

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue sky, a yellow sun, and a green landscape. The shield is surrounded by a circular border containing the Latin motto "PROFESSORIBUS CONSPICUA CAROLINA AC ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERAS".

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS DEL MINISTERIO DE  
AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN,**  
**EN EL ANÁLISIS DE LA AMENAZA A DESLIZAMIENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE  
SOLOLÁ, DURANTE LA TORMENTA TROPICAL STAN  
(OCTUBRE DE 2005) Y PROPUESTA DE MANEJO DE LA TIERRA**

**BERTA CAROLINA MEDINA CUÉLLAR**

**GUATEMALA, MAYO DE 2015**



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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS DEL MINISTERIO DE  
AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN,  
EN EL ANÁLISIS DE LA AMENAZA A DESLIZAMIENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE  
SOLOLÁ, DURANTE LA TORMENTA TROPICAL STAN  
(OCTUBRE DE 2005) Y PROPUESTA DE MANEJO DE LA TIERRA**

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

**POR**

**BERTA CAROLINA MEDINA CUÉLLAR**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERA AGRÓNOMA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**GUATEMALA, MAYO DE 2015**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**RECTOR**

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO EN FUNCIONES	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Per. Agr. Josué Benjamín Boche López
VOCAL QUINTO	Bach. Sergio Alexsander Soto Estrada
SECRETARIO	Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

GUATEMALA, MAYO DE 2015



Guatemala, mayo 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: **Análisis de la amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá, durante la Tormenta Tropical Stan (Octubre de 2005) y Actividades realizadas en la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

BERTA CAROLINA MEDINA CUÉLLAR



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

**AL PATRON DEL UNIVERSO**, el supremo arquitecto creador de los cielos y la tierra, quien en su gran misericordia me dio una chispa divina y con ella el alma y la vida.

**A MIS PADRES:** César Augusto y Gladys Alicia, quienes me formaron con principios y valores; pero por sobre todo porque les debo ser la persona quien soy y lo que tengo, porque siempre me mostraron con su ejemplo a ser una mujer de trabajo.

**A MI ESPOSO:** Pedro Hugo, por su apoyo.

**A MIS HIJOS:** Victoria Alejandra, Sergio René, Juan Carlos y Kaleb Nathaniel, a quienes en mi esfuerzo y afán de alcanzar un título, sacrifiqué innumerables ocasiones.

**A MIS NIETOS:** Or Gabriel David y Laila María Alejandra, fuente de alegría en mi vida.

**A MIS HERMANOS:** Ivonne Elizabeth y Douglas César Augusto, con quienes siempre conté a lo largo de mi vida.

**A MIS SOBRINOS:** Sheryl Ivonne y César Augusto por la alegría que han dado a mi vida.

**A MIS ABUELOS:** Bertha, Angela, Víctor Manuel y Fidel, quienes siempre me brindaron todo su amor y me complacieron en todo momento.

**A MIS AMIGAS (OS):** en especial a la Inga. Agra. Midia Marlene Escobar y el Ing. Agr. Pedro Peláez, quienes me incentivaron a retomar y culminar mi carrera; a los Ingenieros Agrónomos Efraín Medina, Elmer López y Carlos Anzueto, quienes me permitieron culminar mi carrera en las instalaciones del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. Así como al Dr. José Miguel Duro Tamasiunas, el Ing. Agr. Rudy Aroldo Vásquez Villatoro y el Ing. Agr. Rovoham Monzón, con quienes me formé laboralmente y me metieron el hombro en todo momento para alcanzar la meta de culminar mi carrera. Y no menos importantes al Geol. Jorge Girón y el Ing. Agr. Walter Bardales por su amistad y apoyo desinteresado durante el proceso de la investigación que presento en este documento.



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

**AL ETERNO**, mi roca, mi escudo y que en su gran misericordia me dio vida.

**A MIS PADRES**: quienes me impulsaron para culminar mi carrera

**A MI ESPOSO**: por su compañía.

**A MIS HIJOS**: a quienes exhorto a alcanzar sus metas en la vida.

**A MIS NIETOS**: a quienes espero servir de ejemplo.

**A MIS HERMANOS Y CUÑADA CECY**: por su apoyo incondicional.

**A MIS SOBRINOS**: por su cariño y compañía.

**A MIS ABUELOS**: por el amor tan grande que me dieron y el vacío tan indescriptible que dejaron con su ausencia en mi vida.

**A MIS JEFES**: Dr. José Miguel Duro Tamasiunas, Ing. Agr. Rudy Aroldo Vásquez Villatoro, Ing. Agr. Rovoham Mardoqueo Monzón Miranda y Sergio Rafael López Salazar; por su apoyo y comprensión en mi culminación de la carrera.

**A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO**: Especialmente a Consuelo Marroquín, Miriam Tejeda, Nicté Gálvez, Dunia López, Fernando Guerra, Manuel Tum, y José López por todo su apoyo para alcanzar mi meta de graduarme.

**A MIS AMIGAS (OS)**: a todas (os) las y los presentes; así como a los que El Señor llamó a su presencia (Ernesto Carrillo y Álvaro Ernesto García); pero especialmente al Ing. Agr. Guillermo Detlefsen y el Ing. Javier Saborio, quienes me facilitaran del CATIE Costa Rica, la metodología original conocida como “Mora Castro y Varhson (1994), la cual fue pilar fundamental en el tema de investigación de este documento.

**A MIS CATEDRÁTICOS**: Porque gracias a ellos me formé como una profesional exitosa.

**A MIS COMPAÑERAS (OS) DE ESTUDIO:** Especialmente a Jackeline Brincker, Johana Girón, Marisol Amador y María Emilia Ramírez, quienes fueron un apoyo fundamental en el momento que retomé mi carrera; a los y las restantes, no me alcanzaría una hoja para nombrarles ya que tuve muchas promociones por compañeras (os).

**A TODAS Y TODOS LOS QUE SE OPUSIERON A QUE CULMINARA MI CARRERA:** Porque me dieron más fuerza para seguir adelante, aunque por temporadas pospusiera mi avance o lo hiciera de forma más lenta.

## AGRADECIMIENTOS

**A ELOHIM DE LOS EJÉRCITOS DE ISRAEL**, por darme oportunidad de guardar sus mandamientos.

**A MIS PADRES**: por forjar mi educación y hacerme una persona de bien.

**A MI ESPOSO E HIJOS**: por su comprensión.

**A MIS HERMANOS, MI CUÑADA CECY Y MIS SOBRINOS**: por estar siempre a mi lado.

**A MIS ABUELOS**: por todo lo que me enseñaron y el amor que me prodigaron.

**A MIS SUPERVISORES, ASESORES Y EVALUADOR**: Ing. Agr. Horacio Ramírez, Ing. Agr. Pedro Peláez, Ing. Agr. Rudy Vásquez; Dr. Marvin Salguero, Dr. William González, Ing. Agr. Walter Bardales, Geol. Jorge Girón y Tomás Padilla; por su el apoyo incondicional, para alcanzar mi meta de obtener mi título de licenciatura.

**A MIS CATEDRÁTICOS**: Porque aprendí de los mejores, entre los que figuran el Br. José Ernesto Carrillo (QEPD), Ing. Agr. Luis Reyes, Ing. Agr. Marino Barrientos, Ing. Agr. Waldemar Nufio, Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno, Licda. Leticia Mena, Licda. Fratti, Licda. Wholers, Ing. Agr. Manuel de Jesús Chonay, Ing. Agr. Pedro Armira, Dr. Marvín Salguero, Dr. Isaak Herrera y especialmente a Ing. Agr. Hugo Tobías, quien siempre luchó por mantener la carrera de GAL y quien en todo momento me brindó su apoyo.

**A MIS JEFES**: Dr. José Miguel Duro Tamasiunas, Ing. Agr. Rudy Aroldo Vásquez Villatoro, Ing. Agr. Rovoham Mardoqueo Monzón Miranda y Sergio Rafael López Salazar; por su apoyo y amistad; pero especialmente al Ing. Vásquez, quien en un año turbulento en mi vida, me hizo poner los pies en la tierra para culminar mi carrera, ya que sin esta ayuda no lo hubiera logrado.

**A LAS INSTITUCIONES EN QUE TRABAJÉ**: Instituto de Transformación Agraria-INTA; a los programas y direcciones del MAGA: Zonas de Retorno, Programa de Emergencia por Desastres Naturales, Cuencas Hidrográficas Estratégicas, Proyecto de Manejo y Conservación de los Recursos Naturales de la Cuenca Alta del Río Chixoy-UNEPROCH,

Plan de Acción Forestal para Guatemala-PAFG, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo-UPGGR, Unidad Especial para el Desarrollo Integral de Cuencas Hidrográficas-UEEDICH, Departamento de Desarrollo Comunitario en la Dirección de Reconversión Productiva y la Dirección de Información Geográfica y Gestión de riesgos-DIGEGR; así como: Instituto Nacional de Bosques-INAB, Instituto Nacional de Estadística-INE y Sistema Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales-SIPECIF. A las ONG's: Pan para el Mundo – Consejo Nacional de Desplazados de Guatemala-CONDEG, CARE-Guatemala, PAF-Maya y Vecinos Mundiales.

**A LAS COMUNIDADES DE LA Franja Transversal del Norte, RETORNADOS Y Comunidades de Población en Resistencia-CPR's – Ixcán – Petén – La Sierra:** quienes me permitieron alcanzar la experiencia laboral que ahora tengo.

**AL PERSONAL DOCENTE, ADMINISTRATIVO Y DE CAMPO DE LA FAUSAC:** Especialmente al Ing. Agr. Pedro Peláez, Dr. Marvín Salguero, Ing. Agr. David Mendieta y al Ing. Agr. Juan José Castillo. Así como, Miriam de la Roca, Rolando Aragón, Guadalupe Ventura, María Luz Müller y Marco Antonio Facundo del CEDIA; Armando Florián y Julio Hernández de Control Académico; César Rivas y Don Chico del CEDA; a todas y todos por todo su apoyo.

**A LA FAUSAC:** Mi casa de estudios.

**AL PUEBLO DE GUATEMALA:** Porque con sus impuestos se sostiene económicamente la Tricentenario USAC, formadora de profesionales con posibilidades de impulsar el desarrollo del país.

# ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
<b>1 DIAGNÓSTICO DE LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS .....</b>	<b>3</b>
1.1 PRESENTACIÓN .....	3
1.2 MARCO REFERENCIAL (DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE TRABAJO) .....	4
1.2.1 <i>Ubicación Geográfica</i> .....	4
1.3 OBJETIVOS .....	5
1.3.1 <i>General</i> .....	5
1.3.2 <i>Específicos</i> .....	5
1.4 METODOLOGÍA Y RECURSOS .....	6
1.4.1 <i>Metodología</i> .....	6
1.4.2 <i>Recursos</i> .....	7
1.4.3 <i>Recursos materiales:</i> .....	7
1.4.4 <i>Recursos Humanos</i> .....	7
1.5 RESULTADOS .....	8
1.5.1 <i>Antecedentes históricos y funcionamiento del MAGA</i> .....	8
1.5.2 <i>Antecedentes históricos de la DIGEGR-MAGA</i> .....	10
1.5.3 <i>Organización y funcionamiento de la Dirección</i> .....	11
1.5.3.1 <i>Misión:</i> .....	11
1.5.3.2 <i>Visión:</i> .....	11
1.5.3.3 <i>Objetivo General:</i> .....	11
1.5.4 <i>Funciones de la DIGEGR-MAGA según el Acuerdo Gubernativo 338-2010 con fecha de 19 de     Noviembre de 2010</i> .....	12
1.5.5 <i>Personal de la DIGEGR</i> .....	14
1.5.6 <i>Funciones del Personal</i> .....	15
1.5.6.1 <i>Director General</i> .....	15
1.5.6.2 <i>Jefe administrativo</i> .....	16
1.5.6.3 <i>Jefe Técnico del Laboratorio</i> .....	17
1.5.6.4 <i>Jefe técnico de Gestión de Riesgos</i> .....	17
1.5.6.5 <i>Secretaria Recepcionista</i> .....	17
1.5.6.6 <i>Secretaria</i> .....	18
1.5.6.7 <i>Asistente Contable</i> .....	18
1.5.6.8 <i>Auxiliar Contable</i> .....	19
1.5.6.9 <i>Piloto</i> .....	20
1.5.6.10 <i>Analistas SIG</i> .....	20
1.5.6.11 <i>Técnicos Digitalizadores SIG</i> .....	20
1.5.6.12 <i>Técnico Informático</i> .....	21
1.5.6.13 <i>Técnico de Gestión de Riesgo</i> .....	21
1.5.7 <i>Proyectos de la DIGEGR-MAGA</i> .....	21
1.5.7.1 <i>Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra de la República de Guatemala,         Escala 1:50,000</i> .....	21
1.5.7.2 <i>Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (2010)</i> .....	22
1.5.7.3 <i>Encuesta Nacional Agropecuaria 2013</i> .....	22
1.5.8 <i>Productos de la DIGEGR-MAGA</i> .....	23
1.6 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LA DIGEGR-MAGA .....	25
1.6.1 <i>Priorización de problemas</i> .....	25
1.6.2 <i>Soluciones potenciales</i> .....	26
1.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
1.7.1 <i>Conclusiones</i> .....	27
1.7.2 <i>Recomendaciones</i> .....	27
1.8 BIBLIOGRAFÍA .....	28

1.9	ANEXOS .....	29
<b>2</b>	<b>ANÁLISIS DE LA AMENAZA A DESLIZAMIENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, DURANTE LA TORMENTA TROPICAL STAN (OCTUBRE DE 2005) Y PROPUESTA DE MANEJO DE LA TIERRA .....</b>	<b>33</b>
2.1	PRESENTACIÓN.....	33
2.2	MARCO TEÓRICO .....	35
2.3	MARCO CONCEPTUAL .....	35
2.3.1	<i>Deslizamiento</i> .....	35
2.3.2	<i>Partes de un deslizamiento</i> .....	38
2.3.2.1	Corona .....	38
2.3.2.2	Escarpe principal.....	38
2.3.2.3	Escarpe menor .....	38
2.3.2.4	Punta de la superficie de ruptura .....	38
2.3.2.5	Cabeza.....	39
2.3.2.6	Tope .....	39
2.3.2.7	Cuerpo principal.....	39
2.3.2.8	Flanco.....	39
2.3.2.9	Pie .....	39
2.3.2.10	Dedo .....	39
2.3.2.11	Punta.....	39
2.3.2.12	Ruptura en avance.....	39
2.3.3	<i>Tipos de materiales</i> .....	40
2.3.4	<i>Causas vinculantes con la generación de deslizamientos</i> .....	40
2.3.4.1	Geológicas y geomorfológicas .....	40
2.3.4.2	Suelos.....	40
2.3.4.3	Antrópicas.....	40
2.3.4.4	Climáticas.....	40
2.3.5	<i>Precipitación pluvial</i> .....	41
2.3.5.1	Método Gumbel.....	41
2.3.6	<i>Riesgo</i> .....	42
2.3.7	<i>Amenaza</i> .....	42
2.3.7.1	Tipos de amenaza: .....	42
2.3.7.2	Clasificación de amenaza .....	42
2.3.8	<i>Vulnerabilidad</i> .....	42
2.3.9	<i>Huracán</i> .....	42
2.3.10	<i>Tormenta Tropical</i> .....	43
2.3.11	<i>Tormenta</i> .....	43
2.4	MARCO REFERENCIAL.....	44
2.4.1	<i>Localización y extensión del departamento de Sololá</i> .....	44
2.4.2	<i>División político-administrativa</i> .....	46
2.4.3	<i>Aspectos biofísicos del departamento de Sololá</i> .....	47
2.4.3.1	Clima .....	47
2.4.3.2	Geomorfología y paisajes identificados .....	47
2.4.3.3	Geología del departamento .....	47
2.4.3.4	Suelos del departamento de Sololá .....	50
2.5	OBJETIVOS .....	54
2.6	GENERAL .....	54
2.7	ESPECÍFICOS .....	54
2.8	HIPÓTESIS .....	54
2.9	METODOLOGÍA.....	55
2.9.1	<i>Materiales a utilizar</i> .....	55
2.10	PROCESO METODOLÓGICO.....	56
2.10.1	<i>Análisis y descripción de los deslizamientos registrados en el departamento de Sololá durante la tormenta Stan (Octubre 2005)</i> .....	56

2.10.2	<i>Identificación de características similares de los diversos suelos en los que han ocurrido deslizamientos en el departamento de Sololá</i> .....	56
2.10.3	<i>Análisis de precipitación pluvial de las once estaciones meteorológicas del departamento de Sololá y aledaños al mismo</i> .....	57
2.10.4	<i>Identificación de las áreas bajo amenaza por deslizamientos en el departamento de Sololá</i> .....	58
2.10.4.1	Índice de Relieve Relativo (Rr).....	58
2.10.4.2	Índice Litológico (L) .....	59
2.10.4.3	Índice de la Humedad del suelo (H) .....	60
2.10.4.4	Índice de actividad sísmica (S).....	61
2.10.4.5	Índice de las lluvias intensas (LI).....	62
2.10.4.6	Valores de los niveles y clases de amenaza.....	62
2.10.5	<i>Propuesta de lineamientos de manejo para reducción de riesgo y amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá</i> .....	63
2.11	RESULTADOS .....	64
2.11.1	<i>Análisis y descripción de los deslizamientos registrados en el departamento de Sololá durante la tormenta Stan (Octubre 2005)</i> .....	64
2.12	IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS SIMILARES DE LOS DIVERSOS SUELOS EN LOS QUE HAN OCURRIDO DESLIZAMIENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	70
2.13	ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	71
2.14	IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS BAJO AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	83
2.14.1	<i>Índice de Relieve Relativo (Rr)</i> .....	83
2.14.2	<i>Índice Litológico (L)</i> .....	86
2.14.3	<i>Índice de la Humedad del suelo (H)</i> .....	88
2.14.4	<i>Índice de actividad sísmica (S)</i> .....	90
2.14.5	<i>Índice de las lluvias intensas (LI)</i> .....	94
2.14.6	<i>Valores de los niveles y clases de amenaza</i> .....	96
2.15	PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO PARA REDUCCIÓN DE RIESGO Y AMENAZA A DESLIZAMIENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	100
2.16	CONCLUSIONES .....	112
2.17	RECOMENDACIONES .....	113
2.18	BIBLIOGRAFÍA .....	115
2.19	ANEXOS .....	117
2.19.1	<i>Anexo I Grado de Amenaza de Áreas Pobladas</i> .....	117
<b>3</b>	<b>SERVICIOS REALIZADOS EN LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS –DIGEGR- DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN – MAGA</b> .....	<b>148</b>
3.1	PRESENTACIÓN .....	148
3.2	SERVICIO I. UBICACIÓN DE CENTROS DE APRENDIZAJE DE DESARROLLO RURAL- CADER DEL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ... ..	150
3.2.1	<i>Objetivos</i> .....	150
3.2.2	<i>Metodología</i> .....	150
3.2.3	<i>Resultados</i> .....	150
3.2.4	<i>Evaluación</i> .....	153
3.3	SERVICIO II. DIGITALIZACIÓN DE SEGMENTOS DEL MARCO DE ÁREA PARA LA ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA 2014 ..	153
3.3.1	<i>Objetivos</i> .....	153
3.3.2	<i>Metodología</i> .....	153
3.3.3	<i>Resultados</i> .....	153
3.3.4	<i>Evaluación</i> .....	156
3.3.5	SERVICIO III. <i>Levantamiento de Información Referida a la Utilización del Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Chimaltenango</i> .....	156
3.3.5.1	Objetivos .....	156
3.3.5.2	Metodología.....	156
3.3.5.3	Recabación de información para personas capacitadas .....	157
3.3.5.4	Recabación de información para personas no capacitadas .....	157
3.3.5.5	Trabajo en campo .....	158

