.
Los suelos permanecen desnudos durante la preparación del terreno.	Siembra de cortinas rompe viento	
	Reducir el tiempo en el que el suelo permanece desnudo por la resiembra o aplicación de enmiendas.	
Papaya y cítricos	Suelos desnudos entre surcos, en todo el terreno por control de malezas y plagas.	Incorporación de coberturas vegetales.
		Utilizar los rastrojos de cosechas anteriores entre los surcos como protección.
		Manejo adecuado de plaguicidas y herbicidas.

Papaya y cítricos	Preparación de terreno (técnicas de labranza y la permanencia de los suelos desnudos).	Disminuir el tiempo de preparación del terreno
		Introducir cortinas rompevientos con pastos altos y especies maderables
		Minimizar la labranza y realizar las siembras sobre el suelo con coberturas vegetales
	Densidad de siembra de ambos cultivos	Realizar ensayos en cuanto a la densidad del cultivo, a manera de aprovechar mejor el suelo y minimizar las áreas de terreno descubierto, expuestas mayormente a la precipitación y viento.
Áreas de bosque	Plantaciones de Teca: Establecimiento del cultivo y su manejo (preparación del terreno y manejo de malezas) y el manejo silvicultural (raleos, podas, rastrillado de hojas del suelo).	Involucrar más de dos especies en las plantaciones forestales según sean sus fines (productivos o de conservación)
		Buscar alternativas para el manejo silvicultural de la plantación, que no propicien a la erosión de los suelos, y el establecimiento de las especies que sean afines con la protección de los suelos y el desarrollo de la plantación forestal.
	En las pocas áreas de bosque naturales o bosquetes existe erosión hídrica natural por la precipitación, que induce al escurrimiento laminar, en aquellas zonas donde el sotobosque es pobre y poco denso.	Implementar técnicas de crecimiento, desarrollo y distribución en el bosque natural con especies que conforman el sotobosque para la protección de los suelos.
	Bosque manglar (Marisma): La tala del bosque manglar por el uso y comercialización de su madera y la falta de interés por parte de los pobladores e instituciones por la protección y conservación de estos bosques inducen a la exposición directa del suelo ante la precipitación lo que conlleva a la pérdida del horizonte superficial por erosión laminar y su deposición en el río.	Evitar la tala del bosque manglar.
		Dejar estar áreas para protección y conservación del bosque
Implementar estrategias para la protección del bosque manglar		
	Concientizar a la población por medio de programas sobre la importancia del bosque de mangle en el área	

Áreas de bosque	<p>Bosques de galería: Tala de bosques ribereños para ampliar el área del establecimiento del cultivo de caña de azúcar y ganadería. Establecimiento de pastos y realización de quemas para el manejo de ambos sectores.</p>	Eliminar el cultivo de caña de azúcar y pastos en las áreas que corresponde el bosque de galería.
		Establecer zonas de amortiguamiento entre el territorio agrícola-agropecuario y el área que pertenece a los bosques de galería.
		Siembra de árboles y arbustos en diferentes estratos o alturas en las riberas del río.
		Como alternativa para fincas ganaderas: Siembra de bambú (<i>Guadua angustifolia</i>), por sus beneficios que genera: barrera contra deslizamientos y erosión, sus rizomas amaran fuertemente el suelo, regulan los caudales, y se usa en la construcción. Siembra de leguminosas como <i>Prosopis juliflora</i> , esta especie es de rápido crecimiento y útil como barrera rompavientos y en sistemas silvopastoriles, protege los suelos contra la erosión y sirve de alimentación para el ganado.
Caminos y veredas	<p>Las calles de los lotes cañeros son humedecidas con el fin de no levantar polvo en el paso de camiones y jaulas contenedoras del cultivo, lo que propicia a la compactación del suelo.</p>	Evitar humedecer las calles de los lotes cañeros.
		Evitar el tránsito de camiones, jaulas, maquinaria y vehículos sobre caminos húmedos (Tomar en cuenta también para el época de lluvia)
	<p>Entre fincas cañeras se mueven hasta seis jaulas contenedoras del cultivo, por lo que su peso es excesivo, de igual manera para el resto de fincas agrícolas y la cosecha de su cultivo en camiones con cargas pesadas lo que afecta la porosidad y compactación del suelo.</p>	Conservar las áreas actuales con bosque de galería y buscar las formas de protección
		Evitar las cargas demasiado pesadas y el número excesivo de jaulas cosechadoras.
		Controlar el tránsito de camiones y jaulas cosechadores

	La falta de canales en las fincas agrícolas para desviación de agua propicia al escurrimiento superficial en los caminos.	Construcción de canales para desviación del agua y construir estructuras que reduzcan la energía del agua.
		Protección a los canales con cubiertas vegetales o geotextiles.
Zonas urbanas	Incremento de superficies impermeables por la infraestructura (pavimento, viviendas, plantas agroindustriales) que no permiten la filtración de agua y generan escorrentía superficial formando corrientes e inundaciones con la seguida deposición de materiales y contaminantes a las fuentes de agua.	Control en el desarrollo de uso de la tierra para la infraestructura.
		Disminuir al mínimo las superficies impermeables en el área urbana.
		Establecimiento de una red de drenaje y canales, adecuada en áreas estratégicas dentro de las zonas urbanas para el control de la escorrentía superficial e inundaciones.
		Evitar la deposición de basura, químicos y otros materiales en las calles, carreteras y pavimento que obstruyan el paso del flujo del agua.