3.3.5.6	Tabulación y análisis de información .....	158
3.3.5.7	Resultados .....	159
3.3.5.8	Encuestas .....	159
	<b>A. Sector agroexportador</b> .....	159
	<b>B. Sector gubernamental</b> .....	161
	<b>C. Sector municipal</b> .....	163
	<b>D. Sector de organizaciones no gubernamentales -ONG's (Asociaciones, Cooperativas y otros)</b> .....	164
3.3.5.9	Entrevistas .....	166
	<b>E. Sector agroexportador</b> .....	166
	<b>F. Sector gubernamental</b> .....	167
	<b>G. Sector municipal</b> .....	169
	<b>H. Sector de organizaciones no gubernamentales ONG's (Asociaciones, Cooperativas y otros)</b> .....	170
3.3.5.10	CONCLUSIONES.....	171
A.	Encuestas .....	171
B.	Entrevistas .....	173
3.3.5.11	RECOMENDACIONES.....	173
3.3.5.12	Evaluación.....	174
3.3.5.13	BIBLIOGRAFÍA .....	175
3.3.5.14	ANEXOS.....	176

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
FIGURA 1	MAPA DE UBICACIÓN DE LA DIGEGR-MAGA.....	4
FIGURA 2	ORGANIGRAMA DE LA DIGEGR .....	14
FIGURA 3	ORGANIGRAMA INSTITUCIONAL DEL MAGA .....	30
FIGURA 4	CAÍDA DE ROCAS .....	36
FIGURA 5	DESLIZAMIENTO ROTACIONAL .....	36
FIGURA 6	DESLIZAMIENTO TRANSLACIONAL.....	37
FIGURA 7	FLUJO DE DETRITOS (SAN ANTONIO PALOPÓ) .....	37
FIGURA 8	PARTES DE LOS DESLIZAMIENTOS.....	38
FIGURA 9	MAPA BASE DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	45
FIGURA 10	MAPA GEOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, ESCALA 1:50,000 (BONIS 2009), .....	49
FIGURA 11	MAPA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS A NIVEL DE ORDEN DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	51
FIGURA 12	MAPA DE USO DE LA TIERRA .....	53
FIGURA 13	MAPA DE DESLIZAMIENTOS MENORES A 0.5 HA.....	65
FIGURA 14	MAPA DE DESLIZAMIENTOS DE 0.5 A 1.0 HA.....	66
FIGURA 15	MAPA DE DESLIZAMIENTOS DE 1.0 A 5.0 HA.....	67
FIGURA 16	MAPA DE DESLIZAMIENTOS DE 5.0 A 10.0 HA.....	68
FIGURA 17	MAPA DE DESLIZAMIENTOS MAYORES DE 10.0 HA.....	69
FIGURA 18	MAPA DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL MÁXIMA DEL AÑO 2005.....	73
FIGURA 19	MAPA DE ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE GUMBEL PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 5 AÑOS .....	78
FIGURA 20	MAPA DE ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE GUMBEL PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS .....	79
FIGURA 21	MAPA DE ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE GUMBEL PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 25 AÑOS .....	80
FIGURA 22	MAPA DE ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE GUMBEL PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 50 AÑOS .....	81
FIGURA 23	MAPA DE ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE GUMBEL PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS .....	82
FIGURA 24	MAPA DE ÍNDICE DE RELIEVE RELATIVO DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	85
FIGURA 25	MAPA DE ÍNDICE DE ÍNDICE LITOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	87
FIGURA 26	MAPA DE ÍNDICE DE HUMEDAD DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	89
FIGURA 27	MAPA DE SISMOS REPORTADOS EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ (1984-2013) .....	91
FIGURA 28	MAPA DE ÍNDICE DE ACTIVIDAD SÍSMICA DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	93
FIGURA 29	MAPA DE ÍNDICE DE LLUVIAS INTENSAS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	95
FIGURA 30	MAPA DE CLASIFICACIÓN DE GRADO DE AMENAZA A DESLIZAMIENTOS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	97
FIGURA 31	MAPA DE CLASIFICACIÓN DE GRADO DE AMENAZA Y DESLIZAMIENTOS EN LA TORMENTA STAN .....	99
FIGURA 32	MAPA DE CLASIFICACIÓN DE GRADO DE AMENAZA A DESLIZAMIENTOS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	101
FIGURA 33	MAPA DE MANEJO DE LOS SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ CON CLASE DE AMENAZA I .....	106
FIGURA 34	MAPA DE MANEJO DE LOS SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ CON CLASE DE AMENAZA II .....	107
FIGURA 35	MAPA DE MANEJO DE LOS SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ CON CLASE DE AMENAZA III .....	108
FIGURA 36	MAPA DE MANEJO DE LOS SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ CON CLASE DE AMENAZA IV .....	109
FIGURA 37	MAPA DE UBICACIÓN DE CADER DEL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ.....	152
FIGURA 38	SEGMENTOS DIGITALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.....	154
FIGURA 39	SEGMENTOS DIGITALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.....	155



## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
CUADRO 1	DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA MUNICIPAL DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	46
CUADRO 2	CLASIFICACIÓN DE VALORES DE RELIEVE RELATIVO Y VALORES PARAMÉTRICOS ASIGNADOS.....	59
CUADRO 3	ÍNDICES LITOLÓGICOS Y CALIFICATIVOS RESPECTIVOS .....	60
CUADRO 4	CALIFICACIÓN DE LOS PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL.....	60
CUADRO 5	CALIFICACIÓN DEL FACTOR HUMEDAD (H) .....	61
CUADRO 6	CALIFICACIÓN DEL FACTOR SISMICIDAD (S) .....	61
CUADRO 7	CLASIFICACIÓN DE LOS VALORES DE LLUVIAS MÁXIMAS.....	62
CUADRO 8	CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS.....	62
CUADRO 9	PRECIPITACIÓN PLUVIAL DIARIA MÁXIMA DEL AÑO 2005 DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	72
CUADRO 10	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN SANTIAGO ATITLÁN .....	74
CUADRO 11	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN EL TABLÓN .....	74
CUADRO 12	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA EL CAPITÁN.....	75
CUADRO 13	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN LABOR OVALLE .....	75
CUADRO 14	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN CAMANTULUL.....	75
CUADRO 15	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN CHINIQUE .....	76
CUADRO 16	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN BALANYÁ .....	76
CUADRO 17	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN CHIPACÁ.....	76
CUADRO 18	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN PALAMÁ.....	77
CUADRO 19	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN SACBULUB .....	77
CUADRO 20	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO MÁXIMO EN LA ESTACIÓN CHOAXÁN .....	77
CUADRO 21	RELIEVE RELATIVO DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	84
CUADRO 22	ÍNDICE LITOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	86
CUADRO 23	ÍNDICE DE HUMEDAD DEL SUELO DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	88
CUADRO 24	SISMOS REPORTADOS EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ (PERÍODO DE 1984-2013) .....	90
CUADRO 25	ÍNDICE DE ACTIVIDAD SÍSMICA DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	92
CUADRO 26	ÍNDICE DE LLUVIAS INTENSAS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	94
CUADRO 27	CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE AMENAZA A DESLIZAMIENTOS DE SOLOLÁ .....	96
CUADRO 28	GRADO DE AMENAZA DE LOS POBLADOS DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	100
CUADRO 29	MANEJO DE LOS SUELOS EN EL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ .....	103
CUADRO 30	MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ CON PRESENCIA DE CADER .....	151



## RESUMEN

El presente documento consta de tres capítulos: Primero: el diagnóstico de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo-DIGEGR del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación-MAGA. Segundo: La investigación del análisis de la amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá, durante la tormenta tropical Stan (Octubre de 2005) y propuesta del manejo de la tierra. Tercero: Los servicios realizados en la DIGEGR-MAGA.

El diagnóstico se realizó en las instalaciones de la DIGEGR-MAGA, en zona 13 de Guatemala, lo que permitió conocer la misión, visión, objetivos, funciones y productos realizados dentro de la Dirección. La investigación se realizó con base en la información de suelos generada por la DIGEGR-MAGA, a través del Proyecto de Taxonomía de Suelos y específicamente con el “Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá”. Se realizó un análisis de deslizamientos que ocurrieron durante la tormenta tropical Stan; utilizando las características de los suelos con deslizamientos y la metodología conocida como “Mora y Varhson (1994), para la identificación de áreas con amenaza a deslizamientos; que toma en cuenta el relieve, la litología, la humedad de los suelos, la ocurrencia de sismos y la precipitación pluvial máxima.

En dicha investigación se identificó que la mayoría de deslizamientos se ubican en suelos con materiales de piroclastos no consolidados en ordenes de suelo Andisol, los denominados “no suelo” y los de orden Inceptisol; sin embargo los suelos de tipo Andisol e Inceptisol presentan deslizamientos de tipo traslacional y rotacional; en tanto que los denominados “no suelo” presentan los flujos de detritos.

Según la información facilitada por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología-INSIVUMEH, se identificó que las precipitaciones pluviales en el departamento de Sololá, durante la tormenta tropical Stan (Octubre 2005), oscilaron entre 81 y 231 mm de precipitación pluvial de lluvia diaria máxima y los deslizamientos ocurridos

en dicha tormenta superan los 90 mm de precipitación pluvial por día. Respecto a la identificación de áreas de amenaza a deslizamientos, al menos el 55% del área del departamento se encuentra en una amenaza “moderada” según la calificación de Mora y Vahrson (1994).

Los servicios realizados en la DIGEGR-MAGA, fueron la ubicación geográfica de 380 Centros de Aprendizaje de Desarrollo Rural –CADER del departamento de Quiché; por medio del programa ArcGis®; la digitalización de 61 segmentos del Marco de Área para la Encuesta Nacional Agropecuaria en los departamentos de Guatemala y Chiquimula. Se realizó el levantamiento de información referida a la utilización del estudio semidetallado de los suelos del departamento de Chimaltenango, para lo cual se realizaron encuestas a personas capacitadas en el uso del estudio y entrevistas a personas no capacitadas en el uso del estudio, pero que cuentan con copia del mismo.

En las encuestas se observó que la mayoría cuentan con versión impresa del estudio, el cual ha sido utilizado para la identificación de áreas de interés, las cuales varían en cada sector (Agroexportador, gubernamental, municipal y ONG´s) sin embargo, el estudio no ha sido aplicado para expansión de áreas de cultivo.

En las entrevistas, al igual que en las encuestas, la mayoría cuentan con versión impresa del estudio y también ha sido utilizado para la identificación de áreas de interés, las que varían en cada sector; sin embargo no han identificado una aplicación práctica y se cataloga como un material muy técnico no diseñado para agricultores.



## **CAPÍTULO I**

**“DIAGNÓSTICO DE LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA,  
ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS”**



# **1 DIAGNÓSTICO DE LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS**

## **1.1 Presentación**

Como parte de los requisitos de graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo, dentro de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (FAUSAC), se debe realizar el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía, más conocido como EPSA, para lo cual, la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo-DIGEGR del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación-MAGA, ha facilitado tres espacios para la realización de dicha práctica.

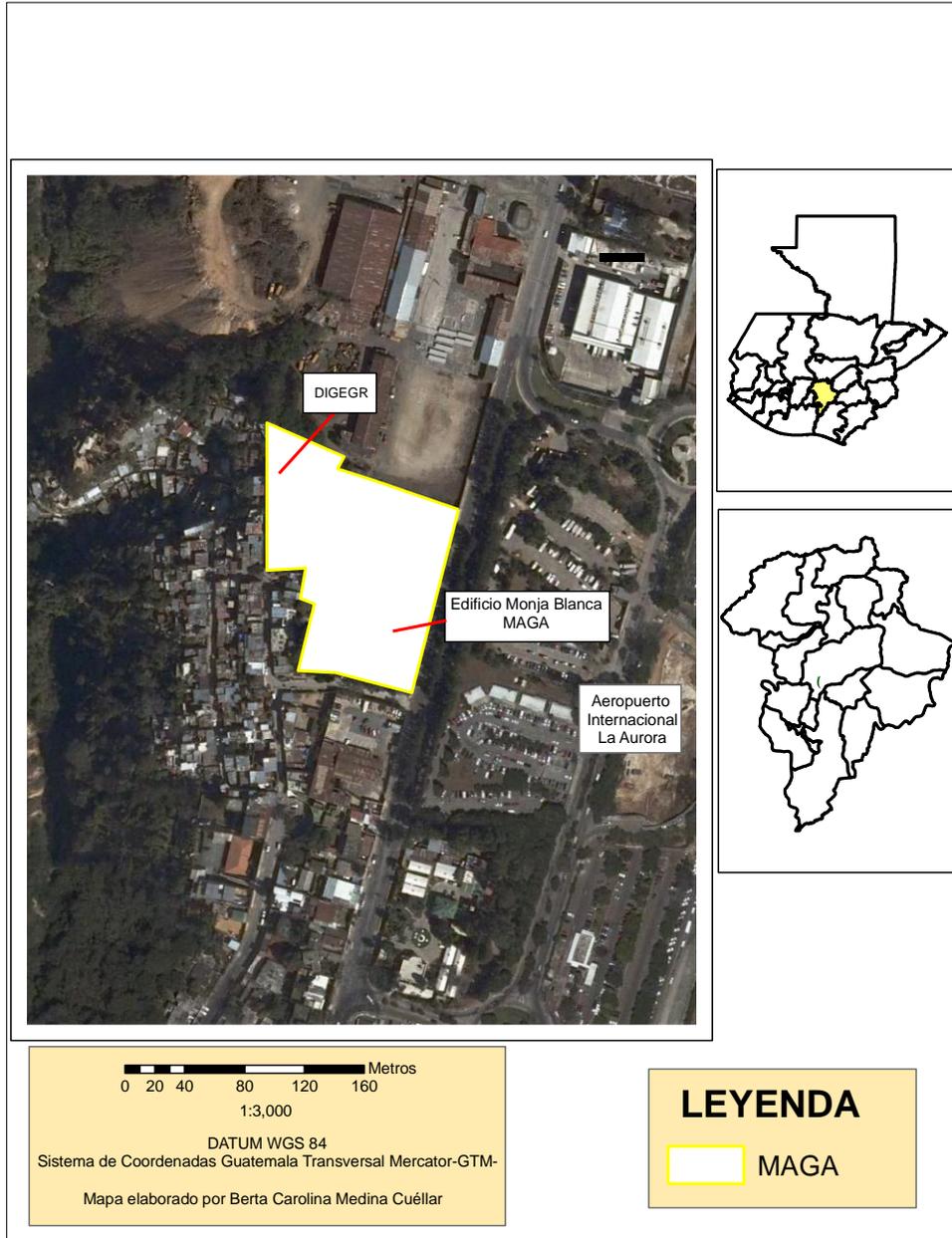
Dentro de las actividades a realizar en el EPSA, se plantea la realización de un Diagnóstico Institucional; denominado “Diagnóstico de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y de Gestión de Riesgo” mismo que se describe en este documento, con una descripción general del MAGA y luego una descripción detallada de la DIGEGR y del Departamento de Gestión de Riesgos; lo que permite conocer las principales funciones y productos de dicha Dirección.

Dentro de los resultados más importantes de la DIGEGR, se resalta el proceso de planificación para general información básica y dentro de dicha información se encuentran los estudios semidetallados de los suelos de los departamentos de Chimaltenango, Sololá y Sacatepéquez, el documento de priorización de municipios a través del índice de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria y nutricional de la población de Guatemala, la Evaluación del Potencial de aguas subterráneas de la República de Guatemala y el Diagnóstico a nivel macro y micro del corredor seco y definición de las líneas estratégicas del MAGA, entre otros.

## 1.2 Marco Referencial (descripción general del área de trabajo).

### 1.2.1 Ubicación Geográfica

La Dirección de Información Geográfica, Estratégica y de Gestión de Riesgos, se ubica dentro del complejo de instalaciones del MAGA, con dirección en la 7ª. Ave. 12-90 zona 13, Guatemala; tal como se puede observar en la figura 1.



**Figura 1** Mapa de Ubicación de la DIGEGR-MAGA

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 General**

Conocer la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y de Gestión de Riesgo-DIGEGR-MAGA, identificando sus limitantes, posibles servicios y un punto de investigación a realizar dentro de las actividades de EPSA.

### **1.3.2 Específicos**

- A. Conocer y describir las principales funciones y productos generados por la DIGEGR.
- B. Identificar las principales limitantes de la DIGEGR-MAGA.
- C. Identificar servicios a realizar dentro de la DIGEGR-MAGA.
- D. Identificar un punto de investigación a realizar dentro la DIGEGR-MAGA.