2.7 CONCLUSIONES

1. Las clases de erosión presentes en la cuenca son hídrica y eólica: los valores de superficie afectado con erosión hídrica se estiman así: laminar y surcos moderado (41.37%), laminar y surcos leve (29.55), laminar leve (26.35%) y laminar y cárcavas severa (0.78%). Respecto a la erosión eólica, esta se presenta en los suelos dedicados a la agricultura, al encontrarse estos sin cobertura vegetal debido al cambio de cultivo o resiembra.
2. Las principales causas de la erosión en la cuenca son: A) De tipo climático, por la ocurrencia de las lluvias y los vientos. B) De tipo antropogénico, por las actividades productivas y de los servicios e industria (agricultura, ganadería, industrialización); la pérdida de cobertura vegetal y bosques de galería, el manejo inadecuado de la preparación de tierras, establecimiento de cultivos extensivos e intensivos, uso de tierras de protección para agricultura, pastoreo de ganado y la falta del desarrollo de prácticas de conservación de suelos.
3. Se referenciaron las áreas erosionadas y en función de la clasificación de erosión de Soil Survey Staff 1993, se formaron unidades por tipo de erosión. Respecto a la erosión eólica, esta se presenta solamente en los terrenos descubiertos, ya que la falta de cobertura en los suelos es la que propicia el levantamiento y transporte de partículas por acción de los vientos, depositándolos en las áreas con cobertura, al terminar el recorrido de los remolinos y polvaredas.
4. Se plantearon lineamientos generales para la protección y conservación de los suelos de la cuenca, derivado de la problemática que existe por su explotación, la cual fue permitida conocerla mediante la observación de campo. Los lineamientos son planteados de acuerdo a las categorías del uso de la tierra, de la cuenca baja Río Achiguate.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda estudiar la salud de los suelos de la región costera del pacífico de Guatemala, con el estudio de los suelos se tiene un diagnóstico que permite realizar el manejo adecuado y la protección de este recurso natural en función de sus características.
2. Cultivar las tierras de acuerdo a su capacidad de uso, para lograrlo es necesario como se dijo anteriormente estudiar los suelos y determinar parámetros que indiquen su capacidad para soportar determinado cultivo.
3. Recuperar las áreas de bosque de galería con el establecimiento de especies arbóreas y arbustos propios de los ecosistemas ribereños (ej, *Salix* sp.) con la finalidad de brindar protección a los suelos de la ribera del río y recuperar el hábitat de muchas especies de la fauna local.
4. Los lineamientos generales de protección y conservación de suelos, presentes en esta investigación, son recomendados como guía para los pobladores y empresas agrícolas, de manera que puedan ser adaptados a los suelos según las condiciones específicas del terreno, para contrarrestar los efectos de su explotación y estos no se degraden de manera acelerada por la actividad antropogénica.
5. Respecto a la aplicación de los subproductos de la industria cañera, “cachaza y vinaza” se recomienda su uso siempre y cuando los resultados de las evaluaciones practicadas sean satisfactorias y no tenga implicaciones ambientales, como pueden ser los olores, deterioro del agua y suelo y la alteración de sus propiedades; para ello es necesario monitorear periódicamente el estado de los suelos, aguas superficiales y subterráneas.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Borges de Carvalho, JE; Leone Azevedo, CL; Rezende, J de O. 2007. Manejo del suelo y coberturas vegetales en frutales – experiencia en cítricos y papaya en Brasil (en línea). Brasil, CEP. 22 p. Consultado 6 feb. 2014. Disponible en http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/import/Citricos_Papaya_Brasil.pdf
2. Buol, SW *et al.* 1992. Clasificación de suelos por su capacidad de fertilidad. México, Trillas. 7 diapositivas.
3. CATIE, CR. 2014. Manejo agrológico de pasturas (diapositivas). Costa Rica. 31 diapositivas.
4. CENGICANÁ (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2015. Datos climáticos, viento y precipitación (en línea). Guatemala. Consultado 25 mar 2015. Disponible en <http://www.cengicana.org/es/agrometeorologia>
5. _____. 2013. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala: labores de establecimiento del cultivo. Ed. por Mario Melgar, Adlai Meneses, Héctor Orozco, Ovidio Pérez y Rodolfo Espinosa. Guatemala, Artemis Edinter. 479 p. Consultado 7 jun 2014. Disponible en <http://www.cengicana.org/es/publicaciones/libro-de-la-cana-de-azucar>
6. Cid H, JA Del. 2012. Estudio de la erosión hídrica, en la micro cuenca del río Pachoj, Chimaltenango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 37-105.
7. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, HN). 2011. Proyecto promoción de sistemas agroforestales de alto valor con cacao en Honduras: guía sobre prácticas de conservación de suelos. Honduras, FHIA, Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras. 2 ed. La Lima, Cortés, Honduras, FHIA. 22 p.
8. Foster, A. 1985. Métodos aprobados en conservación de suelos. 3 ed. México, Trillas. 411 p.
9. Giraldo Ávila, G. 2003. Barreras rompevientos (en línea). Colombia, CIAT. 6 p. Consultado 5 set 2014. Disponible en http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/BARRERAS%20ROMPEVIENTOS.pdf
10. IGAC (Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”, CO). 1987. Aplicación de la geomorfología a los levantamientos de suelos en zonas aluviales y definición del

ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. Bogotá, Colombia, IGAC, Subdirección de Agrología. 178 p.

11. _____. 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá, Colombia. 184 p.
12. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1998. Clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
13. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Proyección de censos nacionales de población (correspondencia personal). Guatemala, INE.
14. Libreros Jaramillo, HF. 2015. Sistemas silvopastoriles (diapositivas). Colombia, Universidad de Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 90 diapositivas. Consultado 6 feb. 2014. Disponible en <http://myslide.es/documents/sistemas-silvopastoriles-una-opcion-de-produccion-animal-sustentable-hector-fabio-libreros-jaramillo-docente-fmvz.html>
15. López, R. 1990. La degradación y pérdida de los suelos agrícola. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 94 p. (Serie de Suelos y Clima SC-65).
16. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2006. Mapas temáticos de la república de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
17. _____. 2009a. Mapa de clasificación climática de la república de Guatemala a escala 1:50,000 de la república de Guatemala. 1 CD.
18. _____. 2009b. Mapa de cuencas hidrográficas a escala 1:50,000 de la república de Guatemala. Guatemala. 1 CD.
19. _____. 2015a. Mapa de cobertura y uso de la tierra a escala 1:50,000 del departamento de Escuintla. Guatemala. 1 CD.
20. _____. 2015b. Mapa de órdenes de suelos del departamento de Escuintla a escala 1:50,000. Guatemala. 1 CD.
21. Morgan, RPC. 2005. Erosión y conservación del suelo. 3 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. p. 1-65.
22. Navarro Bravo, A. 2007. Labranza de conservación (en línea). Montecillos, México, Colegio de Postgraduados / SAGARPA. 8 p. (Sistema de Agronegocios Agrícolas). Consultado 7 feb. 2014. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/Agrcolas/Attachments/3/A-05-1.pdf>
23. Nuñez Solís, J. 2001. Manejo y conservación de los suelos. San José, Costa Rica, EUNED. p. 112-113.

24. Rodríguez Z, E. 1980. El cultivo de frutales en obras de conservación de suelos. Tegucigalpa, Honduras, CODEFOR / PNUD / FAO. 55 p. (Documento de Trabajo no. 9).
25. Rosa, D De la. 2008. Evaluación agro-ecológica de suelos: parra un desarrollo rural sostenible. España, Mundi-Prensa. 404 p.
26. Sánchez, JM; Salazar, R. 1995. Conservación de suelo y agua. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 145 p.
27. SCCS (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, CO). 2010. Ciencia del suelo: principios básicos. Bogotá, Colombia. 553 p.
28. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, GT). 2014a. Plan de desarrollo del municipio de La Democracia (en línea). Guatemala. Consultado 10 mar 2014. Disponible en http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=item&id=180:plan-de-desarrollo-municipal-la-democracia
29. _____. 2014b. Plan de desarrollo del municipio de La Gomera (en línea). Guatemala. Consultado 10 mar 2014. Disponible en http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_content&view=article&id=589%3Aentregan-plan-de-desarrollo-municipal-en-la-gomera-escuintla-&Itemid=115
30. _____. 2014c. Plan de desarrollo del municipio de Masagua (en línea). Guatemala. Consultado 10 mar 2014. Disponible en http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=item&id=37:plan-de-desarrollo-del-municipio-de-masagua
31. _____. 2014d. Plan de desarrollo del municipio de San José (en línea). Guatemala. Consultado 10 mar 2014. Disponible en https://www.google.com.gt/?gws_rd=cr&ei=xl-U4iDEPXQsQTzp4G4CQ#q=plan+de+desarrollo+del+municipio+san+jose+escuintla-segeplan
32. Suarez de Castro, F. 1979. Conservación de suelos. 3 ed. San José, Costa Rica, IICA. 315 p. Consultado 25 oct 2014. Disponible en <https://books.google.com.gt/books?id=0m4sMHHvahgC&pg=PA59&dq=Dinamica+de+la+erosion+eolica+%22Chepil%22&hl=es-419&sa=X&ei=hdMtVfHhCLX-sAT9z4Fo&ved=0CCYQ6AEwAA#v=onepage&q=12%20a%2020&f=false>
33. Tobías, H *et al.* 2015. Evaluación de los principales atributos físicos y químicos de los suelos de los departamentos de Escuintla, Chimaltenango, Guatemala, Sacatepéquez, Sololá y su clasificación de acuerdo con la metodología de la base

mundial de referencia del recurso suelo –WRB. Guatemala, CONCYT / USAC, Facultad de Agronomía. s.p. (Proyecto FODECYT 2-2012).