## 1.4 METODOLOGÍA Y RECURSOS

### 1.4.1 Metodología

Para la elaboración del diagnóstico de la DIGEGR-MAGA, se realizaron las siguientes fases:

Primera fase:

En esta fase se planificó la recolección de información, tanto primaria como secundaria. En el caso de la información primaria, se realizaron entrevistas a los jefes de los Departamentos Administrativo-financiero, Gestión de Riesgo y el Laboratorio de Información Geográfica; asimismo al personal técnico de la DIGEGR-MAGA (5 personas del proyecto de Taxonomía y 7 personas de Sistemas de Información Geográfica). La información que se solicitó al personal de la DIGEGR-MAGA, se relacionó a las fortalezas y debilidades de sus respectivas áreas de trabajo; así como funciones específicas de cada uno de los entrevistados. En el caso de la información secundaria, se visitó la página web tanto del MAGA, como de la DIGEGR-MAGA; además se consultaron diferentes manuales elaborados dentro de la Dirección y se analizaron los listados de los distintos productos generados por la DIGEGR-MAGA.

Segunda fase:

Esta fase consistió en analizar e interpretar toda la información recopilada a través de las distintas fuentes primarias y secundarias; para lo cual se agrupó la información de las entrevistas al personal de la DIGEGR-MAGA y se cruzó la información con las funciones específicas de cada puesto.

Tercera fase:

Se interpretaron y priorizaron los problemas detectados con la ayuda de la herramienta FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Asimismo, se identificaron posibles soluciones a los mismos; dentro de los cuales se identificaron 3 temas de servicios y un punto de investigación de interés para la DIGEGR-MAGA.

### **1.4.2 Recursos**

Los recursos utilizados para la realización del Diagnóstico, fueron facilitados por la DIGEGR-MAGA, los cuales se detallan a continuación:

#### **1.4.3 Recursos materiales**

- A. Cuaderno de diario
- B. Bolígrafo
- C. Equipo de cómputo
- D. Impresora
- E. Fotocopiadora
- F. Entrevistas semiestructuradas
- G. Documentos, estudios y mapas electrónicos generados por la DIGEGR-MAGA
- H. Documentos, estudios y mapas impresos generados por la DIGEGR-MAGA

#### **1.4.4 Recursos Humanos**

- A. Personal del Laboratorio SIG
- B. Personal de Proyecto de Taxonomía de Suelos
- C. Jefes de Departamentos (Laboratorio SIG, Gestión de Riesgo y Administrativo-Financiero)

## **1.5 Resultados**

### **1.5.1 Antecedentes históricos y funcionamiento del MAGA**

La historia del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación- MAGA, inicia con la creación del Decreto Gubernativo número 14, del 24 de agosto de 1871, mismo que estableció un Ministerio de Fomento. Dicho Ministerio tenía las funciones de protección y mejora del comercio, agricultura, ganadería, artes, industrias, obras públicas, líneas telegráficas, caminos, puentes, puertos y además medios de comunicación. Es importante resaltar, que el decreto 14-1871, suprimió el Consulado de Comercio, que venía desempeñando similares atribuciones.

Posteriormente, el 1 de agosto de 1899, se creó la Dirección General de Agricultura, adscrita al Ministerio de Fomento; luego el 2 de abril de 1920, creó la Secretaría de Estado en el Despacho de Agricultura y Trabajo; sin embargo, esta Secretaría no llegó a funcionar, debido al cambio de Gobierno ocurrido el 8 de abril de ese mismo año y los asuntos relacionados con la agricultura siguieron atendiéndose por la Secretaría de Fomento. Finalmente el Ministerio de Agricultura fue creado por el Decreto Legislativo No. 1042, de fecha 21 de mayo de 1920. Durante los años 34 y 35, se denominó Secretaría de Agricultura y Caminos. De 1936 a 1944, se denominó Secretaría de Agricultura. En 1944, se llamó Secretaría de Estado, en el Despacho de Economía y agricultura, por Decreto Gubernativo No. 28 y en diciembre del mismo año, se denominó Secretaría de Agricultura y Minería. En 1945, el Decreto Legislativo No. 93, lo llamó Ministerio de Agricultura, nombre que conservó hasta el año 1981, que con el Decreto Legislativo No. 51-81, le dio la denominación actual de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

Posteriormente con el Decreto 114-97, se definieron nuevas funciones para el MAGA, dentro de las cuales se le involucra al Ministerio en las aplicaciones de normas para actividades agrícolas, pecuarias, hidrobiológicas, forestales y fitozoosanitarias; así como promueve la administración descentralizada y coordinación con los Ministerios de Educación, Economía y la Comisión Nacional del Medio Ambiente-CONAMA (ahora MARN) y fomenta el desarrollo de mecanismos que contribuyan a la seguridad alimentaria de la población.

En el Acuerdo Gubernativo No. 338-2010, se le aplica una re-estructura al MAGA, refiriendo en los artículos 22 y 23, a la estructura interna y las atribuciones de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos-DIGEGR-MAGA.

#### Misión del MAGA

Somos una institución estratégica del Estado, que coadyuva al desarrollo rural integral del país, promueve la certeza jurídica, la transformación y modernización de la agricultura, desarrollando capacidades productivas, organizativas y comerciales de los productores, para lograr la soberanía, seguridad alimentaria y la competitividad, con normas y regulaciones claras para el manejo de productos en el mercado nacional e internacional, bajo los principios de transparencia, subsidiariedad, eficacia, eficiencia, equidad, multiculturalidad e interculturalidad.

La estructura organizacional de MAGA, se presenta a través del organigrama de la institución, el cual puede apreciarse en anexos de este documento.

Es importante mencionar que se cuenta con una Política del MAGA 2011-2015, la cual tiene siete objetivos, de los cuales se relacionan con las actividades de la DIGEGR-MAGA, los siguientes:

#### **A. Eje Político Institucional**

**OBJETIVO ESTRATÉGICO:** Consolidar, fortalecer y modernizar la institucionalidad del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, para implementar las políticas sectoriales y las estrategias regionales en el marco de la Política Nacional de Desarrollo Rural Integral, articulando los programas y presupuestos con la finalidad de contribuir al desarrollo del sector agropecuario y rural integral del país.

## **B. Eje Territorialidad**

OBJETIVO ESTRATÉGICO: Contribuir al desarrollo rural integral mediante la ejecución de programas y proyectos que atienden las condiciones biofísicas, socioeconómicas, políticas y culturales a nivel territorial.

### **1.5.2 Antecedentes históricos de la DIGEGR-MAGA**

La actual DIGEGR-MAGA se originó a partir del año 1999, cuando el MAGA atendió la emergencia nacional suscitada por el huracán Mitch, ejecutando el Programa de Emergencia por Desastres Naturales (PEDN); ente financiado a través de un préstamo por el Banco Interamericano de Desarrollo-BID-, hacia el Gobierno de Guatemala. Posteriormente a dicho Programa, se le adjudicó la ejecución de Estudios para la Prevención de Desastres y Evaluación de Daños, en Cuencas Hidrográficas Estratégicas, siendo dividido en 3 componentes:

- a. Asistencia Técnica y Generación de Información
- b. Estudios y Proyectos en Cuencas Hidrográficas Estratégicas
- c. Montaje de un sistema de Alerta Temprana y Red de Monitoreo

En el año 2001, se consolida el Laboratorio de Información Geográfica del MAGA, a través de una Cooperación Técnica No Reembolsable del Banco Interamericano de Desarrollo-BID y la supervisión de la Unidad de Proyectos de Cooperación Externa y Fideicomisos del MAGA.

En el año 2002, el MAGA gestionó la aprobación de una unidad de carácter permanente, dotada de presupuesto anual y es así como a través del Acuerdo Ministerial No. 750-2002, se crea la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo –UPGGR-, como una Unidad Especial de Ejecución del MAGA; posteriormente en el año 2005, a través del Acuerdo Gubernativo No. 216-2005, se dicta que la UPGGR depende directamente del Despacho Ministerial.

Fue a partir del año 2010, con una re-estructura del MAGA y el Acuerdo Gubernativo 338-2010, donde se establece que la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo, se convierte en la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos- DIGEGR- del MAGA; la cual a la fecha continúa generando información básica para la toma de decisiones, como los estudios de taxonomía de suelos a nivel de semidetalle de los departamentos de Chimaltenango, Sololá y Sacatepéquez. Es importante hacer mención que el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (Laboratorio SIG) ha estado adscrito a la UPGGR y a la DIGEGR-MAGA, generando información base para la toma de decisiones a nivel nacional.

### **1.5.3 Organización y funcionamiento de la Dirección**

La Dirección de Información Geográfica, Estratégica y de Gestión de Riesgos funciona con base a:

#### **1.5.3.1 Misión:**

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

#### **1.5.3.2 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.

#### **1.5.3.3 Objetivo General:**

La Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo, 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. Asimismo, 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.

#### **1.5.4 Funciones de la DIGEGR-MAGA según el Acuerdo Gubernativo 338-2010 con fecha de 19 de Noviembre de 2010**

##### Artículo 23

- A. 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.
- B. 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.
- C. 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.
- D. 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.
- E. 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.
- F. 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.
- G. 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.

- H. Establecer un sistema de información estratégica que incluya estadísticas agropecuarias y de seguridad alimentaria y Gestión de Riesgo, para el análisis del sector y proponer medidas estratégicas y de coyuntura que permitan apoyar los subsectores agrícola, pecuario e hidrobiológico.

Tal como se aprecia en el listado de funciones que se detallan anteriormente, las atribuciones de la Dirección no son solo de generación de información, sino también incluye el aspecto de coordinación interinstitucional como la asistencia y capacitación en aspectos relacionados con información geográfica y estratégica para optimizar las acciones a nivel de campo.

### 1.5.5 Personal de la DIGEGR

La estructura organizativa de la Dirección se presenta en la figura 2.

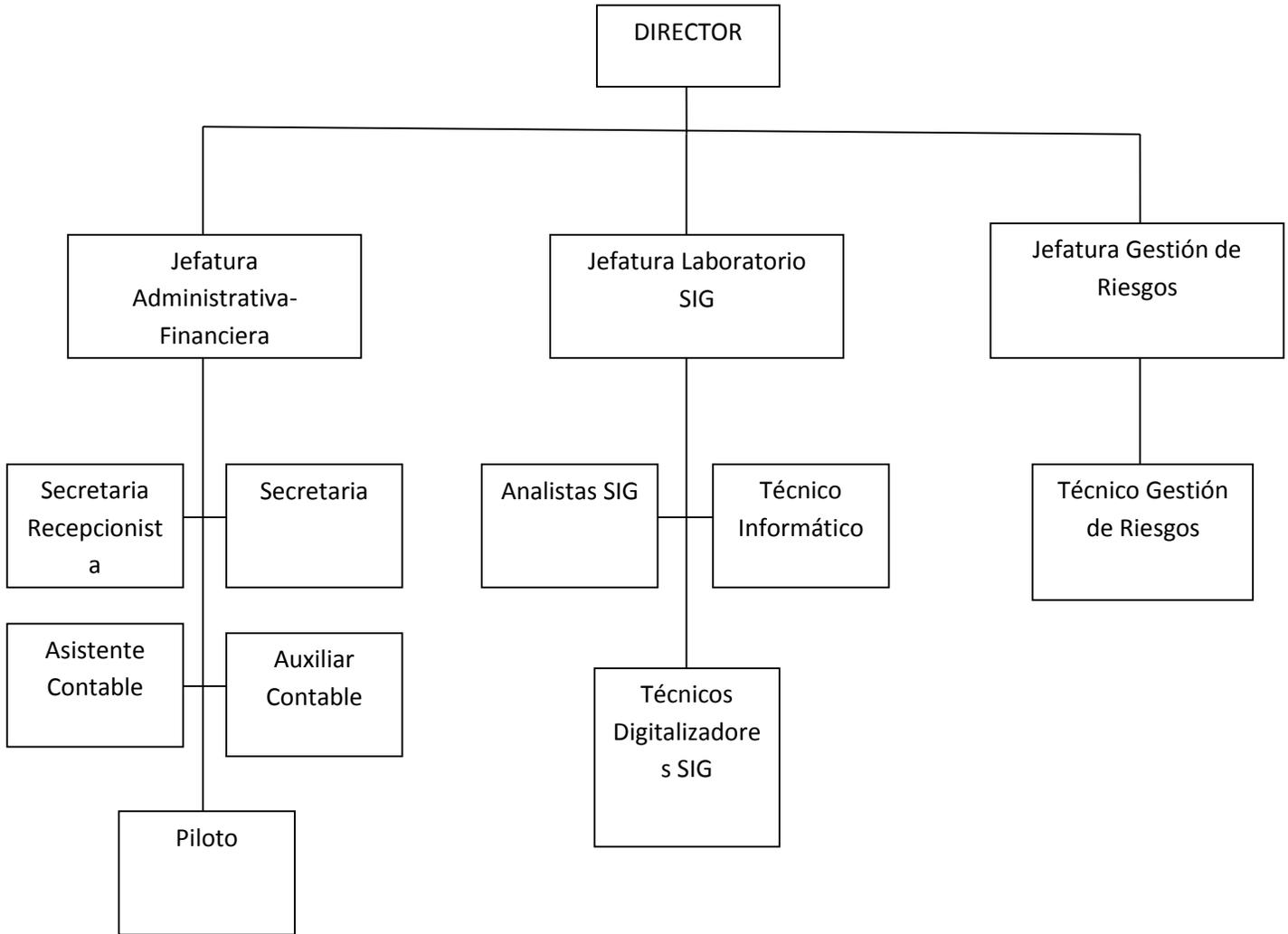


Figura 2

Organigrama de la DIGEGR-MAGA

## **1.5.6 Funciones del Personal**

De acuerdo al organigrama presentado en la figura 2, se presentan las funciones del personal de la DIGEGR-MAGA, iniciando la descripción de dichas funciones con el Director y Jefes de la Dirección.

### **1.5.6.1 Director General**

Establece los cronogramas de ejecución y la supervisión de las actividades de la Dirección; construir el equipo técnico de trabajo de la Dirección, recibe y coordina las respuestas a las necesidades de información de los usuarios para el cumplimiento de los objetivos de la Dirección.

Coordina y supervisa la generación de estudios semidetallados de suelos de la República de Guatemala. Supervisa los análisis espaciales realizados por la Dirección según los criterios técnicos que se definan y supervisan los dictámenes y proyectos que sean elaborados.

Supervisa la calidad técnica de la cartografía digital a realizarse a la escala 1:50,000; y según los estándares de calidad que esta exige, en coordinación con el Instituto Geográfico Nacional de Guatemala –IGN.

Coordina la capacitación de los diferentes técnicos del MAGA e instancias vinculadas que el Despacho Superior del MAGA o vice-ministerios le indiquen, referidos a la temática de información geográfica de su competencia.

Rinde informes de ejecución que le sean requeridos por el Despacho Superior y por las instancias del MAGA vinculadas a la ejecución de los proyectos. Coordina la elaboración del Plan Operativo Anual POA con el personal técnico y administrativo de la Dirección, según los requerimientos del Ministerio y representa al Ministerio, ante las diferentes instancias vinculadas al MAGA y en los ámbitos temáticos de su competencia.

### **1.5.6.2 Jefe administrativo**

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 Informático de Gestión-SIGES y Sistema de Contabilidad Integrada Gubernamental-SICOIN del MAGA.

Apoya al jefe inmediato superior en la realización del Plan Operativo Anual de la Dirección desde el campo de su competencia.

Representa a la DIGEGR-MAGA en reuniones de trabajo administrativo financieras que sean requeridas. Rinde informes cuando se requiera al jefe inmediato superior o a una de las autoridades del MAGA, sobre los avances de ejecución administrativa financiera programada.

Brinda a asistencia administrativa, para mantener el contacto con entidades vinculadas con las cuales mantiene la Dirección convenios suscritos.

Brinda asistencia logística administrativa para realización de capacitaciones en SIG, de técnicos de entidades vinculadas y que la Dirección o el Despacho superior indican.

Formula proyecciones de presupuesto para la ejecución anual en cada ejercicio fiscal.

Mantiene actualizado el inventario de bienes de la DIGEGR-MAGA, con el formato de formularios exigidos por el departamento de Inventarios del MAGA.

Participa en eventos de compras que faciliten en cumplimiento de compromisos de la DIGEGR-MAGA.

Y supervisa el cumplimiento de las actividades del personal a cargo. Personal a su cargo: Secretaria Recepcionista, Secretaria, Asistente Contable, Auxiliar Contable, Piloto y Asistentes Operativos.

### **1.5.6.3 Jefe Técnico del Laboratorio**

Tiene a su cargo el funcionamiento del laboratorio SIG-MAGA; así como la elaboración de bases de datos vinculantes a la información geográfica y cartográfica generada, a partir de las bases de datos espaciales y no espaciales. Personal a su cargo: Técnico informático, Analistas SIG y Técnicos Digitalizadores SIG.

### **1.5.6.4 Jefe técnico de Gestión de Riesgos**

Asiste y apoya técnicamente a los extensionistas del MAGA con dotación y generación de información estratégica agrícola, de recursos naturales renovables y ambientales.

Apoya las actividades de capacitación de la Dirección en lo referente al manejo y generación de información estratégica y gestión de riesgo por desastres naturales.

Apoya a otras instituciones del Estado para generar estadísticas agropecuarias, de seguridad alimentaria y de gestión de riesgos.

A continuación se presentan las funciones del personal técnico y administrativo de los tres departamentos que comprenden la DIGEGR-MAGA.

### **1.5.6.5 Secretaria Recepcionista**

Realiza un estricto control de la correspondencia de entrada y salida, redacción de oficios y seguimiento a las solicitudes de los productos generados.

Recibe, clasifica, codifica y destina a donde corresponda la documentación que ingrese a la Dirección y sus departamentos. Redacta documentos ejecutivos y edición de documentos según se le requiera, lo que incluye la redacción de documentos de memoria de los eventos en que se solicite su presencia.