34. Torres, JS. 2009. Manejo de la compactación del suelo en la caña de azúcar (en línea). Colombia, CENGICAÑA. 9 p. Consultado 12 ago 2014. Disponible en http://www.cenicana.org/pdf/otros/foro_cosecha_transporte_2006/12_compactacion_suelos_may10-2006.pdf
35. USDA (Departamento de Agricultura, US). 1993. Soil survey manual (en línea). US. Consultado 25 mar 2014. Disponible en <http://soils.usda.gov/technical/>.
36. _____. 2010. Claves para la taxonomía de suelos. 11 ed. US. p. 1-2.



3 CAPITULO III

INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS

3.1 PRESENTACIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía - EPSA - se realizó durante el período de febrero a noviembre en la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos- DIGEGR - del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA - . El EPSA se desarrolló específicamente en el Proyecto Mapa Taxonomía de Suelos de la República de Guatemala a escala 1:50000, sin embargo se realizaron actividades de apoyo para el laboratorio de información geográfica de la DIGEGR.

Durante el período del EPSA, se brindó apoyo a la DIGEGR con las actividades y proyectos en las que se estaba trabajando. Se colaboró con la digitalización de las ortofotos de la Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA - 2014 y el taller sobre la capacitación, del uso de aplicación del estudio de suelos de Sololá.

El proyecto de taxonomía de suelos trabajaba con los departamentos de Escuintla y Guatemala, por lo que se estuvo apoyando a las actividades y generación de información de ambos departamentos. Escuintla por su lado se encontraba en etapa de campo, se incorporó a esta apoyando en las actividades realizadas para el levantamiento de información de suelos. Al terminar con esta fase se continuó con el apoyo en la tabulación, transcripción y resultados de la información colectada. Así mismo se trabajó en la edición de los resultados del estudio de suelos de Guatemala.

Se realizaron dos servicios para la DIGEGR: 1). Apoyo técnico al proyecto de taxonomía del suelo del departamento de Escuintla. 2). Apoyo a las actividades del Plan Operativo Anual.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 General

Brindar asistencia técnica a las actividades y proyectos de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo -DIGEGR- del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-

3.2.2 Específicos

- Colaborar con el Proyecto Mapa Taxonomía de Suelos, en el levantamiento de información de suelos del departamento de Escuintla.
- Generar resultados de la información de suelos recabada en campo del departamento de Escuintla.
- Apoyar al laboratorio de geografía de la DIGEGR en la digitalización de la Encuesta Nacional Agropecuaria – ENA – 2014.
- Asistir a los participantes del taller de capacitación del uso del estudio de suelos del departamento de Sololá.

3.3 Servicio I: Apoyo técnico al proyecto de taxonomía de suelos del departamento de Escuintla.

3.3.1 Actividad I: Apoyo en fase de muestreo de campo de las unidades cartográficas de suelos del departamento de Escuintla.

3.3.1.1 Objetivos

A. General:

Apoyar en el levantamiento de información de suelos, mediante descripción de calicatas elaboradas en el departamento de Escuintla.

B. Específicos:

- Apoyar en la descripción de la morfología del perfil del suelo.
- Tomar muestras de los horizontes que conforman el perfil del suelo para análisis químicos, físicos y mineralógicos

3.3.1.2 Metodología

A. Preparación de equipo y herramientas

Para la descripción del suelo por medio de elaboración de calicatas se prepararon los insumos que aparecen en el cuadro siguiente:

Cuadro 16. Insumos empleados para la descripción de suelos

Equipo	Herramientas	Reactivos	Materiales
Tabla Munsell	Machete	Papel filtro impregnado con fenolftaleína “Naf” (como indicador)	Bolsas de polietileno para empacar muestras de suelo
GPS	Piocha		
Cámara digital y pilas recargables	Pala	Ácido clorhídrico	Costales para envasar
Cinta graduada	Azadón	Peróxido de hidrógeno	Formatos impresos
Metro	Palín para suelos	Kit para medir reacción del suelo pH	
Geotermómetro	Barreta	Fluoruro de sodio	

B. Ubicación del punto de muestreo dentro de la unidad cartográfica de suelos “UCS”

Para ubicar el punto de muestreo se utilizaron las coordenadas tomadas de las observaciones (cajuelas modales), designadas por el equipo del proyecto, con la ayuda de un geoposicionador satelital y mapas con los puntos de muestreo referenciados.

Al llegar a la UCS se solicitó permiso a los propietarios de las tierras y se procedió a ubicar el punto de muestreo, tomando nuevamente las coordenadas satelitales de este, luego se ubicó la orientación de la calicata, de manera que la cara en donde se describió el perfil del suelo quedara en función de la proyección de la luz solar.

C. Descripción del perfil de suelo y características del terreno

Al estar elaborada la calicata se apoyó en la división de los horizontes presentes en el suelo, en la descripción y toma de datos en los boletas de campo de las características morfológicas del perfil de suelo. Estas características son las siguientes:

- Designación de horizontes genéticos
- Profundidad de horizontes

- Color en húmedo
- Textura
- Estructura
- Porosidad
- Presencia de raíces y macroorganismos
- pH del suelo
- Reacción al Naf, HCL y H₂O
- Temperatura edáfica a los 50 centímetro

Se tomaron las características del terreno: pendiente, uso de la tierra y evidencia de erosión.



Figura 48. Proceso de descripción morfológica del perfil de suelo

D. Toma de muestras de suelos para análisis de laboratorio

La toma de muestras de suelo inicia en la parte inferior del perfil y termina en la parte superior, es decir primero se toma la muestra del último horizonte hasta llegar con el horizonte de la superficie del suelo.

El peso de la muestra fue de 1 kilogramo aproximadamente, de todos los horizontes dentro del perfil, para los análisis químicos y físicos.

Para el análisis de densidad aparente se tomaron muestras de los horizontes hasta los 60 cm. Esta muestra se tomó con la ayuda de un cilindro de 29 cm³, que es el volumen de suelo necesario para realizar este análisis. Al igual que la densidad aparente, las muestras para análisis mineralógicos se tomaron hasta los 60 cm.

Las muestras para análisis físicos y químicos se almacenaron en bolsas de cinco libras y para las muestras de análisis mineralógicos se utilizaron bolsas de dos libras. Todas las muestras fueron identificadas con la información del sitio y perfil al que pertenecen.



Figura 49. Toma de muestras de los horizontes del perfil del suelo

3.3.1.3 Resultados

Se apoyó con el muestreo y descripción de 34 calicatas. A continuación se muestran los municipios e identificación para cada una.