Recibe llamadas telefónicas, fax, correo electrónico y su envío. Registra la correspondencia saliente en el sistema implementado por el MAGA para control interno.

Realiza el registro de agenda de las actividades que le indique el Director y escanea documentos que le sean requeridos.

#### **1.5.6.6 Secretaria**

Establecer contacto con proveedores para obtención de cotizaciones.

Realiza la recepción, clasificación, codificación y control de la documentación que ingrese al área contable de la DIGEGR-MAGA.

Redacta documentos que le sean requeridos por el área contable de la DIGEGR, lo cual incluye ayuda de memoria, en los eventos donde se requiera de su presencia.

Recibe llamadas telefónicas, fax, correo electrónico y su envío.

Archiva los documentos que sean generados en las operaciones del área contable de la DIGEGR-MAGA.

Apoya en los trámites de documentación, para el pago de honorarios del personal que presta servicios técnicos y profesionales.

Colabora con la preparación de formularios de nombramiento para viáticos del personal que sea autorizado atender una comisión oficial y escanea documentos contables para apoyar en la preparación del soporte digital de gastos realizados.

#### **1.5.6.7 Asistente Contable**

Realizar operaciones de registro contable del presupuesto asignado, a través de la operación de registro de sistema SIGES y SICOIN del MAGA.

Apoyar a su jefe inmediato superior, en la realización de planificación semanal del Departamento de Administración de la DIGEGR-MAGA desde el campo de su competencia.

Realiza control digital que permite establecer saldos de la ejecución en vigencia. Rinde informes cuando se requiera al jefe inmediato superior o a una de las autoridades del MAGA, sobre los avances de ejecución administrativa financiera programada.

Realiza soporte físico de las operaciones que se realicen en la DIGEGR-MAGA y que respalden los movimientos financieros.

Brinda asistencia en asuntos legales sobre elaboración de Addendum, convenios u otras actividades que estén en el campo de la competencia legal que gestione la DIGEGR-MAGA.

Apoyar en la preparación de las proyecciones de presupuesto para la ejecución en cada ejercicio fiscal en las modalidades de cuatrimestre.

Realiza control digital que permite establecer saldos diarios de las operaciones contables que se realicen en la DIGEGR-MAGA.

Prepara documentos mensualmente, para la gestión de pago de honorarios del personal de la DIGEGR-MAGA.

#### **1.5.6.8 Auxiliar Contable**

Realiza operaciones de registro contable del presupuesto asignado a través de la operación de registro del sistema SIGES y SICOIN del MAGA.

Elabora solicitudes de pedido para la compra de suministros.

Genera con SICOIN reportes financieros cuando le sean requeridos. Rinde informes cuando se requiera al jefe inmediato superior a una de las autoridades del MAGA, sobre los avances de ejecución administrativa financiera programada.

Apoya a la preparación de soporte físico de las operaciones que se realicen en la DIGEGR-MAGA y que respalden los movimientos financieros. Y apoya en la generación de órdenes de compra a través del sistema SIGES.

#### **1.5.6.9 Piloto**

Realiza la conducción de los vehículos asignados a la DIGEGR, del MAGA para apoyar al personal técnico administrativo en la movilización para la asistencia en reuniones de trabajo.

Realiza la distribución de correspondencia que genera la DIGEGR del MAGA para las instancias vinculadas.

Realiza encuadernado y fotocopiado de documentos. Apoya en actividades operativas que se le requieran en el campo de su competencia.

#### **1.5.6.10 Analistas SIG**

Realizar análisis espacial de las capas generadas, cuantificando áreas; así como crear y editar mapas e información que se requiera.

#### **1.5.6.11 Técnicos Digitalizadores SIG**

Realización de capas a través de vectorización e ingresos de datos en tablas de atributos.

#### **1.5.6.12 Técnico Informático**

Mantenimiento de hardware, software, equipo de red, internet y página web de la Dirección; así como manejo de bases de datos y realización de back up, cuando así se requiera.

#### **1.5.6.13 Técnico de Gestión de Riesgo**

Asistir y apoyar técnicamente a la jefatura, asistir a Analistas SIG, apoyo en eventos de capacitación en temas de SIG y Gestión de Riesgos.

### **1.5.7 Proyectos de la DIGEGR-MAGA**

Al momento la DIGEGR-MAGA, se encuentra ejecutando 3 proyectos, los cuales se detallan a continuación:

#### **1.5.7.1 Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra de la República de Guatemala, Escala 1:50,000**

Es un proyecto que pretende generar información a escala de semidetalle (1:50,000), de los departamentos de Chimaltenango, Sololá, Sacatepéquez, Guatemala, Escuintla, Totonicapán, San Marcos y Quetzaltenango; y con ello llenar el vacío de información que suelos existente en el país. El último estudio de suelos lo realizó Simmons, Táran y Pinto (1959), con una escala de reconocimiento (1:250,000). A la fecha se han generado los Estudios Semidetallados de los suelos de los departamentos de Chimaltenango, Sololá y Sacatepéquez. Para la realización de dicho proyecto el MAGA, suscribió el convenio de cooperación No.43-2006 de fortalecimiento interinstitucional, con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de la República de Colombia- IGAC-, a través del cual el IGAC se compromete a brindarle al MAGA la asesoría, capacitación, acompañamiento y supervisión en todos los procesos hasta la edición final de los estudios de suelos.

A la fecha se estima que se tiene 63% de la ejecución del proyecto, el cual se contempla finalizar en aproximadamente cuatro años.

### **1.5.7.2 Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (2010)**

Este proyecto contempla la elaboración del Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra para el año 2010, a escala 1:50,000, el cual se obtuvo a través del fotoanálisis con fotografías aéreas del año 2006 e imágenes Aster 2010, el cual fue validado a nivel municipal. Para la leyenda de dicho mapa se utilizó el método Corine Land Cover, el cual es de procedencia inédita. Para la elaboración de dicho Mapa se contó con el apoyo de las siguientes instituciones: Instituto Nacional de Bosques-INAB, Universidad del Valle de Guatemala-UVG, Instituto Geográfico Nacional-IGN, Consejo Nacional de Áreas Protegidas-CONAP, Instituto de Cambio Climático-ICC, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional-USAID, Programa Mosca del Mediterráneo-MOSCAMED, Estimación del Impacto de Amenazas Climáticas para Centro América-MFEWS, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente-IARNA y la Asociación Nacional del Café-ANACAFE. A la fecha se encuentra finalizado, publicado, socializado y oficializado.

### **1.5.7.3 Encuesta Nacional Agropecuaria 2013**

En el caso de este proyecto, es el primer año que el MAGA se involucra con el Instituto Nacional de Estadística-INE-, con el objetivo de generar información de mayor precisión y confiabilidad, para lo cual se delegó a la DIGEGR-MAGA con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, quien contrató el apoyo de un consultor para el proceso recientemente establecido a requisición del MAGA. El proceso contempla la elección de 1,500 segmentos, los cuales deben ser visitados por los encuestadores del INE para delimitar áreas en las imágenes de ortofotos, las cuales se han estado digitalizando por el personal del Laboratorio SIG y con ello se podrá calcular el área de los polígonos. Posteriormente en las áreas agrícolas, serán los promotores de la Dirección de Coordinación Regional-DICORER-MAGA, quienes en época de cosecha levantarán la información de producción; y con ello contar con datos confiables de rendimientos de cultivos establecidos en cada segmento.

### 1.5.8 Productos de la DIGEGR-MAGA

Los productos generados por la DIGEGR-MAGA a la fecha se detallan a continuación:

- A. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sacatepéquez (2013)
- B. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sololá (2013)
- C. Fichas técnicas municipales para el Plan Hambre Cero (2012 y 2013)
- D. Priorización de municipios a través del índice de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria y nutricional de la población de Guatemala (IVISAN-2011)
- E. Diagnóstico de la región occidente de Guatemala (2011)
- F. Evaluación del Potencial de aguas subterráneas de la República de Guatemala a escala de reconocimiento (1:250,000), como apoyo al desarrollo del riego para la producción agrícola en comunidades de pequeños y medianos productores (2011)
- G. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Chimaltenango (2010)
- H. Diagnóstico a nivel macro y micro del corredor seco y definición de las líneas estratégicas de acción del MAGA (2010)
- I. Diagnóstico de la Franja Transversal del Norte y definición de líneas estratégicas del MAGA (2010)
- J. Descripción de posibilidades de nuevos cultivos de acuerdo a las condiciones geográficas de distintos sectores de Petén (2010)
- K. Hojas cartográficas actualizadas en formato raster (2010)
- L. Mapa de Cuencas Hidrográficas a escala 1:50,000 de la República de Guatemala, Memoria Técnica (2009)
- M. Atlas temático departamental (2009)
- N. Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala del año 2003 (2006)
- O. Ortofotos digitales (2006)
- P. Clasificación de municipios para el desarrollo de obras viales prioritarias (2005)
- Q. Proyecto de Factibilidad para generar el Mapa de Clasificación Taxonomica de Suelos y Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra, a Escala 1:50,000 de la República de Guatemala (2005)
- R. Proyecto de Inversión: Obtención de Imágenes Digitales a Escala de Detalle de la República de Guatemala (2005)

- S. Proyecto de Inversión: Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra a Escala 150,000 de la República de Guatemala (fase I y II) (2005)
- T. Atlas Temático de la República de Guatemala (Serie de Recursos Naturales, Sociales, Productivos, Amenazas y Vulnerabilidad (2005)
- U. Desarrollo rural de Chimaltenango focalizado en la Cuenca del Xayá – Pixcayá (2004)
- V. Programa de fomento forestal en cuencas altas de Guatemala (2004)
- W. Ubicación, Identificación y Selección de Áreas Forestales en 10 Cabeceras de Cuenca que cubre el Proyecto Piloto de Apoyos Forestales Directos (PFFAD) cartografiadas digitalmente a escala 1:50,000 (2004)
- X. Protocolos de Acción de Plan de Emergencia por Desastres Naturales (2003)
- Y. Atlas Temático de las Cuencas Hidrográficas de Guatemala (2003)
- Z. Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra de la República de Guatemala (2003)
- AA. Estrategia Forestal para Contribuir a Reducir la Pobreza Rural en Guatemala (2002)
- AB. Estimación de Amenazas Inducidas por Fenómenos Hidrometeorológicas de la República de Guatemala (2002)
- AC. Identificación de Áreas Aptas para el Desarrollo de 20 Cultivos Promisorios a Nivel Nacional (2002)
- AD. Atlas Temático de la República de Guatemala (2002)
- AE. Cartografía y Análisis de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria en Guatemala (2002)
- AF. Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000, Memora Técnica (2001)
- AG. Determinación Preliminar de Áreas Adecuadas para el Establecimiento de Viveros (2001)
- AH. Caracterización de los Municipios de Camotán, Jocotán y Olopa y Potencialidad para el Desarrollo de Cultivos (2001)
- AI. Base de Datos Digital de la República de Guatemala a escala 1:250,000 (2001)
- AJ. Priorización de Áreas Estratégicas y regiones del Altiplano Central y Occidental del País (2001)
- AK. Plan de Emergencia MAGA (2001)
- AL. Estimación de los daños en el sector agropecuario y consecuencias previsibles, causadas por irregularidades en las precipitaciones en Guatemala (2001)

- AM. Primera aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala a escala 1:250,000 Memoria Técnica (2000)
- AN. Modelos de elevación en formatos raster (2007)

## **1.6 Análisis de la Problemática de la DIGEGR-MAGA**

Dentro de la DIGEGR-MAGA se ha generado diversidad de información básica y estratégica para la toma de decisiones tanto a nivel municipal, departamental y nacional; información que es solicitada por diferentes tipos de instituciones con diferentes finalidades. Toda esta información es generada por todos los empleados de los distintos departamentos de la DIGEGR-MAGA.

Recientemente se han generado los estudios semidetallados de suelos en Chimaltenango, Sololá y Sacatepéquez; siendo el estudio de Chimaltenango, el único al que se le realizó un análisis de la utilidad y usos de dicho estudio, a través de una encuesta vía telefónica; sin embargo, a la fecha no se ha hecho un análisis del uso y utilidad de los estudios de suelos de los departamentos de Sololá y Sacatepéquez lo que deja un vacío de información para retroalimentar los estudios que se generarán posteriormente.

Respecto al componente de Gestión de Riesgos, podría fortalecerse a través de la información básica y estratégica que se ha generado a través de los estudios semidetallados de suelos; mismos que pueden ser de gran utilidad; ya que dichos estudios detallan aspectos importantes de la formación de los suelos, la cual puede utilizarse como indicador de identificación de áreas susceptibles a deslizamientos.

### **1.6.1 Priorización de problemas**

- A. Ausencia de propuestas de acciones ante deslizamientos en el departamento de Sololá; ya que es el único Estudio Semidetalle de Suelos, que cuentan con un mapa de deslizamientos, producto de la fotointerpretación de las ortofotos del año 2006; mostrando claramente las cicatrices formadas producto de la tormenta tropical Stan (octubre 2005).

- B. Carencia de análisis de los usos y utilidad de los estudios semidetallados de suelos de los departamentos de Sololá y Sacatepéquez.
- C. Ciertos productos generados en el Laboratorio SIG, requieren de menor tiempo en la entrega, ya que son considerados de carácter urgente y prioritario; pues son solicitudes que se hacen al Laboratorio SIG, debido a emergencias por desastres naturales o bien son solicitudes de altas autoridades de estado (presidencia, vice-presidencia, ministros y vice-ministros); productos que son solicitados para la toma de decisiones estratégicas a nivel nacional.

### **1.6.2 Soluciones potenciales**

- A. Se hace necesario realizar un análisis de la relación de las propiedades físicas de los suelos y un registro de datos de precipitación pluvial del departamento de Sololá, con el objetivo de identificar áreas susceptibles a deslizamientos; ya que de los tres departamentos con estudio de suelos es el más susceptible a dicho desastre y que más vidas humanas ha cobrado; además de las pérdidas de infraestructura y económica que se ha provocado por dichos eventos.
- B. Se hace necesario analizar los usos y utilidad de los estudios semidetallados de los suelos en los departamentos de Chimaltenango, Sololá y Sacatepéquez, con el objetivo de retroalimentar y fortalecer los próximos estudios de suelos pendientes de realizar. Dicho análisis puede realizarse a través de encuestas a usuarios que han sido capacitados por la DIGEGR-MAGA en el uso y manejo de los estudios; así como entrevistas a usuarios que únicamente han solicitado y obtenido una copia de dichos estudios.
- C. Apoyar al Laboratorio SIG con los productos que requieran menor tiempo de entrega y que sean de carácter urgente y de prioridad; pues son solicitudes que se hacen al Laboratorio SIG, debido a emergencias por desastres naturales o bien son solicitudes de altas autoridades de estado (presidencia, vice-presidencia, ministros y vice-ministros); productos que son solicitados para la toma de decisiones estratégicas a nivel nacional.

## 1.7 Conclusiones y Recomendaciones

### 1.7.1 Conclusiones

Se identificaron las funciones y productos generados por la DIGEGR, dentro de los cuales se identificaron los siguientes servicios:

- A. Análisis de utilidad y uso de todos aquellos usuarios capacitados por la Dirección en el manejo y uso de los estudios semidetallados de suelos de los departamentos de Chimaltenango, Sololá y Sacatepéquez.
- B. Análisis de utilidad y uso de todos aquellos usuarios no capacitados en el uso de los estudios semidetallados de suelos que cuentan con copia de dichos estudios.
- C. Apoyo en ubicación geográfica de los Centros de Aprendizaje de Desarrollo Rural-CADER del departamento de Quiché en una capa formato shp.

Asimismo, se identificó el siguiente punto de investigación:

Análisis de la amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá, durante la tormenta tropical Stan (Octubre de 2005) y propuesta del manejo de la tierra con base en el estudio semidetallado de suelos del departamento de Sololá, generado por la DIGEGR-MAGA.

### 1.7.2 Recomendaciones

- A. Elaborar un plan de servicios que contribuya a minimizar las limitantes identificadas en el diagnóstico.
- B. Desarrollar el análisis del uso y utilidad de los estudios semidetallados de suelos al menos cada dos años, con el objetivo de no perder contacto con los usuarios de dicho producto.
- C. Identificar las áreas con amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá; ya que dicho departamento cuenta con estudio semidetallado de suelos.
- D. Plantear propuesta de acciones departamentales que mitiguen las consecuencias de los deslizamientos en el departamento de Sololá.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2002. Reglamento de operatividad y funciones de la unidad. Guatemala. 25 p.
2. \_\_\_\_\_. 2015. Historia del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación-MAGA (en línea). Guatemala. Consultado 24 ene 2014. Disponible en: <http://web.maga.gob.gt/historia/>
3. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos, GT). 2015. Historia de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos –DIGEGR- (en línea). Guatemala. Consultada 24 ene 2014. Disponible en: <http://www.sigmaga.com.gt>
4. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.



## 1.9 ANEXOS





## **CAPÍTULO II**

**Análisis de la amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá, durante la tormenta tropical Stan (Octubre de 2005) y propuesta de manejo de la tierra**

**Threat analysis of landslides in Solola, during the tropical storm Stan (October 2005) and proposal of land management**



## **2 Análisis de la amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá, durante la tormenta tropical Stan (Octubre de 2005) y propuesta de manejo de la tierra**

### **2.1 PRESENTACIÓN**

En el presente trabajo de investigación, se realizó un análisis de la amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá, ocurridos durante la Tormenta Tropical Stan (Octubre de 2005) para lo cual se tomó como base el Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá, elaborado por el MAGA-DIGEGR (2013), así como los datos oficiales de precipitación pluvial de estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología-INSIVUMEH y la Empresa Municipal de Agua de Guatemala-EMPAGUA, (El Tablón, El Capitán y Santiago Atitlán, del departamento de Sololá y de las estaciones Balanyá y Palamá del departamento de Chimaltenango, Chinique, Choaxán, Sacpulub y Chipacá del departamento de Quiché, Labor Ovalle del departamento de Quetzaltenango y Camantulul del departamento de Escuintla); además se identificaron las áreas en las que han ocurrido dichos eventos; así como la probabilidad de que dichos eventos se repitan y se plantearon lineamientos de manejo que ayuden a la reducción del riesgo a deslizamientos en el departamento de Sololá.