Cuadro 17. Perfiles de suelo en los que se apoyó en la descripción de calicatas

Municipio	No. De Perfil	Municipio	No. De perfil
Escuintla	50165	Tiquisate	50608
	50148		50609
	50152		50611
	50170		50616
Santa Lucía Cotzumalguapa	50201	La Gomera	50701
	50220		50704
	50212		50702
	50209		50703
	50210		50710
La Democracia	50304	Guanagazapa	50816
	50307		50813
	50301	San José	50903
Siquinala	50412	Iztapa	50901
	50420		51004
Masagua	50511	Palín	51125
Tiquisate	50613	San Vicente Pacaya	51242
	50607	La Nueva Concepción	51306
Total de calicatas			34

La descripción de estos suelos fue recabada en las boletas físicas de campo y se transcribió a formato Word en digital.

De todos los perfiles de suelo se tomaron muestras por horizonte para análisis de laboratorio, las cuales fueron entregados a los laboratorios de CENGICAÑA, FAUSAC y ENCA.

Para las muestras entregadas al laboratorio de suelos de la ENCA, fue necesario envasarlas en frascos en este establecimiento. Se envasaron e identificaron 500 muestras de suelos para análisis físicos

3.3.2 Actividad II: Realización de pruebas de infiltración y generación de gráficas de los suelos pertenecientes a los paisajes pie de monte, lomerío y planicie fluvio-marina del departamento de Escuintla

3.3.2.1 Objetivos

A. General:

Recolectar información del comportamiento de la infiltración de agua en los suelos del departamento de Escuintla.

B. Específicos

- Realizar pruebas de infiltración por medio del método de los cilindros.
- Transcribir los datos recolectados en campo del comportamiento de la infiltración.
- Realizar gráficas de velocidad de infiltración e infiltración acumulada.

3.3.2.2 Metodología

A. Preparación de equipo y herramientas

Para realizar las pruebas de infiltración se organizaron y prepararon dos reglas, cronómetro, boletas para lectura de datos, lápiz, agua, cubetas, plásticos, herramientas para introducir los cilindros y dos juegos de anillos, de tal manera que se revisó que estos últimos no tuvieran fugas ya que de ninguna manera el agua puede salir por el contorno de del anillo.

B. Ubicación e instalación de los cilindros sobre la superficie del suelo

Estando localizada la calicata en el punto, se ubicaron los dos juegos de anillos o cilindros separados, a una distancia de la calicata superior a los 5 metros.

Cada juego de cilindros se introdujo uniformemente en el suelo, haciendo uso de garrotes de madera, dentro del cilindro pequeño se colocó una regla y luego se cubrió este con un plástico.

Posteriormente se cargó el cilindro grande al ras con agua, al igual que el cilindro pequeño, con la diferencia que en este último se introduce el agua sobre el plástico con el que fue cubierto, para evitar que el agua empiece a infiltrarse antes de empezar con la lectura de tiempos.

C. Lectura del comportamiento de la infiltración en el suelo

Las lecturas se tomaron del cilindro pequeño, donde se instaló la regla y el plástico. Primero se retiró el plástico identificando la altura a la cual quedó el agua dentro del cilindro y se inició a tomar las lecturas. Los intervalos de tiempo se realizaron hasta completar mínimo dos horas, son los siguientes:

- Cinco lecturas de un minuto;
- Dos lecturas de cinco minutos;
- Tres lecturas de quince minutos y
- Dos lecturas de treinta minutos.



Figura 50. Montaje del equipo y realización de pruebas de infiltración

Las lecturas fueron anotadas en las boletas de campo, utilizadas por el proyecto de suelos.

La lectura se realizó para los dos juegos de cilindros, dejando un tiempo alterno mínimo de cinco minutos en el inicio de la toma de datos. Al infiltrarse el agua al suelo y no haber cumplido el mínimo de horas, se realizaron recargas siguiendo el mismo patrón de intervalos de tiempo.

D. Manipulación de lecturas de campo y generación de gráficas de infiltración

La manipulación y análisis de las lecturas se realizó con el modelo de Kostiakov, que es el modelo usado por el proyecto de taxonomía de suelos:

$$I=K-t^n$$

I: Lámina infiltrada acumulada en un tiempo t (cm).

t: Tiempo transcurrido desde el inicio de la aplicación de agua (min)

K: Parámetro que representa la velocidad de infiltración cuando el tiempo corresponde a 1 minuto.

n: Parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

3.3.2.3 Resultados

Se realizaron 27 pruebas de infiltración distribuidas en los municipios del departamento de Escuintla, a continuación se presenta en el mapa, su distribución:

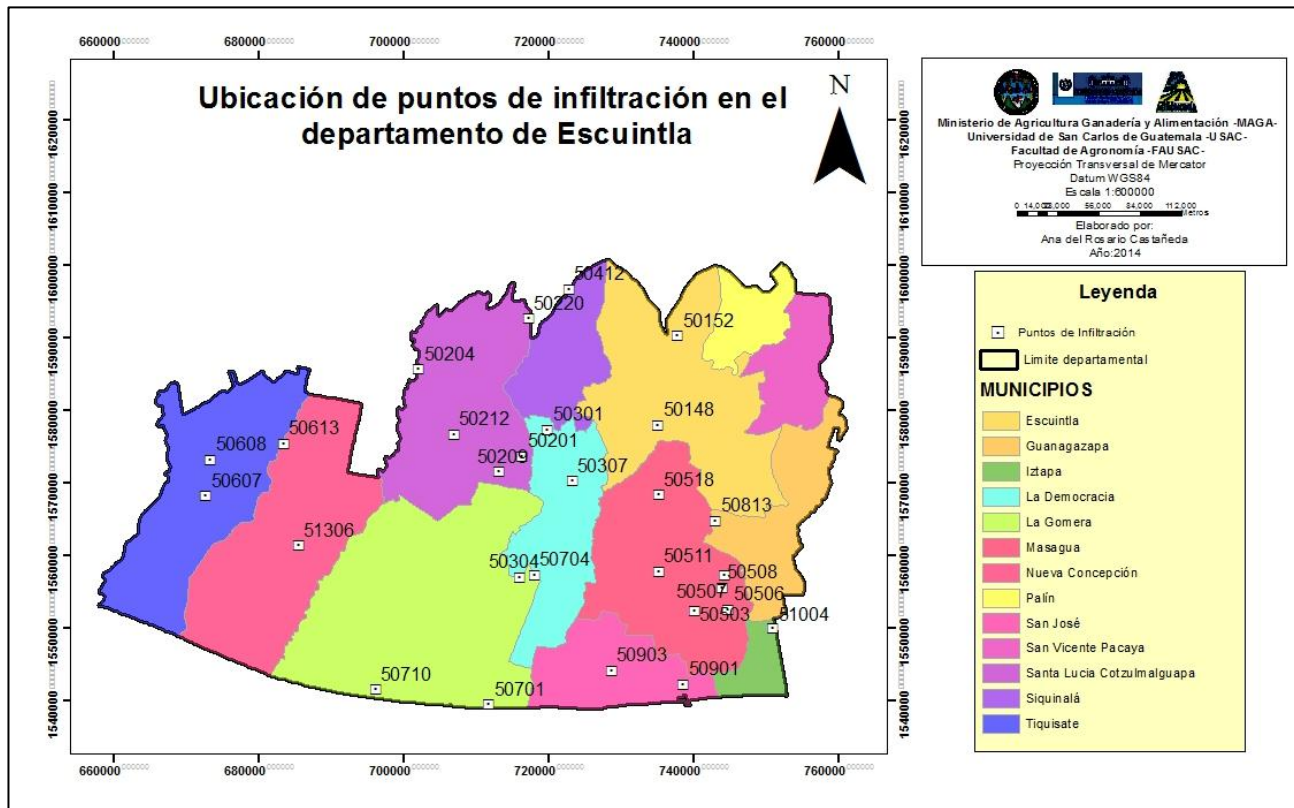


Figura 51. Pruebas de infiltración realizadas en el departamento de Escuintla

Cuadro 18. Municipios e infiltraciones realizadas en el departamento de Escuintla