La metodología planteada por Mora Castro y Vahrson (1994), la cual incluye el análisis de cinco índices: relieve relativo, litología, humedad del suelo, sismos y lluvias intensas. Todo el análisis fue realizado con el programa ArcGis® y para ello se utilizaron formatos tanto raster como shapes; con los cuales se obtuvo el mapa de amenaza a deslizamientos del departamento y realizando un intersección con la capa de capacidad de uso de los suelos, del estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sololá, se definieron las prácticas de conservación de suelos que se recomienda implementar; asimismo, se recomienda a la población y autoridades del departamento realizar coordinaciones para organizarse dentro de las distintas instancias de emergencia, tanto a nivel local como departamental y nacional; esto con el fin de que reduzca el riesgo de deslizamientos y con ello proteger vidas humanas, así como mitigar los impactos en infraestructura y socio-economía de los habitantes del

departamento; ya que según el INSIVUMEH (2006), existen antecedentes históricos que desde el año 1900 al año 2005, han ocurrido tres situaciones parecidas al caso del soterramiento del Cantón Panabaj en el Municipio de Santiago Atitlán, ocurrido el 5 de octubre de 2005. Estos eventos han sido relacionados con temporadas de fuertes lluvias asociadas a tormentas tropicales y huracanes.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

Según el Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá (DIGEGR-MAGA 2013), los deslizamientos de tierra son una clase de Movimientos en Masa, que suceden en la superficie de la tierra, movimientos que se constituyen por suelo, roca y diferentes materiales que se encuentran en la superficie terrestre.

### **2.3.1 Deslizamiento**

Según Mora Chinchilla (2013) los deslizamientos son la principal manifestación de los movimientos en masa, los cuales son procesos de la geodinámica externa.

En los materiales desplazados sobreyacen dos sectores distintos. El sector de pérdida que es el material desplazado que descansa bajo la superficie original del terreno; y el sector de acumulación, es el área donde el material desplazado descansa sobre la superficie del terreno. Según Mora (2013), los tipos de movimientos de los deslizamientos pueden ser: caídas, basculamientos, separaciones laterales, deslizamientos o flujos; sin embargo en el departamento de Sololá se presentan mayoritariamente las caídas de rocas, los flujos de detritos; así como los de movimientos rotacional y traslacional; mismos que pueden apreciarse en las figuras de la 4 a la 8.



**Figura 4** Caída de rocas

**Fuente: Corpocaldas (2006)**

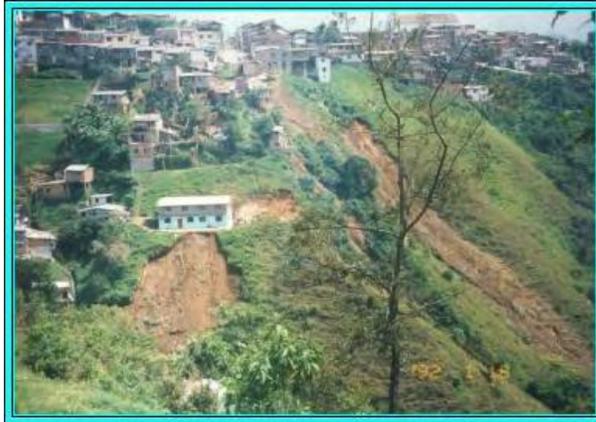
El movimiento de caída de rocas se da en pendientes muy fuertes o escarpadas y se mueven en caída libre, dando tumbos y rodando ladera abajo; en tanto el movimiento rotacional se da donde la superficie de ruptura es curva, la masa rota hacia atrás alrededor de un eje paralelo a otra ladera. Lo cual puede apreciarse en la figura 5.



**Figura 5** Deslizamiento rotacional

**Fuente: Corpocaldas (2006)**

El movimiento translacional se da con una superficie de ruptura más o menos plana o suavemente ondulada, tal como se aprecia en la figura 6.



**Figura 6** Deslizamiento translacional

**Fuente: Corpocaldas (2006)**

Los flujos de detritos, son todos aquellos deslizamientos que pueden presentar más de un tipo de movimiento. Tal como se aprecia en la figura 7.



**Figura 7** Flujo de detritos (San Antonio Palopó)

**Fuente: Prensa Libre (2012)**

### 2.3.2 Partes de un deslizamiento

Según Varnes (1978), las partes de los deslizamientos se presentan en la figura 8 y se describen a continuación.

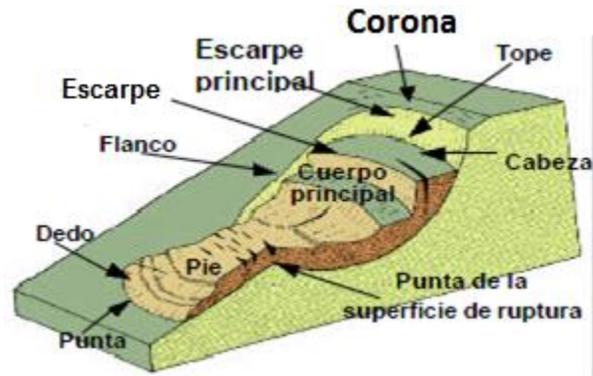


Figura 8 Partes de los deslizamientos

Fuente: Varnes (1978)

#### 2.3.2.1 Corona

Según Varnes (1978), es el sector de la ladera que no ha fallado y se ubica arriba del deslizamiento, la cual puede presentar grietas denominadas grietas de corona.

#### 2.3.2.2 Escarpe principal

Según Varnes (1978), es la superficie de pendiente muy fuerte, localizada en el límite del deslizamiento, la cual es originada por el material desplazado de la ladera. Sin embargo si el escarpe se proyecta bajo el material desplazado, se obtiene la superficie de ruptura.

#### 2.3.2.3 Escarpe menor

Según Varnes (1978), es la superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por movimiento diferencial dentro de este material.

#### 2.3.2.4 Punta de la superficie de ruptura

Según Varnes (1978), es la intersección que ocasionalmente está cubierta, de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

### **2.3.2.5 Cabeza**

Según Varnes (1978), es la parte superior del material desplazado a lo largo de su contacto con el escarpe principal.

### **2.3.2.6 Tope**

Según Varnes (1978), es el punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

### **2.3.2.7 Cuerpo principal**

Según Varnes (1978), es la parte del material desplazado que sobreyace la superficie de ruptura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de ruptura.

### **2.3.2.8 Flanco**

Según Varnes (1978), se refiere al lado del deslizamiento.

### **2.3.2.9 Pie**

Según Varnes (1978), es la porción de material desplazado que descansa ladera abajo desde la punta de la superficie de ruptura.

### **2.3.2.10 Dedo**

Según Varnes (1978), es el margen del material desplazado más distante del escarpe principal.

### **2.3.2.11 Punta**

Según Varnes (1978), es el punto en el pie más distante del tope del deslizamiento.

### **2.3.2.12 Ruptura en avance**

Según Varnes (1978), ampliación del deslizamiento en la dirección del movimiento y en caso de que la ampliación se dé en ambas direcciones, se le denomina término progresivo.

### **2.3.3 Tipos de materiales**

Los deslizamientos involucran desplazamientos tanto de roca como suelo, o bien puede ser una combinación de roca y suelo (Mora, 2013).

### **2.3.4 Causas vinculantes con la generación de deslizamientos**

Las causas vinculantes según el Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá (MAGA-DIGEGR, 2013), establece que sobresalen y se establecen en cuatro temas, que se detallan a continuación.

#### **2.3.4.1 Geológicas y geomorfológicas**

En este se establece el tipo de rocas y su fracturamiento, así como la densidad de fallas, geoformas, sismicidad, pendientes, espesor, tipo y clase de recubrimiento superficial. Estos factores tienen una ponderación de 35% en la ocurrencia de deslizamientos.

#### **2.3.4.2 Suelos**

En este factor debe tomarse en cuenta el tipo y grado de desarrollo; así como espesor, granulometría, grado de cohesión, resistencia al corte, permeabilidad, retención de humedad, contenido de materiales orgánicos, discontinuidades entre los materiales y si influyen en la conducción del agua. Este factor tiene una ponderación del 15% en la ocurrencia de los deslizamientos.

#### **2.3.4.3 Antrópicas**

Este factor comprenden la cobertura, uso y manejo de las tierras, impacto de obras civiles y culturales. Este factor tiene una ponderación del 15% en la ocurrencia de los deslizamientos.

#### **2.3.4.4 Climáticas**

Distribución de la precipitación pluvial en el año, épocas de concentración, agresividad de las lluvias, relación entre su intensidad y duración. La precipitación pluvial ha sido considerada una variable dinámica, comparada con las anteriormente descritas y es importante resaltar que se ha conceptualizado como condicionante del fenómeno de deslizamiento por lo que tiene una ponderación del 35% en la ocurrencia de los deslizamientos.

### 2.3.5 Precipitación pluvial

Parte importante del ciclo hidrológico, generada cuando las nubes alcanzan un punto de saturación y las gotas de agua aumenta de tamaño hasta alcanzar el punto en que se precipitan por la fuerza de gravedad (Instituto Meteorológico Nacional, 1994).

#### 2.3.5.1 Método Gumbel

Se utiliza para calcular el valor máximo que se requiere determinar para un determinado período de retorno y se determina por medio de la siguiente expresión:

$$X = X_m + D x = x_m + k \cdot S_{n-1}$$

Donde:

X: Valor máximo de precipitación para un período de retorno T.

$X_m$ : Media de la serie de valores máximos

D x: Desviación respecto a la media, que se estima mediante el producto  $k \cdot S_{n-1}$

K: Factor de frecuencia, que indica el número de veces de desviación típica en que el valor extremo considerado excede a la media de la serie.

$S_{n-1}$ : Desviación estándar, desviación típica de los valores extremos.

El valor de la variable "K" se estima a partir del conocimiento del período de retorno en años y del número de años disponibles en la serie. Así:

$$k = (Y_T - Y_n) / S_n$$

Donde:

$Y_T$ : Variable de Gumbel para el período de retorno T. Se determina a partir del valor del período de retorno. El valor se puede obtener de la tabla adjunta.

$$Y_T = -\ln \ln (T/T-1).$$

$Y_n$ : valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tablas.

$S_n$ : valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tablas.

### **2.3.6 Riesgo**

Es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre; ya que la amenaza o vulnerabilidad no representa un peligro por separado; sin embargo se unen se convierten en un riesgo; por lo que puede decirse que la suma de la amenaza y la vulnerabilidad tiene como resultado el riesgo (Soldano, 2009).

### **2.3.7 Amenaza**

Es la presencia de un fenómeno natural o causado por las actividades humanas que pone en peligro un conjunto de personas o el entorno ambiental (Soldano, 2009).

#### **2.3.7.1 Tipos de amenaza:**

Pueden ser naturales (causados por fenómenos naturales), socio-naturales (causados por fenómenos naturales pero interviene la mano del hombre en su ocurrencia e intensidad) o antrópicas (modificaciones de la naturaleza provocadas directamente por la mano del hombre).

#### **2.3.7.2 Clasificación de amenaza**

Alta (áreas afectadas con mayor intensidad), media (áreas afectadas con mediana intensidad) y baja (afectación con intensidad es baja).

### **2.3.8 Vulnerabilidad**

Susceptibilidad de los sistemas naturales, sociales o económicos al impacto de un peligro natural o bien inducido por el hombre (Soldano, 2009).

### **2.3.9 Huracán**

Manifestación violenta del clima con lluvias intensas y vientos que superan los 119 Km/hora, se originan de aire caliente y húmedo que viene del océano e interacciona con aire frío; por lo que las corrientes giran y se trasladan en una hora de 10 Km a 50 Km, en un área de influencia de 100 Km de diámetro (Instituto Meteorológico Nacional, 1994).

### **2.3.10 Tormenta Tropical**

Fenómeno meteorológico que alcanza vientos que van desde 63 a 118 Km/ hora; provocando fuertes vientos y abundantes lluvias (Instituto Meteorológico Nacional, 1994).

### **2.3.11 Tormenta**

Es un fenómeno que se produce en la atmósfera en presencia conjunta y próxima de dos masas de aire con diferentes temperaturas y se producen fuertes truenos acompañados de lluvias fuertes (Instituto Meteorológico Nacional, 1994).

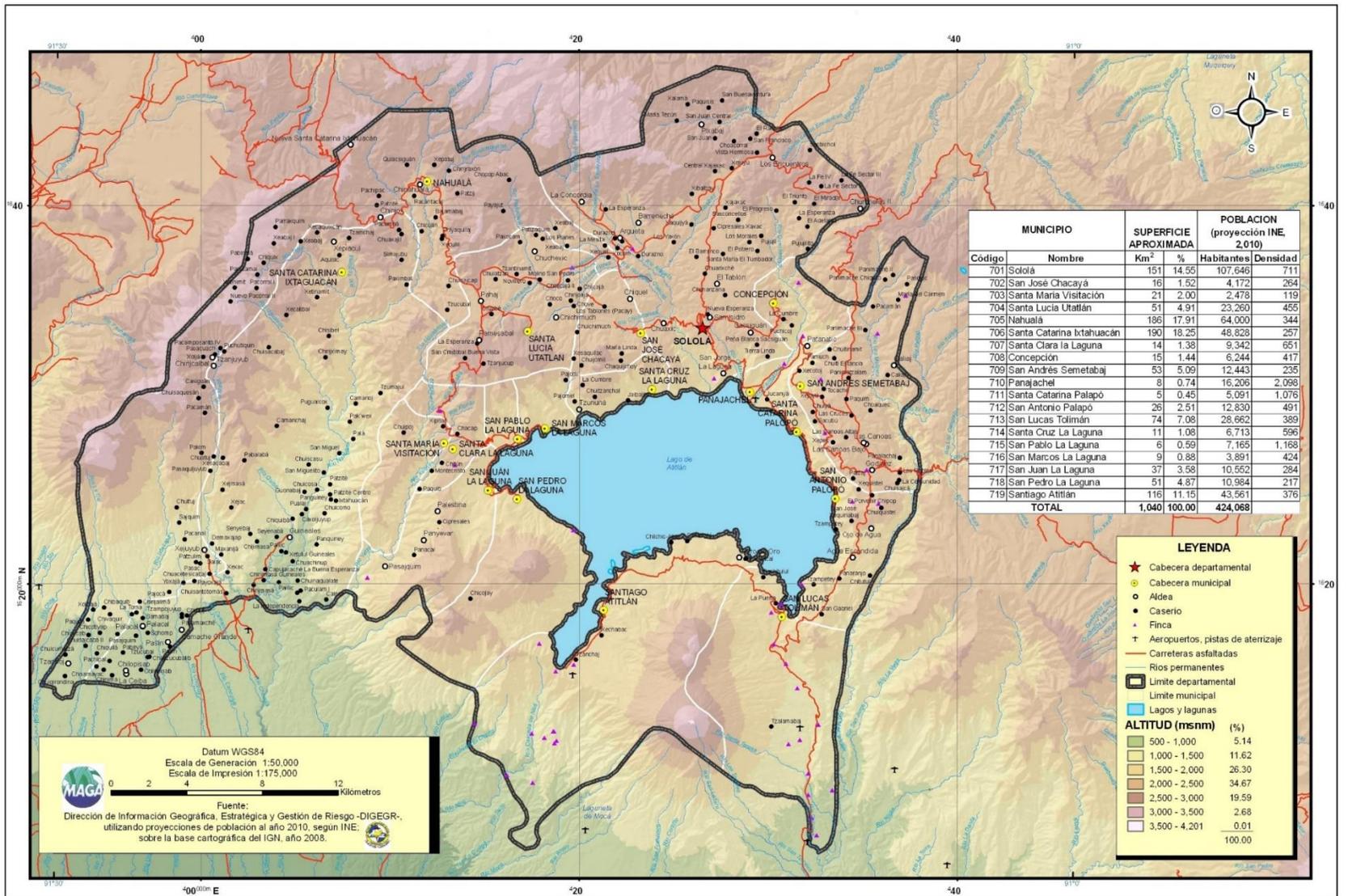
## **2.4 MARCO REFERENCIAL**

La investigación se realizó en el departamento de Sololá, ubicado en la región Sur-occidente del país, colinda al norte con los departamentos de Totonicapán y Quiché, al sur con Suchitepéquez, al este con Chimaltenango y al oeste con Suchitepéquez y Quetzaltenango.

### **2.4.1 Localización y extensión del departamento de Sololá**

El departamento de Sololá se sitúa a 140 Km de la ciudad de Guatemala; la mayor parte del territorio departamental se ubica sobre la Sierra Madre, con paisajes característicos en los que figuran los volcanes de Atitlán (3,537 msnm), Tolimán (3,158 msnm) y San Pedro (3,020 msnm). El departamento de Sololá tiene una extensión territorial, incluyendo el Lago de Atitlán de 1,166.80 Km<sup>2</sup>; (según el Diccionario Geográfico del Instituto Geográfico Nacional).

En la figura 9, se presenta el mapa base del departamento de Sololá, en el cual se puede apreciar la cantidad de áreas pobladas que están en el departamento.



Fuente: MAGA-DIGEGR, 2004  
 Figura 9 Mapa base del departamento de Sololá

Asimismo se aprecia que 10 de las 19 cabeceras municipales, tienen acceso tanto por vía terrestre como acuática, siendo estas: Santa Cruz La Laguna, San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna, San Juan La Laguna, San Pedro La Laguna, Santiago Atitlán, San Lucas Tolimán, Panajachel, Santa Catarina Palopó y San Antonio Palopó.

#### 2.4.2 División político-administrativa

Según el Decreto 70-86 del Congreso de la República (1986), el país se divide en 8 regiones y en la región Suroccidental se ubica el departamento de Sololá, el cual tiene 19 municipios, los cuales se detallan en el cuadro 1.