Municipios	No. De pruebas de infiltración
Santa Lucía Cotzumalguapa	4
Iztapa	1
Guanagazapa	1
Masagua	5
Escuintla	3
San José	2
Siquinala	1
La Gomera	2
La Nueva Concepción	1
Tiquisate	3
La Democracia	3
Sipacate	1
Total	27

Al concluir con la elaboración de las pruebas de infiltración establecidas, se tabularon los datos a hoja de cálculo Excel. Se ingresaron los datos de tiempo y lecturas del agua infiltrada en centímetros.

En el modelo las dos lecturas tomadas se promediaron y se obtuvo la lámina de agua, para obtener la infiltración real de campo. Fue necesario realizar ajustes en algunas de las lecturas por la alteración que se da al recargar con agua el cilindro en el momento que esta se infiltra.

Para cada una de las pruebas de infiltración, se realizó su gráfica con la información de velocidad e infiltración acumulada, asignando los rangos de velocidad en función de la velocidad básica.

Inquisada (290)

X = 402951 Y = 1568105

Proyecto Mapa de Taxonomía y Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso, a escala 1:50.000, de la República de Guatemala. Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo UPGGR (MAGA).					PRUEBA DE INFILTRACIÓN No. 33		Fecha D M A 3 4 14					
Perfil No. 050607		Foto:		Departamento: Escuintla								
Municipio: Tiquisate		Localización: Finca Vaca Paz										
Uso del suelo: Banano												
Contenido de humedad:												
INFILTRÓMETRO A				INFILTRÓMETRO B				INFILTRÓMETRO C				PROCESADO INFILTRACIÓN ACUMULADA
HORA	TIEMPO MINUTOS	LECTURA ESCALA C.C.	LAMINA ACUMULADA cm	HORA	TIEMPO MINUTOS	LECTURA ESCALA C.C.	LAMINA ACUMULADA cm	HORA	TIEMPO MINUTOS	LECTURA ESCALA C.C.	LAMINA ACUMULADA cm	
9:59	0	13.0		10:07	0	11.5			0			
10:00	1	11.5		10:08	1	9.1			1			
10:01	2	10.6		10:09	2	8.5			2			
10:02	3	9.9		10:10	3	7.5			3			
10:03	4	9.0		10:11	4	6.7			4			
10:04	5	8.3		10:12	5	6.0	10.11 hrs: 3.5/15		5			
10:09	10	5.4	10:12 hrs	10:17	10	14.4			10			
10:14	15	15.3	39/16.5	10:22	15	10.5	10:32 9.6/15.4		15			
10:29	30	6.2	10:31 hrs	10:37	30	12.1			30			
10:44	45	9.9	4.1/16.1	10:52	45	4/14.4			45			
10:59	60	35/16.8	Rec	11:07	60	65/16.5	11:31 3.5/16		60			
11:29	90	33/13.0	Rec	11:37	90	13.4			90			
11:59	120	3.1		12:07	120	4			120			
	150				150				150			
	180				180				180			
	210				210				210			
	240				240				240			
	270				270				270			
	300				300				300			
Observaciones: Durante infiltración inicio el riego a Partir de 1hr. aprox.								Elaboró: Ana Castañeda				
								Revisó: Maul				

Figura 52. Boleta de toma de datos de prueba de infiltración del suelo

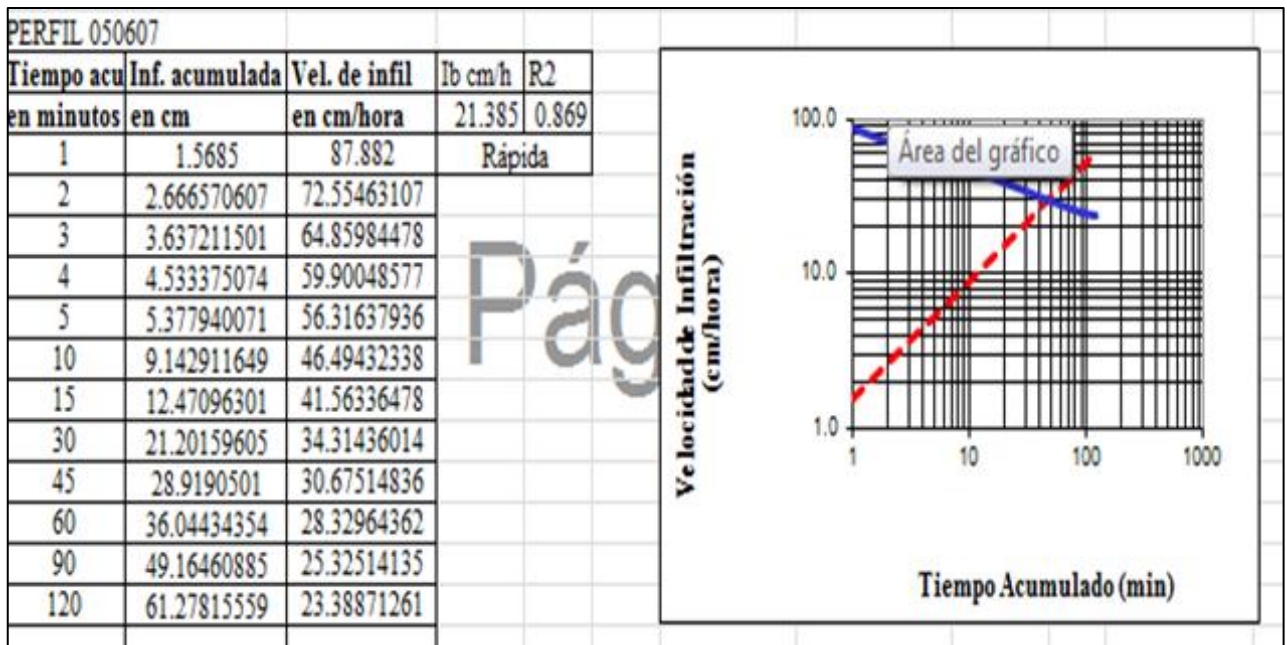


Figura 53. Resultados y gráfica de velocidad e infiltración del suelo

3.3.3 Actividad III. Apoyo en la colección y realización de monolitos o columnas de suelos en campo.

3.3.3.1 Objetivos

A. General

Apoyar en la extracción de columnas de suelos del departamento de Escuintla.