**Cuadro 1 División político-administrativa municipal del departamento de Sololá**

<b>Código Municipal</b>	<b>Nombre de Municipio</b>	<b>Extensión en Km<sup>2</sup></b>	<b>% de Área</b>
701	Sololá	151.88	13.0
702	San José Chacayá	15.84	1.4
703	Santa María Visitación	20.83	1.8
704	Santa Lucía Utatlán	51.24	4.4
705	Nahualá	186.84	16.0
706	Santa Catarina Ixtahuacán	190.41	16.2
707	Santa Clara La Laguna	14.41	1.2
708	Concepción La Laguna	15.03	1.3
709	San Andrés Semetabaj	53.15	4.6
710	Panajachel	7.75	0.7
711	Santa Catarina Palopó	4.75	0.4
712	San Antonio Palopó	26.21	2.2
713	San Lucas Tolimán	73.94	6.3
714	Santa Cruz La Laguna	11.31	1.0
715	San Pablo La Laguna	6.16	0.5
716	San Marcos La Laguna	9.22	0.8
717	San Juan La Laguna	37.30	3.2
718	San Pedro La Laguna	50.83	4.4
719	Santiago Atitlán	116.30	10.0
Sin código	Lago Atitlán	123.40	10.6
<b>TOTAL DE ÁREA</b>		<b>1,166.80</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá

### **2.4.3 Aspectos biofísicos del departamento de Sololá**

#### **2.4.3.1 Clima**

En la parte norte del departamento predominan temperaturas que van desde los 8 a los 15.5°C, en la región central, la temperatura oscila entre 15.0 a 18.5°C; mientras que la parte sur del departamento tiene temperaturas de 18.0 a 23°C. Respecto a las precipitaciones medias anuales varían de 1,000 a 1,600 mm y generalmente se presentan desde mediados de abril hasta mediados de noviembre (MAGA-DIGEGR, 2011).

#### **2.4.3.2 Geomorfología y paisajes identificados**

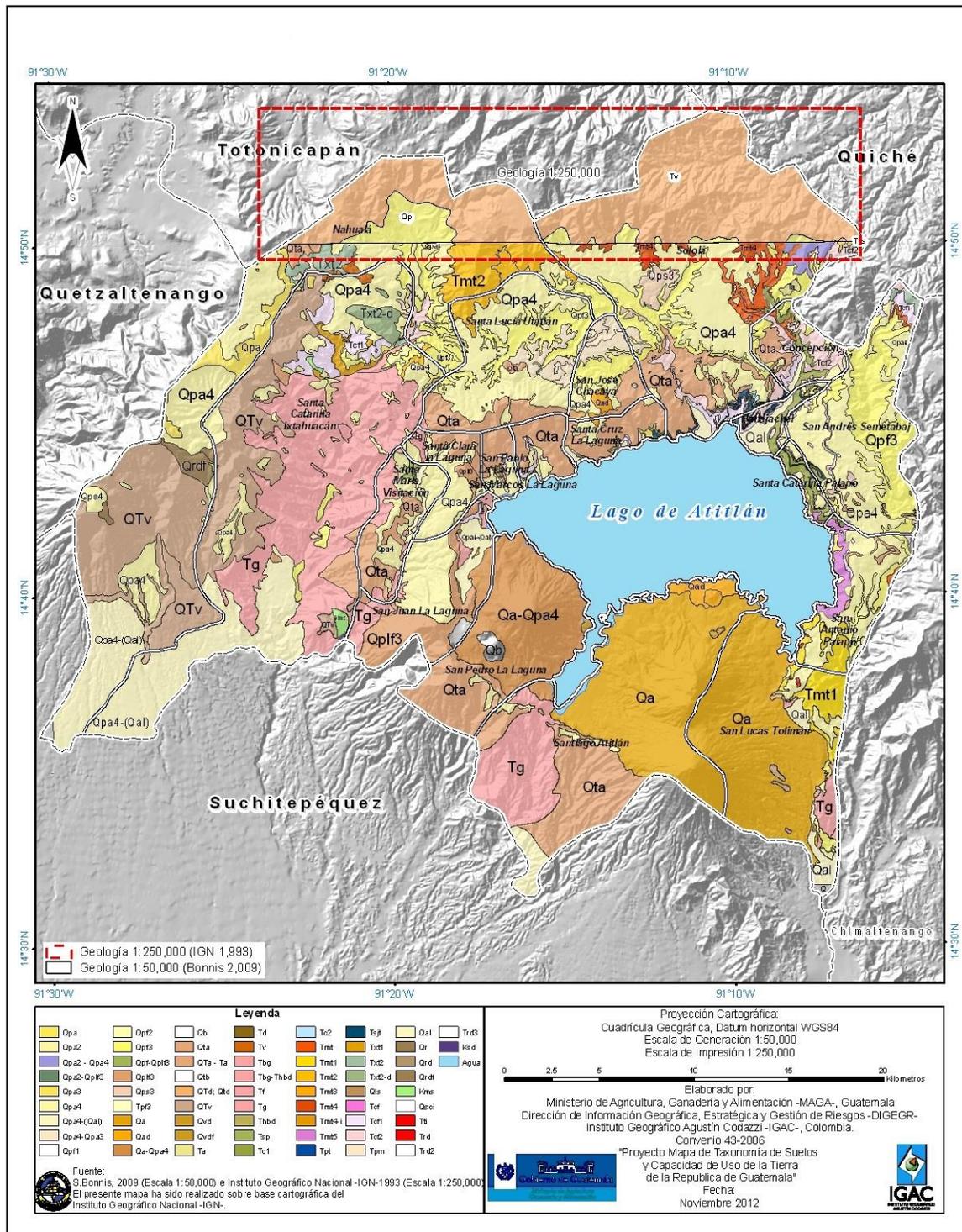
El departamento se encuentra ubicado en la geoestructura Tierras Altas Volcánicas y en el Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá (MAGA, 2013) a través de fotoanálisis se determinaron tres tipos de paisajes: Montaña volcanoerosional con una extensión de 91,164 ha (78.1% del área del departamento). El paisaje Altiplano hidro-volcánico con una extensión de 9,355 ha (8.0%) y la región Pie de monte hidro-volcánico tiene una extensión de 3,821 ha (3.3%). Es importante resaltar que el 10.6% del área departamental equivalente a 12,340 ha, lo ocupa el Lago de Atitlán enclavado en el paisaje Montaña volcanoerosional.

#### **2.4.3.3 Geología del departamento**

La composición geológica del departamento de Sololá, en el Estudio Semidetallado de los Suelos del departamento de Sololá (MAGA-DIGEGR, 2013), ha sido analizada a partir de los mapas geológicos del departamento de Sololá a escala 1:50,000 (IGN, 2008) y a escala 1:250,000 (IGN, 1993). Esto se realizó debido a que el 80.2% del área departamental contaba con la referencia de estudio geológico a semidetalle (1:50,000); mientras que el 9.2% únicamente se cuenta con información a escala 1:250,000. Es importante resaltar que el 10.6% del área departamental la ocupa el Lago de Atitlán.

A continuación se detalla la información sobre el 80.2% del área del departamento, la cual fue analizada a una escala de semidetalle. El 31.74% del territorio departamental equivalente a 37,036 ha corresponde a piroclastos. El 29.66% con 34,607 ha

corresponde a flujo de lava, pirocláastos y lodo asociados con complejos estrato volcánicos. El 9.49% lo ocupan las rocas graníticas con un total de 11,077 ha, el 5.28% corresponde a tobas con 6,165 ha. El 2.55% corresponde a sedimentos de rellenos de calderas con 1,212 ha; el 1.04% corresponde a aluvión pómez con 373 ha; el restante 0.45% lo componen metasedimentos, brechas intrusivas, diques anuales félsicos y, carbonatos (MAGA-DIGEGR, 2013), tal como se presenta en la figura 10.



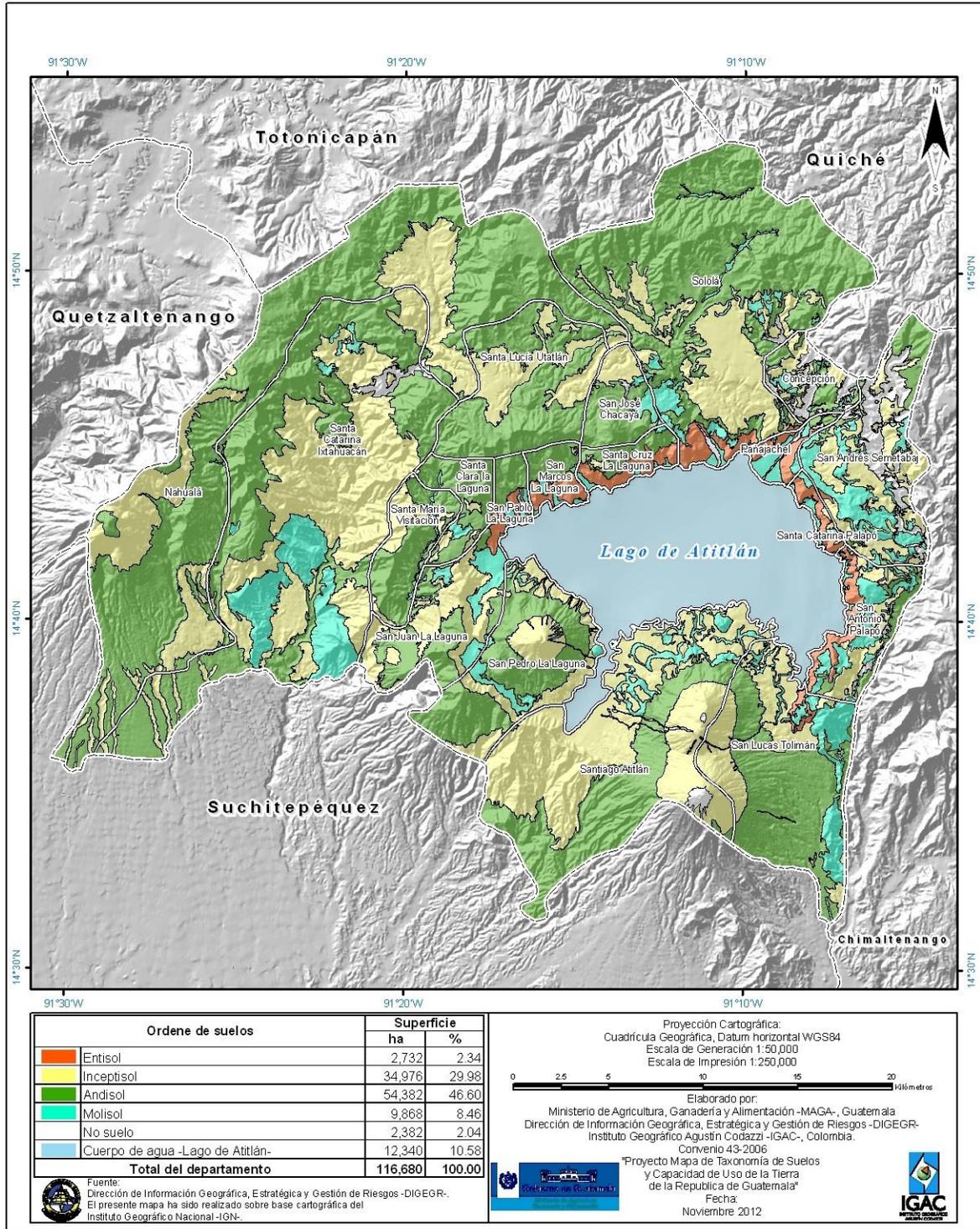
Fuente: MAGA-DIGEGR, 2013

**Figura 10** Mapa geológico del departamento de Sololá, escala 1:50,000 (Bonis 2009),  
 Complementado en la parte norte por el mapa geológico escala 1:250,00 (IGN, 1993)

Del 9.2% del área estudiada a escala 1:250,000, el 8.1% corresponde a rocas volcánicas sin dividir, el 1.1% a pómez y el restante 0.01% corresponde a sedimentos volcano-clásticos.

#### **2.4.3.4 Suelos del departamento de Sololá**

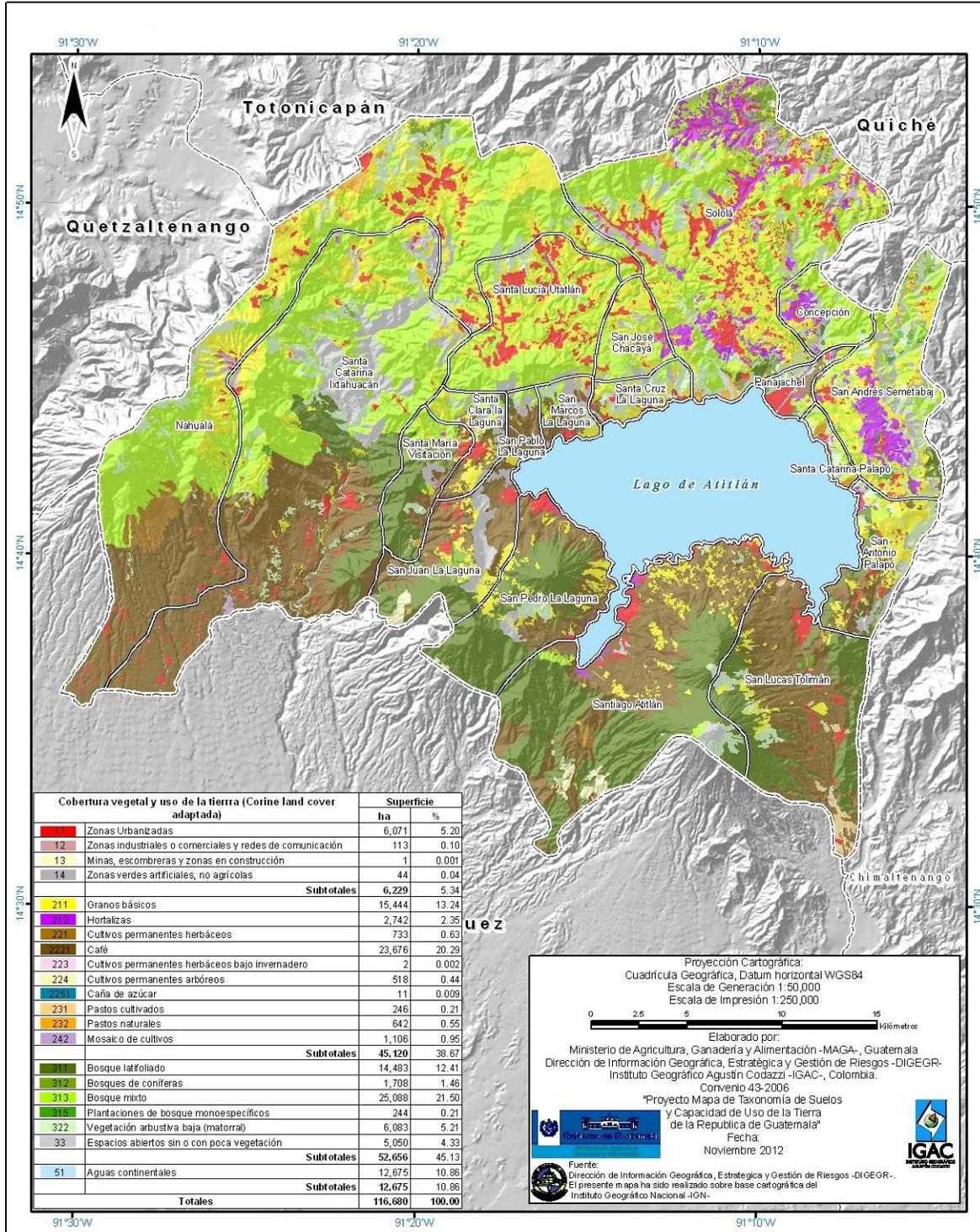
Respecto a la clasificación de suelos a nivel de orden del departamento de Sololá, el orden Andisol el que tiene mayor cobertura en el departamento con un 46.60% del área total departamental correspondientes a 54,382 ha; el segundo principal orden que se identifica en el departamento es el Inceptisol con un 29.98% de cobertura departamental equivalente a 34,975 ha, le sigue el orden Molisol con 8.46% del departamento y 9,868 ha y el orden con menor área departamental es el Entisol con 2.34% del área y 2,732 ha, tal como se aprecia en la figura 11.



Fuente: MAGA- DIGEGR, 2013

Figura 11 Mapa de clasificación de suelos a nivel de orden del departamento de Sololá

Respecto a la cobertura vegetal y uso de la tierra, el 37.37% de la cobertura departamental equivalente a 41,279 ha lo ocupan los bosques naturales, siendo los bosques de tipo latifoliado y mixto los predominantes, tal como se observa en la figura 12. (MAGA-DIGEGR, 2012).



Fuente: MAGA-DIGEGR, 2012

Figura 12 Mapa de uso de la Tierra

## 2.5 OBJETIVOS

### 2.6 General

Analizar los deslizamientos registrados en el departamento de Sololá, asociados a la precipitación pluvial de la tormenta Stan (Octubre 2005), identificando las características similares de los suelos en que se presentó dicho fenómeno natural y ante posibles reincidencias por efecto de eventos máximos, proponer lineamientos de manejo para la reducción de riesgos a dichos eventos.

### 2.7 Específicos

- 2.7.1 Analizar y describir los deslizamientos registrados en el departamento de Sololá, durante la tormenta Stan (Octubre 2005).
- 2.7.2 Identificar características similares de los diversos suelos en los que han ocurrido deslizamientos.
- 2.7.3 Analizar detalladamente los registros de datos de precipitación pluvial, en el departamento de Sololá, durante la tormenta Stan, para identificar las condiciones máximas probables en el área.
- 2.7.4 Identificar las áreas bajo amenaza por deslizamientos del departamento de Sololá.
- 2.7.5 Proponer lineamientos de manejo de las áreas bajo amenaza de deslizamientos que ayuden a reducir los efectos de estos en el departamento de Sololá.

### 2.8 HIPÓTESIS

Los deslizamientos en el departamento de Sololá están asociados a las características de los suelos y a la precipitación pluvial de tormentas máximas.

## 2.9 METODOLOGÍA

### 2.9.1 Materiales a utilizar

Los materiales utilizados para la investigación, fue de carácter oficial, en tres temas específicos:

- a) Registros de deslizamientos en el departamento de Sololá
- b) Características de los suelos del departamento de Sololá
- c) Precipitación pluvial

Para los registros de deslizamientos, se contó con la información del Mapa del Uso Actual del Departamento de Sololá, en el que se han identificado 4,037 polígonos con cicatrices de deslizamientos, que van desde 0.02 a 93.27 ha, con un total de 2,966.50 ha afectadas por deslizamientos (MAGA-DIGEGR, 2012); mismos que fueron provocados por la tormenta Stan de octubre de 2005.

Para el tema de las características de los suelos se utilizó el Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá, generado por la (MAGA-DIGEGR, 2013).

En el caso de la información de precipitación pluvial, se gestionó ante el INSIVUMEH, las bases de datos de precipitación pluvial (diaria y mensual) del período de 1995 a 2005 de las estaciones meteorológicas: El Tablón, El Capitán y Santiago Atitlán, del departamento de Sololá y de las estaciones Balanyá y Palamá de Chimaltenango, Chinique, Choaxán, Sacpulub y Chipacá de Quiché, Labor Ovalle de Quetzaltenango y Camantulul de Escuintla.

## **2.10 PROCESO METODOLÓGICO**

El proceso metodológico para el desarrollo de la presente investigación se detalla a continuación:

### **2.10.1 Análisis y descripción de los deslizamientos registrados en el departamento de Sololá durante la tormenta Stan (Octubre 2005)**

Para realizar la descripción de los deslizamientos registrados en el departamento de Sololá durante la tormenta Stan, se realizaron los siguientes pasos:

Con el programa Arc-Gis® se añadió la capa de uso del suelo del departamento de Sololá de la MAGA-DIGEGR (2013); cicatrices que se formaron producto de la tormenta Stan de octubre de 2005. Con dicha capa se ubicaron las áreas de deslizamientos en todo el departamento, lo que permitió identificar el tamaño de deslizamiento.

### **2.10.2 Identificación de características similares de los diversos suelos en los que han ocurrido deslizamientos en el departamento de Sololá**

Para realizar la identificación de características similares de los suelos en los que han ocurrido deslizamientos se realizaron los siguientes pasos:

- A. A la capa de clasificación taxonómica de los suelos del Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá de la MAGA-DIGEGR (2013) se le realizó un intersección con la capa de polígonos de deslizamientos.
- B. Se identificaron las características similares en textura, estructura y origen de formación de los diversos suelos en los que han ocurrido los deslizamientos en el departamento.
- C. Se exportó la capa de deslizamientos con todas aquellas características similares de los suelos en los que han ocurrido deslizamientos, en el departamento, la cual se denominó "Coinci\_Sue", con la cual se realizó el mapa de características similares de suelos en las áreas de deslizamientos.

### **2.10.3 Análisis de precipitación pluvial de las once estaciones meteorológicas del departamento de Sololá y aledañas al mismo**

Para realizar el análisis de la información de precipitación pluvial, se contó con las bases de datos de precipitación pluvial diario y mensual de las estaciones meteorológicas El Tablón, El Capitán y Santiago Atitlán, del departamento de Sololá y de las estaciones Balanyá y Palamá de Chimaltenango, Chinique, Choaxán, Sacpulub y Chipacá de Quiché, Labor Ovalle de Quetzaltenango y Camantulul de Escuintla y se realizaron los siguientes pasos:

- A. Con la base de datos de precipitación pluvial diaria facilitada por el INSIVUMEH, se obtuvieron los datos de la precipitación pluvial diaria máxima por año del período de 1995 al año 2013 y posteriormente se realizó el cálculo matemático por medio del cual se obtuvieron las probabilidades de ocurrencia del evento en períodos de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, según la estimación de Gumbel.
- B. Con ayuda del programa ArcGis® se realizó la interpolación de la precipitación pluvial máxima esperada para un período de retorno de 100 años, obteniendo así el mapa índice de lluvias intensas.
- C. El raster de interpolación de lluvia máxima esperada para un período de retorno de 100 años, se exportó y luego se agregaron los datos del factor de Gumbel para establecer cuáles son las condiciones máximas probables de que se repita el evento en el área, en las categoría de 5, 10, 25 y 50 años de retorno.

Con esta última capa se analizaron las características de precipitación pluvial y la probabilidad de ocurrencia de dicho evento con el apoyo del factor de Gumbel; para ello se elaboraron mapas de probabilidad de ocurrencia de tormentas máximas del departamento de Sololá a 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

#### 2.10.4 Identificación de las áreas bajo amenaza por deslizamientos en el departamento de Sololá

Para determinar dichas áreas en el departamento, se utilizó el método propuesto por Mora y Vahrson (1994), por medio del cual se pondera a los factores que podrían incidir en las remociones de áreas, para posteriormente realizar un mapa de amenaza donde se indique la susceptibilidad de cada unidad de área.

Para realizar la identificación de dichas áreas se trabajó a una escala de 1:50,000 realizando un “análisis paramétrico” en el cual se estima a través de la siguiente fórmula:

$$Ar = ( Rr * L * H ) ( S + LI )$$

Donde:

Ar = Amenaza por remociones

Rr = Índice de influencia del relieve relativo

L = Índice de influencia de condiciones litológicas

H = Índice de influencia de la humedad usual del suelo

S = Índice de influencia de la intensidad sísmica máxima

LI = Índice de influencia de la intensidad de lluvias

##### 2.10.4.1 Índice de Relieve Relativo (Rr)

Mide la rugosidad del terreno para lo cual mide la mayor diferencia de elevación en cada unidad de área del terreno; a través la fórmula siguiente:

$$Rr = (dh) / (A)$$

Donde:

dh = Mayor diferencia de elevación

A = Área

Dado que la escala de trabajo es 1:50,000 las unidades resultantes de la fórmula anterior son m/Km<sup>2</sup>. Los resultados obtenidos se agruparon en 6 clases, mismos que se aprecian en el cuadro 2.

**Cuadro 2 Clasificación de valores de relieve relativo y valores paramétricos asignados**

Relieve Relativo	Calificativo	Valor del parámetro (Rr)
0 – 75	Muy bajo	0
76 – 175	Bajo	1
176 – 300	Moderado	2
301 – 500	Mediano	3
501 – 800	Alto	4
> 800	Muy Alto	5

Fuente: Mora y Vahrson, (1994)

El índice de relieve relativo, se elaboró con el programa ArcGis®, a través de la herramienta “createfishnet” (red de pesca) y la capa de índice litológico; teniendo como resultado otra capa con una grilla de 1 km<sup>2</sup>, luego se le colocó un id a cada celda para realizar una estadística con el modelo de elevación, a través de la herramienta “zonal statistics table” (tabla de zona estadística). A la tabla resultante se le realizó un “join” (unión) con la capa de la grilla y el id (código). Finalmente, se agregó una columna en la cual se realizó la diferencia de alturas, las cuales se dividieron en 1 km<sup>2</sup> y se clasificaron de acuerdo al cuadro 2.

#### 2.10.4.2 Índice Litológico (L)

Este factor es muy importante debido a que dependiendo de los materiales formadores de los suelos, así será la susceptibilidad a removerse; sin embargo es el más difícil de evaluar debido a la carencia de datos geotécnicos cuantitativos; aun así se puede estimar valores a partir del tipo de litología y las características físico-mecánicas de las distintas unidades de suelo y definiendo en forma subjetiva para cada área de estudio una tabla con calificativos y valores utilizados los cuales se presentan en el cuadro 3.

**Cuadro 3 Índices litológicos y calificativos respectivos**

Índice Litológico (L)	Calificativo
1	Bajo
2	Moderado
3	Mediano
4	Alto
5	Muy Alto

Fuente: Mora y Vahrson, (1994)

El índice litológico, se estimó con base a los materiales parentales identificados en la capa Coinci\_Sue, la cual permite identificar las características similares de los suelos en áreas de deslizamientos; para posteriormente ser calificados con base al cuadro 3 y con el programa ArcGis® se elaboró el mapa de índice litológico.

#### 2.10.4.3 Índice de la Humedad del suelo (H)

El índice de humedad del suelo en este estudio, se elaboró partiendo de la premisa de que según Mora Castro y Vahrson, los valores de EVT para Centro América son de 125 mm mensuales; información con la que se construyeron los cuadros 4 y 5. Con la información de precipitación pluvial facilitada por el INSIVUMEH se calculó la precipitación promedio mensual de cada estación; información que fue interpolada y luego se calificó con el cuadro 4.

**Cuadro 4 Calificación de los promedios mensuales de precipitación pluvial**

Precipitación promedio (mm/mes)	Calificativo
< 125	0
125 – 250	1
> 250	2

Fuente: Mora y Vahrson, (1994)

Posteriormente se le sumaron los valores de cada mes, para obtener un valor acumulado y calificarlo con los valores del parámetro H del cuadro 5 y se elaboró el mapa de índice de humedad del suelo

**Cuadro 5 Calificación del factor humedad (H)**

Valor acumulado	Calificativo	Valor del parámetro (H)
0 – 4	Muy bajo	1
5 – 9	Bajo	2
10 – 14	Medio	3
15 – 19	Alto	4
20 – 24	Muy Alto	5

Fuente: Mora y Vahrson, (1994)

#### 2.10.4.4 Índice de actividad sísmica (S)

En este factor se realizó un análisis retrospectivo de la actividad sísmica del área de estudio, para determinar el potencial de generación de remociones en masa por sismos. En el cuadro 6, se han definido 10 clases (pesos relativos) para cada situación específica de intensidad según escala de Mercalli Modificada (IMM) y el valor del factor respectivo.

**Cuadro 6 Calificación del factor sismicidad (S)**

IMM	Calificativo	Valor de S
III	Leve	1
IV	Muy bajo	2
V	Bajo	3
VI	Moderado	4
VII	Medio	5
VIII	Elevado	6
IX	Fuerte	7
X	Bastante fuerte	8
XI	Muy fuerte	9
XII	Extremadamente fuerte	10

Fuente: Mora y Vahrson, (1994)

El índice de actividad sísmica en este estudio, se elaboró a través del registro de sismos ocurridos en el período de 1984 a 2013, los cuales fueron facilitados por el INSIVUMEH. Dichos sismos fueron calificados de acuerdo al cuadro anterior y georeferenciados a través del programa ArcGis®, para posteriormente realizar “buffer” en las áreas aledañas a los sismos, las cuales abarcarán radios (distancias en kilómetros) definidos por el personal

especializado del INSIVUMEH; posteriormente se unieron las áreas de los sismos y se utilizó la herramienta “dissolve” (disolver) para obtener el mapa de índice de sismos.

#### 2.10.4.5 Índice de las Lluvias intensas (LI)

Este índice puede calcularse a través de varios métodos; por lo que para este estudio se calculó la precipitación máxima esperada para un período de retorno de 100 años, por el método de Gumbel, para las 11 estaciones meteorológicas de influencia; dato que fue interpolado a través del programa ArcGis® y posteriormente se calificó acorde al cuadro 7, con el que se obtuvo el mapa de índice de lluvias intensas.

**Cuadro 7 Clasificación de los valores de lluvias máximas**

Lluvia máxima n> 10 años Tr= 100 años	Calificativo	Valor del parámetro (LI)
<100	Muy bajo	1
101 – 200	Bajo	2
201 – 300	Medio	3
301 – 400	Alto	4
>400	Muy Alto	5

Fuente: Mora y Vahrson, (1994)

#### 2.10.4.6 Valores de los niveles y clases de amenaza

La combinación de los factores anteriores, aplicados en la ecuación del inciso 7.2.4, facilita una serie de clases que reflejan la amenaza de remociones en masa para cada área y en el cuadro 8 se muestra la clasificación de amenaza que puede ser utilizada para cada área específica.

**Cuadro 8 Clasificación de la amenaza de deslizamientos**

Ponderación de amenaza	Clase	Grado de amenaza
0 – 5	I	Muy bajo
6 – 31	II	Bajo
32 – 161	III	Moderado
162 – 512	IV	Mediano
513 – 1249	V	Alto
> 1250	VI	Muy Alto

Fuente: Mora y Vahrson, (1994)

Para la identificación de áreas con amenaza a deslizamientos, se realizó la operación matemática de la fórmula por medio de la herramienta “raster calculator” (calculadora de raster) del programa ArcGis®, en la cual se operaron los mapas en formato raster de índice de relieve relativo, índice litológico, índice de humedad del suelo, índice de actividad sísmica e índice de lluvias intensas; resultado que se calificó de acuerdo al cuadro 8 y se obtuvo el mapa de áreas con amenaza a remociones en masa o deslizamientos. Con dicho mapa se identificaron todas aquellas áreas susceptibles a deslizamientos y con la información obtenida de los datos de Gumbel se estimó la probabilidad de ocurrencia de dichos eventos provocados por tormentas máximas.

#### **2.10.5 Propuesta de lineamientos de manejo para reducción de riesgo y amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá**

Identificadas las áreas susceptibles a deslizamientos, se realizó una propuesta de lineamientos para reducir la amenaza a dichos eventos; la cual mitigará las consecuencias de los deslizamientos en el departamento de Sololá.

## **2.11 RESULTADOS**

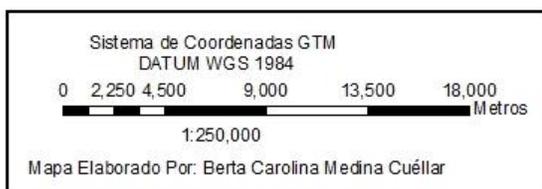
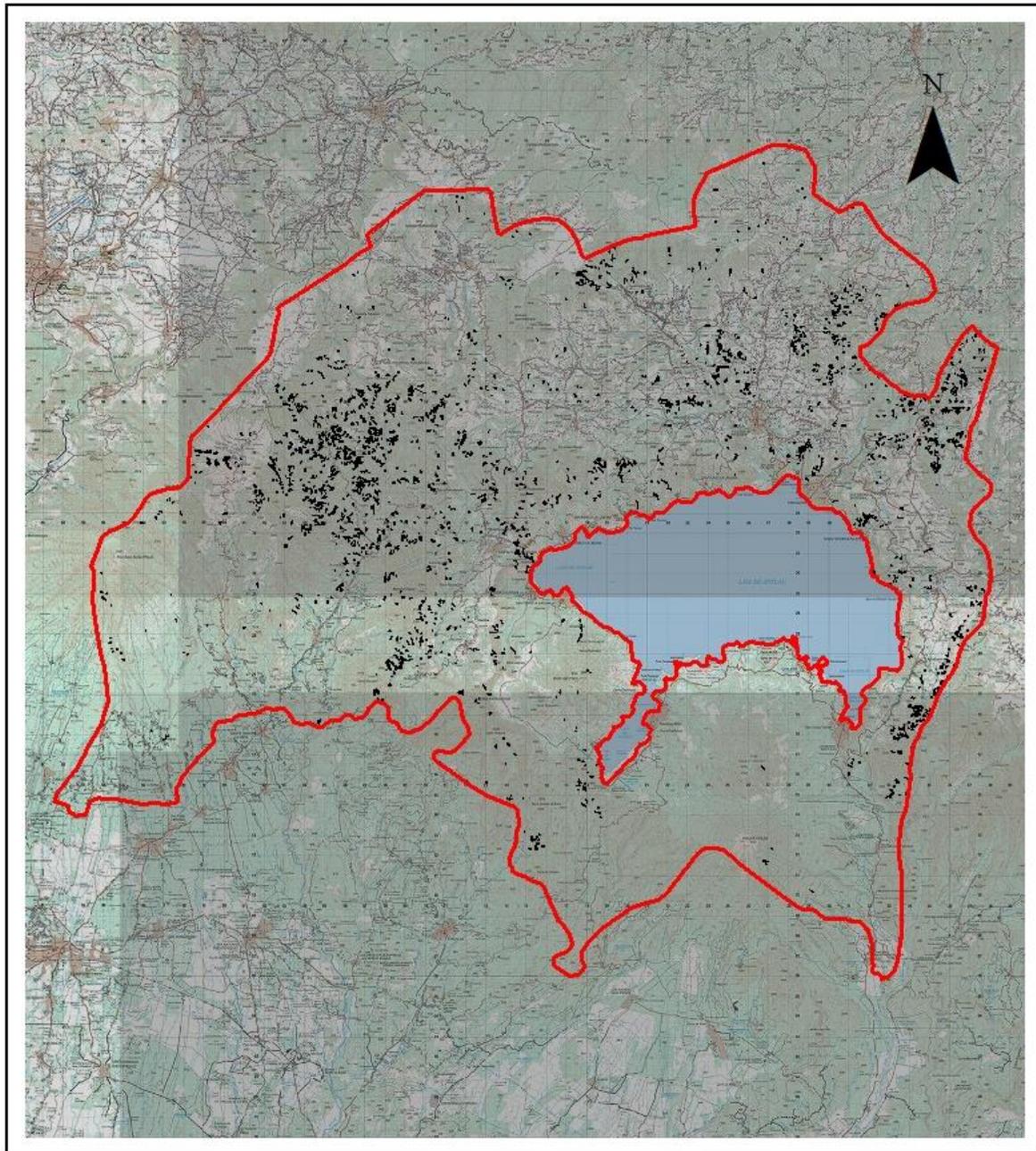
Los resultados obtenidos a través de la utilización de la metodología anteriormente descrita se presentan a continuación:

### **2.11.1 Análisis y descripción de los deslizamientos registrados en el departamento de Sololá durante la tormenta Stan (Octubre 2005)**

Según la información de la fotografía aérea del año 2006 (MAGA-DIGEGR, 2011), en el departamento de Sololá, se encuentran cicatrices de deslizamientos con un total de 2,966 ha (MAGA-DIGEGR, 2013); mismas que fueron ocasionadas por el paso de la Tormenta Tropical Stan de octubre de 2005. Y en total se identificaron 4,037 polígonos con extensiones que van desde 0.02 a 93.27 ha.