B. Específicos

- Seleccionar el espacio adecuado dentro de la calicata para tomar la columna de suelo.
- Tallar la columna de suelo y adecuarla a las medidas respectivas.
- Colocar y empaquetar la columna de suelo.

3.3.3.2 Metodología

A. Selección y delimitación del espacio dentro de la calicata para la elaboración del monolito

Se seleccionó de las cuatro caras de la calicata la más representativa y la más fácil a manipular con las herramientas. Esta columna se tomó de la misma cara en donde se describió el perfil del suelo.

Haciendo uso de una cinta métrica y una cuchilla, luego de seleccionar el perfil, dentro de este se delinea el espacio, el cual fue mayor a las medidas de la columna de suelo tomada.

B. Elaboración de la columna o monolito de suelo

Al tener el espacio seleccionado, empezó a tallarse la columna de suelo, luego a separarse siguiendo y picando con un martillo de edafólogo sobre la delimitación, de afuera hacia dentro respecto a la columna de suelo a extraer.

Se inició la separación en los lados de la columna, luego se separó de parte de atrás, marcando suavemente y con el cuidado para que no se desmoronara.

Al tener la columna separada del suelo, este fue tallado hasta alcanzar las medidas correspondientes 120 cm. de largo, 24 cm. de ancho y 6.5 cm. de grosor.

La columna de suelo no fue separada de la parte inferior del suelo para que esta no cayera y así manipular más fácilmente la extracción de esta.

C. Almacenamiento de columna de suelo

Con la columna de suelo tallada, se hizo cazar con una caja de madera, introduciendo la columna al separarla de la parte inferior del suelo.

La caja de madera se encontraba preparada, cubierta en el interior con nylon de color negro.

Al tener la columna de suelo dentro de la caja, fue sellada con una cubierta de madera, por último esta se identificó con el nombre de la finca de donde fue tomada y el número del perfil del suelo.

3.3.3.3 Resultados

Se elaboró la columna de suelos, tomado de la calicata identificada con el número de perfil 051306, ubicada en la finca Los Herrarte, del municipio de La Nueva Concepción Escuintla.



Figura 54. Elaboración de columna del suelo

3.3.4 Actividad IV. Apoyo en las pruebas de compactación de los suelos del departamento de Escuintla.

3.3.4.1 Objetivos

A. General:

Realizar las pruebas de compactación correspondientes a las calicatas modales de los suelos de la planicie del departamento de Escuintla

B. Específicos:

- Ubicar puntos específicos y adecuados para realizar la prueba de compactación
- Obtener los datos de la dureza de los suelos muestreados

3.3.4.2 Metodología

A. Ubicación del punto de muestreo para la prueba de compactación

Se ubicó un punto a una distancia mayor a los cinco metros de la calicata, este punto debía presentar el suelo limpio; descubierto de masa vegetal y pedregosidad superficial, así mismo el suelo debía estar seco o húmedo, no encharcado.

B. Toma de lecturas de compactación del suelo

Para realizar esta prueba se usó un compactometro Fieldscout SC 900.

Teniendo ubicado el punto de muestreo, se introdujo la punta de cono del aparato en el suelo, la cual tiene resistencia a la penetración medida por la célula de carga interna. Al llegar a una capa compactada, el aparato se detiene y registra el dato en PSI, el cual aparece en la pantalla, enseguida se retira lentamente. Al tomar este dato, se registran

automáticamente las coordenadas globales y altura del punto de muestreo. Los datos se dejaron almacenados en el aparato.



Figura 55. Prueba de compactación del suelo

3.3.4.3 Resultados

Se realizaron 5 pruebas de compactación distribuidas en los municipios de Escuintla, La Democracia, Masagua y San José. Los datos de compactación fueron descargados del compactometro a formato Excel.

Cuadro 19. Ubicación de los puntos muestreados

LECTURAS DE COMPACTACIONES					
No.	No. De Perfil	GTM		Altitud	Observaciones
		X	Y		
1	050511	465340	1557064	40	Suelo húmedo
2	050901	468528	1541470	9	Suelo duro
3	050152	468268	1589467	696	Suelo húmedo
4	050148	465411	1577179	221	Suelo seco
5	050304	446108	1556434	46	Suelo seco

Cuadro 20. Resultados de la compactación de los suelos en PSI

COMPACTACIÓN EN (PSI) (Profundidades en pulgadas)																			
No. De Perfil	0 pg	1 pg	2 pg	3 pg	4 pg	5 pg	6 pg	7 pg	8 pg	9 pg	10 pg	11 pg	12 pg	13 pg	14 pg	15 pg	16 pg	17 pg	18 pg
050511	0	0	148	249	728	728	519	402	366	585	509	499	397	397	463	468	473	448	478
050901	117	412	494	677	453	346	621	621	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
050152	321	402	489	463	326	254	229	219	188	193	204	224	193	173	178	204	249	290	484
050148	50	78	187	169	181	180	182	190	194	178	190	165	192	230	255	265	270	262	200
050304	5	10	61	102	107	87	87	92	97	87	81	76	76	71	76	71	81	97	137

Estos resultados de compactación del suelo, son provenientes directamente del compactometro utilizado, para efectos de su interpretación, por parte del proyecto de suelos del departamento Escuintla, continuara con el análisis realizando la metodología correspondiente.

3.4 Servicio II. Apoyo a las actividades del Plan Operativo Anual de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo del MAGA.

3.4.1.1 Actividad I. Apoyo a los talleres sobre el manejo de la metodología de consulta y aplicación de la información del estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sololá.

Los talleres se llevaron a cabo los días 6 y 7 de Marzo del año 2014, en las instalaciones de la Universidad del Valle de Sololá, se contó con la presencia del Coordinador de Formación y Capacitación del MAGA de este departamento.

3.4.1.2 Objetivos

A. General

Apoyar en la capacitación del uso y manejo del estudio de suelos del departamento de Sololá.

B. Específicos:

- Guiar al grupo de participantes en la metodología del manejo del estudio de suelos.
- Enseñar a los participantes a trabajar con el formato de ejercicio de la leyenda de suelos.
- Explicar los componentes de los mapas de aplicación del estudio de suelos.

3.4.1.3 Metodología

A. Inscripción de los participantes

Para cada uno de los talleres se inscribieron a los participantes por la mañana. Los participantes que asistieron a los talleres los días 06 y 07 de Marzo son los siguientes:

Cuadro 21. Número de participantes por institución

Fecha	Institución/Organización	No. De participantes
06 de Marzo	USAC – CUNSOR	1
	INAB	2
	MAGA	4
	Municipalidad Concepción	1
	E.F.A. Sololá	1
	Organización de productores el Buen Sembrador	2
	AMSCLAE	1
	UVG	1
	Municipalidad Santiago Atitlán	3
07 de Marzo	MAGA	8
	SAA	1
	MAIZCA	1
	Municipalidad Nahualá	1

Posterior a las inscripciones se presentó el proyecto y se dio a conocer la metodología para realizarlo y las instrucciones para trabajar en el taller de parte de las autoridades de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos –DIGEGR- .

B. Trabajo práctico en grupo

El número total de participantes, se dividió en los edafólogos del proyecto, por lo que se crearon subgrupos de trabajo. En cada subgrupo se explicó por parte de los edafólogos el contenido, uso y aplicaciones del estudio de suelos, incluyendo el manejo de los mapas de suelos y zonificación de tierras.

Se prepararon ejercicios prácticos en los cuales se apoyó guiando a los participantes a resolverlos.

Antes de iniciar con los ejercicios, para cada uno se explicó sobre los componentes que conformaban los mapas de suelos y zonificación de tierras y a medida que se fue trabajando surgieron interrogantes que fueron resueltas explicando nuevamente el contenido y ubicación en los mapas.

Ejercicio 1. Identificación de unidades cartográficas de suelos -UCS-, del departamento de Sololá:

- **Explicación sobre los componentes del mapa de suelos:**

Inicialmente el edafólogo encargado del grupo, explicó el contenido del mapa, sin embargo para cumplir con el ejercicio se explicó nuevamente sobre las interrogantes de los participantes:

Se indicó a los participantes sobre la leyenda del mapa de suelos, que se compone por la clasificación taxonómica a nivel de orden de suelos y unidades cartográficas de suelos.

El estudio de los suelos de este departamento está compuesto por dos volúmenes. Se informó que para realizar este ejercicio debían utilizar el Volumen I.

Para realizar este ejercicio se entregó en físico la información que aparece en el cuadro 23. Y se recalcó sobre el símbolo que representa a cada UCS y su significado, con el ejemplo que aparece en el mapa:

Símbolo de la UCS: **MJCgpr3**

M: paisaje

J: clima ambiental

C: tipo UCS y suelo

g: pendientes

p: pedregosidad superficial

r: rocosidad

3: grado de erosión

Ejercicio 2. Identificación de clasificación de tierras por su capacidad de uso del departamento de Sololá.

- **Explicación sobre los componentes del mapa de Capacidad de Uso de la Tierra**

Se explicó a los participantes sobre la leyenda del mapa, este se conforma por las clases agrológicas y el símbolo de manejo del grupo. Se explicó sobre la división de colores y cuál de ellos representa a cada clase agrológica. Tomando como guía el ejemplo del mapa respecto al símbolo se explicó que simboliza cada letra y número.

Símbolo del grupo de manejo: **IIIps-1**

III: clase de capacidad

P: subclase por pendiente

S: subclase por suelo

1: número del grupo de manejo

Para realizar este ejercicio se utilizó el volumen II del estudio de suelos. Se entregó a los participantes el formato con la información que aparece en el cuadro 24. Y se instruyó para utilizar y llenar con la información que solicita.



Figura 56. Explicación del uso de los mapas de suelos y capacidad de uso de tierras

3.4.1.4 Resultados

Ejercicio 1.

Cada participante ubicó el espacio geográfico de interés dentro del mapa de suelos, el orden de suelos y la UCS. Teniendo la UCS se buscó dentro del libro guiándose con su índice. Dentro del apartado para cada UCS, se encuentra la información correspondiente para estas, con el cual los participantes buscaron la información solicitada en el formato. Cada participante realizó dos ejercicios

Cuadro 22. Formato para identificación de UCS

EJERCICIO IDENTIFICACIÓN UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS (UCS)									
CORRELATIVO	SÍMBOLO UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELOS	PAISAJE Y AMBIENTE MORFOGENÉTICO	CLIMA AMBIENTAL	TIPO UCS Y SUELO	PENDIENTES	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	GRADO DE EROSIÓN	OBSERVACIONES

Ejercicio 2.

Cada participante ubicó el espacio geográfico de interés, dentro del mapa de capacidad de uso de la tierra, e identificaron la clase agrológica a la que pertenece y el símbolo que caracteriza al área. Buscaron dentro del índice del libro y ubicaron la página donde se encontraba la información y por medio de esta llenaron la información solicitada por cuadro.

Cuadro 23. Formato para identificación de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso

EJERCICIO IDENTIFICACIÓN CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO								
CORRELATIVO	SÍMBOLO UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELOS	SÍMBOLO CAPACIDAD DE USO	CLASE	SUBCLASE	GRUPO DE MANEJO	LIMITANTES	VOCACIÓN DE USO	MANEJO DEL SUELO

Para ambos ejercicios se les informo a los participantes que debían seleccionar el mismo espacio geográfico, por la relación que existe en cuanto a la información que se solicita.

3.4.2 Actividad II. Apoyo a la digitalización de la ortofotos referido al uso de la tierra de la Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA – 2014

3.4.2.1 Objetivos

A. General:

Colaborar en el proceso de digitalización de las ortofotos de la Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA – 2014 al Laboratorio de Información Geográfica de la –DIGEGR-.

B. Específicos:

- Digitalizar la información sobre el uso del suelo del departamento de Guatemala, Escuintla, Izabal y Suchitepéquez.
- Codificar los polígonos formados por la digitalización con la información del uso del suelo.

3.4.2.2 Metodología

A. Recolección de las ortofotos y herramientas de trabajo

Se entregó de parte del personal del laboratorio geográfico, las ortofotos georeferenciadas de los departamentos de Guatemala, Escuintla, Suchitepéquez e Izabal. Las ortofotos se encontraban divididas en polígonos, identificadas con códigos de información recolectada en campo sobre el uso del suelo, por personal del INE. Asimismo se entregó un shape sobre el cual se realizó la digitalización-

B. Digitalización de las ortofotos

Se realizó la digitalización en un software GIS, por departamento.

Se cargaron las fotografías y el shape sobre el cual se digitalizó la información al sistema, iniciando la edición del shape y empleando el comando Cut Polygons, formando de esta manera los polígonos dibujados en la fotografía.

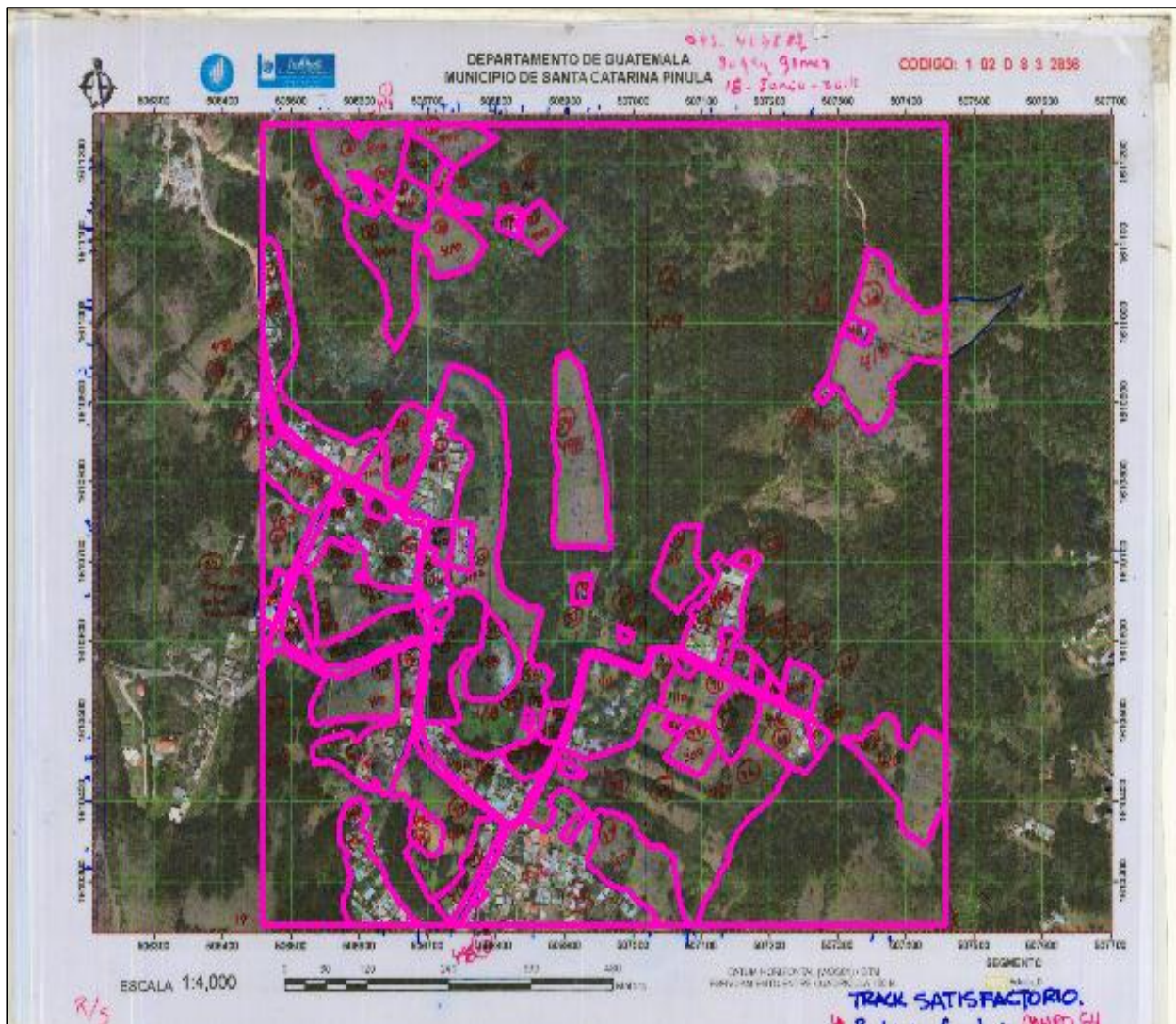


Figura 57. Digitalización de ortofoto con información del uso de la tierra, ENA 2014

Por cada polígono formado se agregó el código en la tabla de atributos del shape, sobre la información que este contenía. Los códigos de identificación representan al uso del suelo que se refieren a cuatro grupos (cultivos anuales, cultivos permanentes, cultivos asociados y otros usos).

Se utilizó una codificación diferente, realizada en el laboratorio geográfico, para las ortofotos con información no correspondiente a estas.

Cuadro 24. Códigos empleados para identificar polígonos con información rechazada.

Código	Significado
501	Segmento rechazado
502	Campos sin información
503	Un campo con doble información
504	Campo con trazo incompleto
505	Número de campo repetido
506	Información ilegible
507	Falta un número de campo (correlativo)

Al terminar con la digitalización se reportó por medio de un formato en Excel la fotografía, estatus y fecha de realización del mismo.

3.4.2.3 Resultados

La digitalización del uso de la tierra, para la Encuesta Nacional Agropecuaria del año 2014, se realizó sobre 30 ortofotos. A continuación se presenta la identificación, código de muestreo y departamento al cual pertenece cada ortofoto.

No.	No. Orden	Departamento	Código muestreo	No.	No. Orden	Departamento	Código muestreo
1	2673	GUATEMALA	1 15 D 7 3 2673	16	17272	IZABAL	18 02 D 45 5 17272
2	2836	GUATEMALA	1 02 D 8 3 2836	17	17450	IZABAL	18 02 D 46 4 17450
3	3105	GUATEMALA	1 05 D 9 4 3105	18	18296	IZABAL	18 02 D 48 3 18296
4	3107	GUATEMALA	1 05 D 9 1 3107	19	18634	IZABAL	18 02 D 49 4 18634
5	3267	GUATEMALA	1 01 D 9 5 3267	20	19133	IZABAL	18 02 D 50 4 19133
6	3385	GUATEMALA	1 05 D 9 2 3385	21	19937	IZABAL	18 02 D 52 3 19937
7	4733	GUATEMALA	1 07 D 13 5 4733	22	139	ESCUINTLA	5 02 C 1 5 139
8	5369	GUATEMALA	1 04 D 14 3 5369	23	229	ESCUINTLA	5 09 C 1 4 229
9	9194	IZABAL	18 05 D 24 1 9194	24	249	ESCUINTLA	5 07 C 1 3 249
10	11054	IZABAL	18 04 D 29 3 11054	25	673	ESCUINTLA	5 05 C 2 2 673
11	11703	IZABAL	18 05 D 31 2 11703	26	2638	ESCUINTLA	5 12 C 7 3 2638
12	12426	IZABAL	18 04 D 33 3 12426	27	1272	SUCHITEPEQUEZ	10 06 C 4 4 1272
13	13112	IZABAL	18 04 D 34 1 13112	28	1649	SUCHITEPEQUEZ	10 02 C 5 1 1649
14	13197	IZABAL	18 04 D 35 5 13197	29	3301	SUCHITEPEQUEZ	10 20 C 9 5 3301
15	13398	IZABAL	18 04 D 35 1 13398	30	4920	SUCHITEPEQUEZ	10 13 C 13 5 4920
Total de ortofotos digitalizadas							30

Cuadro 25. Ortofotos digitalizadas para la ENA 2014

El número de orden y código de muestro se refiere la información de identificación de cada ortofoto, establecida por el INE.

Al finalizar con la digitalización de las ortofotos, estas fueron entregadas a los analistas del laboratorio geográfico para su revisión.

3.5 CONCLUSIONES

- Durante los 10 meses de realización del EPS, se apoyó en las actividades contempladas por la DIGEGR, para desarrollar el cumplimiento de la planificación de servicios para dicha dirección. Se colaboró en las actividades propuestas por parte del proyecto mapa de taxonomía de suelos y para el laboratorio geográfico.
- Se participó en el proceso de trabajo de campo, apoyando en el levantamiento de información de los suelos del departamento de Escuintla, comprendido en los meses de marzo a mayo del 2014, tiempo durante el cual se apoyó en la recolección de información del perfil del suelo, realización de pruebas de infiltración y compactación y elaboración de monolitos.
- Se digitalizó la información del uso de la tierra recabada en ortofotos, para la Encuesta Nacional Agropecuaria, del año 2014, haciendo uso de las herramientas del software ArcGis.
- Los participantes del taller de capacitación del uso del estudio de suelos del departamento de Sololá, recibieron la guía necesaria para hacer uso del estudio y aplicar la información contenida, asimismo desarrollaron la capacidad de interpretar los mapas de suelos y zonificación de tierras, con el fin de darle un uso y manejo adecuado a los suelos de su región.

3.6 BIBLIOGRAFÍA

1. DIGEGR (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos, GT). 2013a. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sacatepéquez. Guatemala. 788 p.
2. _____. 2013b. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sololá. Guatemala. 948 p.
3. UPGGR (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos, GT). 2010. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Chimaltenango. Guatemala. 786.