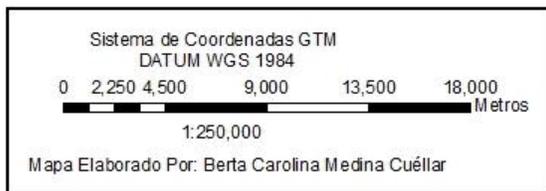
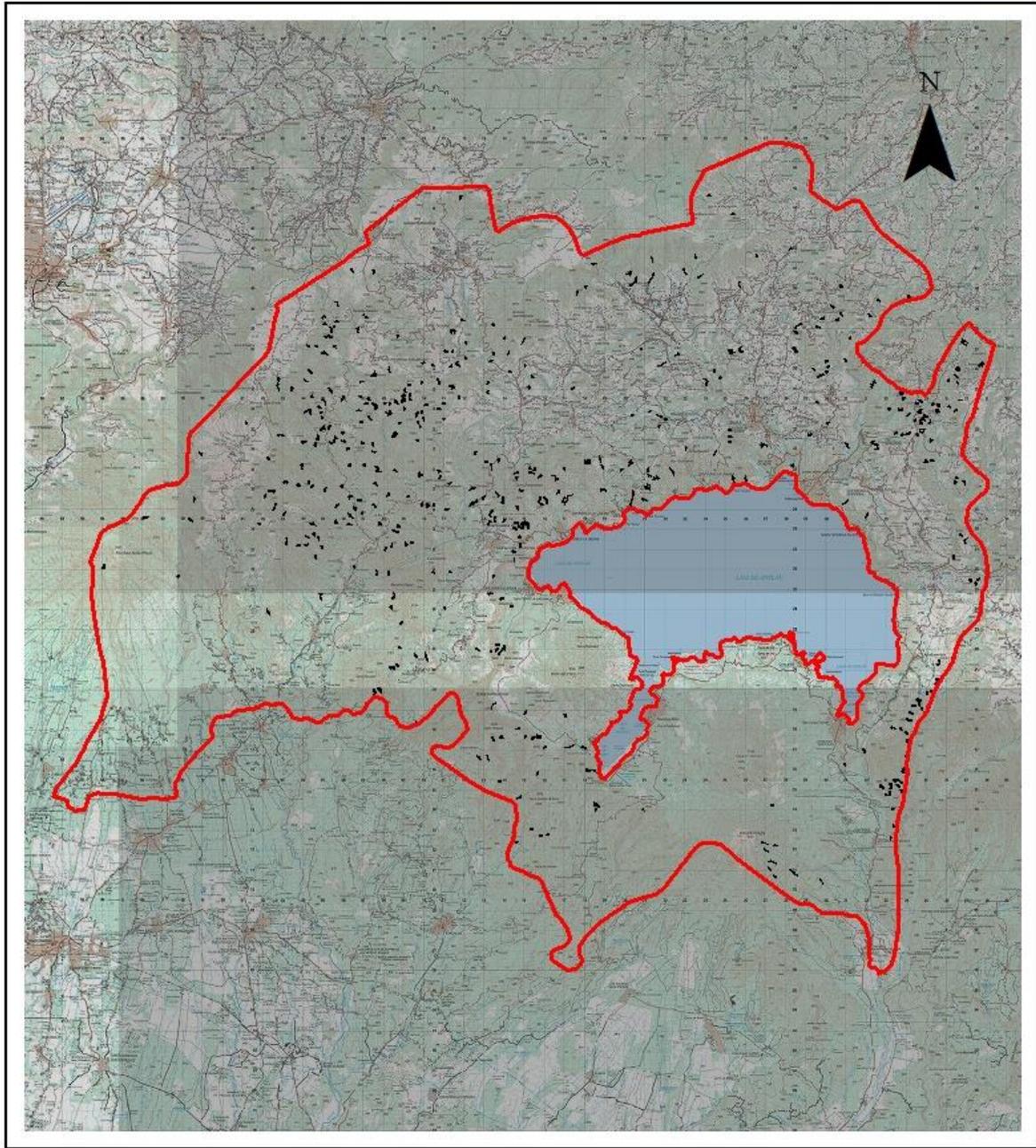
Respecto al tipo de deslizamiento se presentan, el de tipo traslacional ya que las ortofotos indican que hubo un movimiento paralelo a la superficie; además se presentan los movimientos por fracturamiento cortante o producido por tensiones en lugares con pendientes fuertes; así como los flujos de detritos característicos en los volcanes de Atitlán, Tolimán y San Pedro; entre los cuales figura el deslizamiento que soterró al Cantón de Panabaj y afectación del Cantón de Tzanchag (2006).

En este estudio, los deslizamientos fueron agrupados por extensión, abarcando 475 ha, correspondiente al 16% del área total de deslizamientos, todos aquellos que tienen una extensión menor a 0.5 ha; en tanto los deslizamientos que tienen una extensión de 0.51 a 1.0 ha, abarcan un total de 342 ha, equivalentes al 12% del área total de los deslizamientos. Los deslizamientos que tienen una extensión de 1.01 a 5.0 ha son los que cuentan con mayor cobertura, con un total de 1,033 ha correspondiente al 35% del área total de deslizamientos; en tanto los deslizamientos que tienen extensiones de 5.01 a 10.0 ha cuentan con 515 ha equivalentes al 17% y los deslizamientos mayores de 10.0 ha cuentan con 600 ha equivalentes al 20%; lo cual puede apreciarse en las figuras de la 13 a la 17.



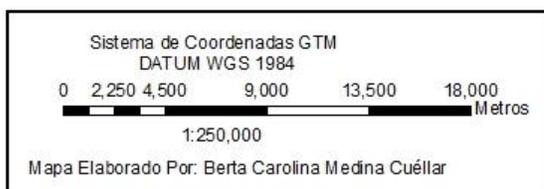
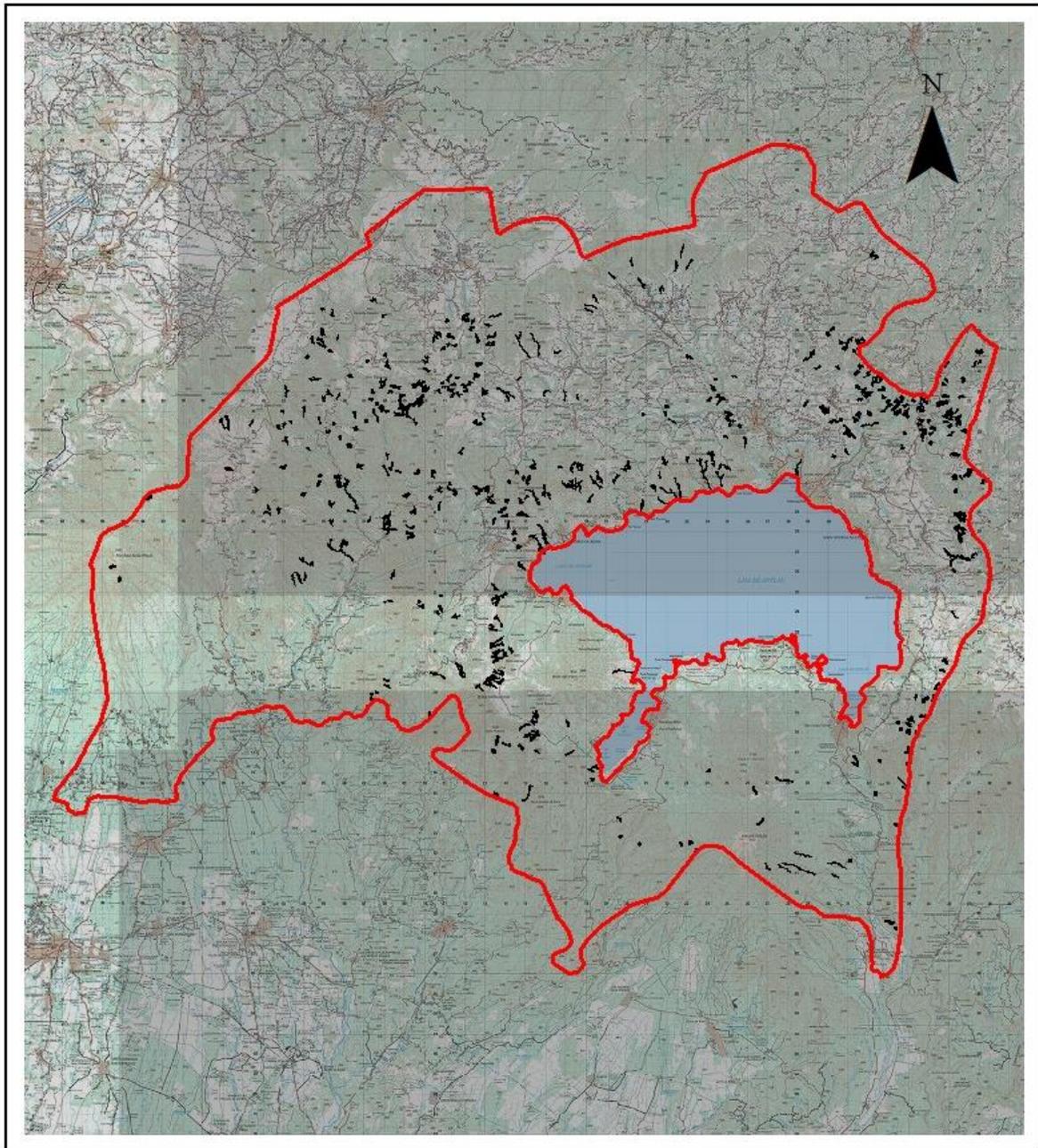
Fuente: **MAGA-DIGEGR 2011**

**Figura 13** Mapa de deslizamientos menores a 0.5 ha.



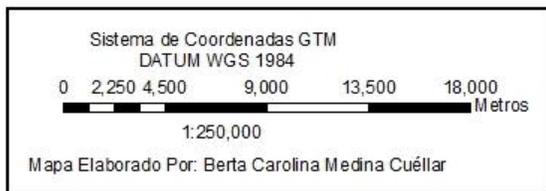
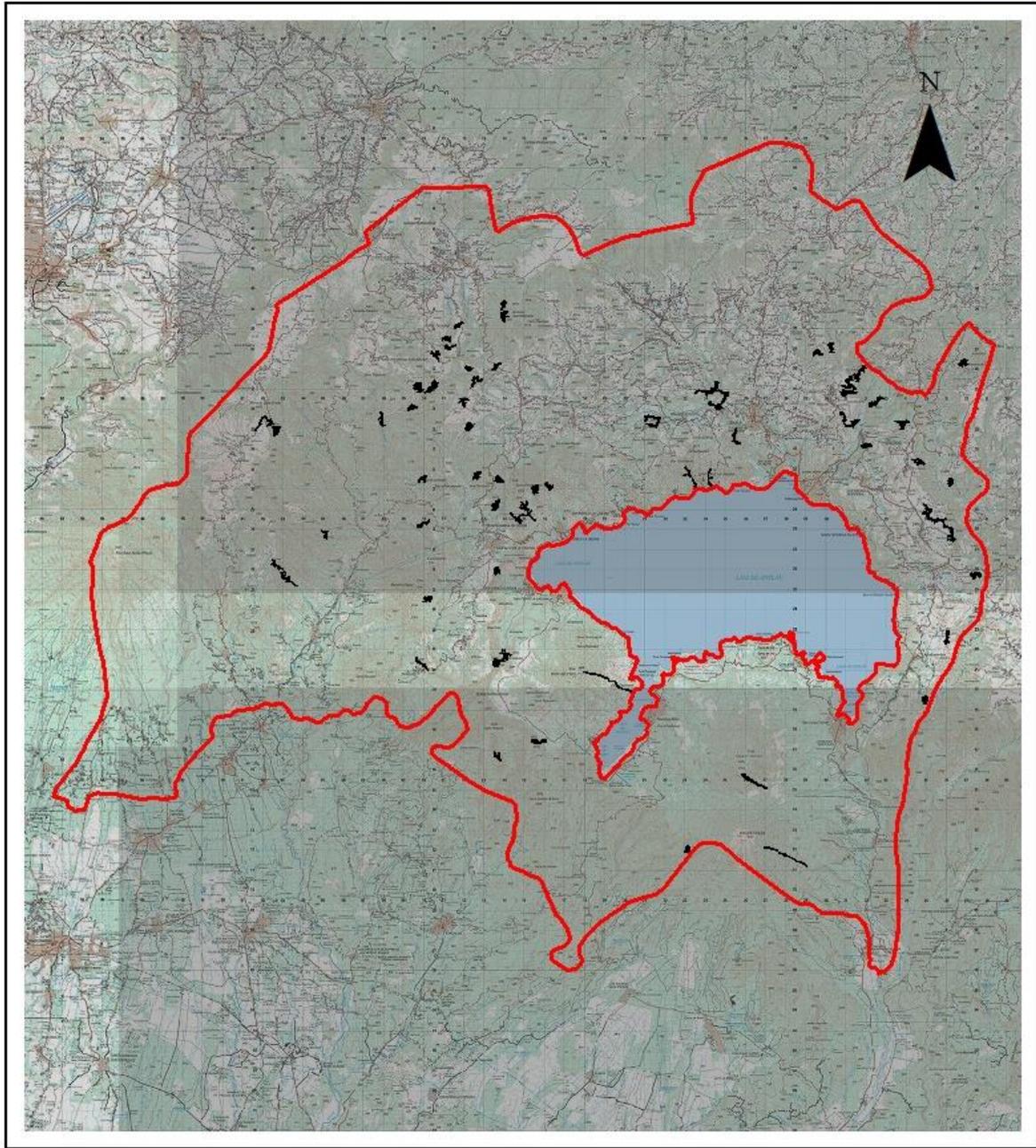
Fuente: **MAGA-DIGEGR 2011**

**Figura 14** Mapa de deslizamientos de 0.5 a 1.0 ha



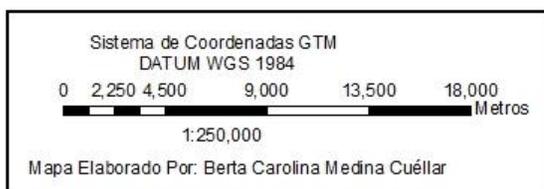
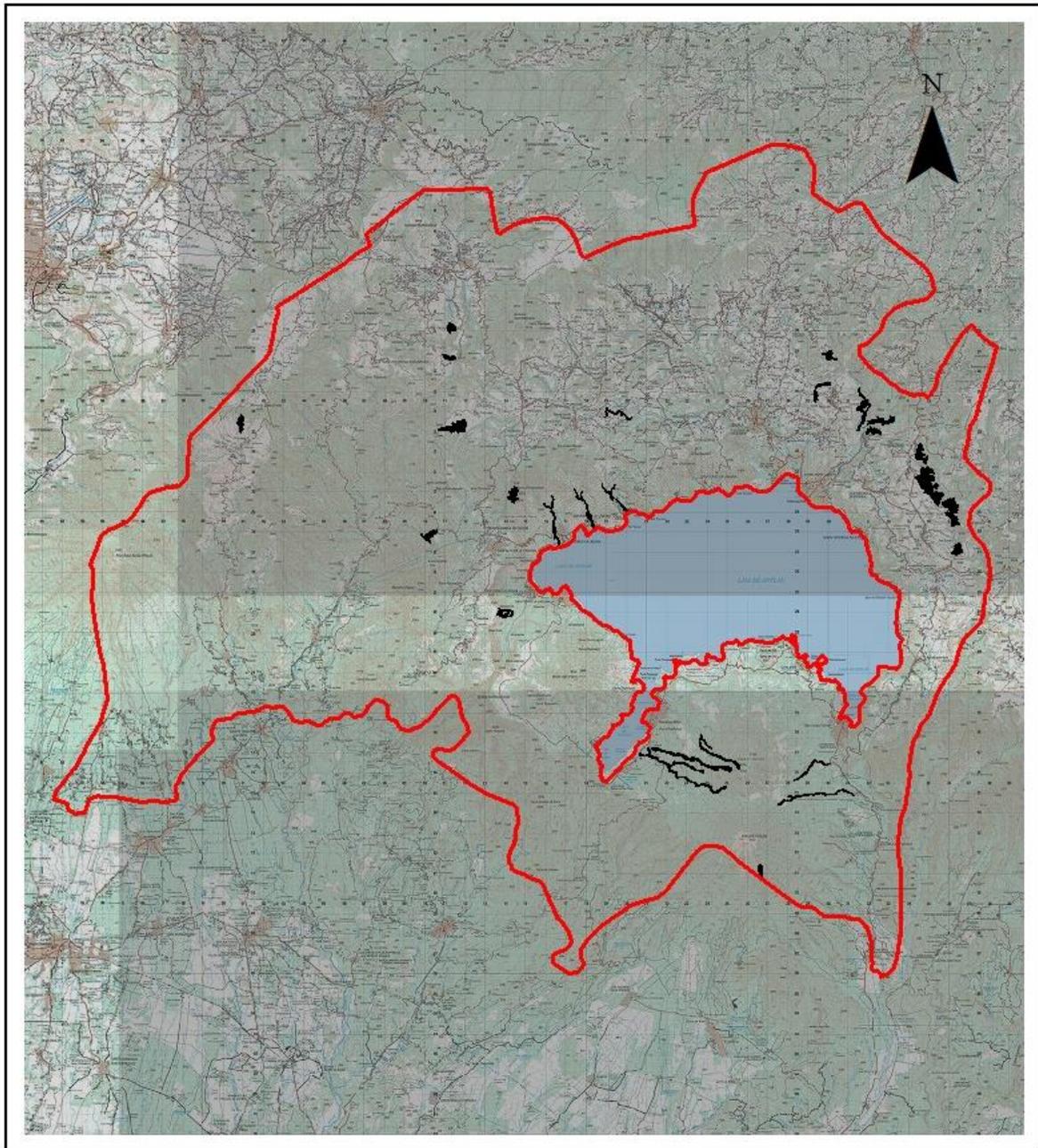
Fuente: **MAGA-DIGEGR 2011**

**Figura 15** Mapa de deslizamientos de 1.0 a 5.0 ha



Fuente: **MAGA-DIGEGR 2011**

**Figura 16** Mapa de deslizamientos de 5.0 a 10.0 ha



Fuente: **MAGA-DIGEGR 2011**

**Figura 17** Mapa de deslizamientos mayores de 10.0 ha

Al apreciar las figuras de la 13 a la 17, se puede observar que el tipo de deslizamiento no es influyente en la extensión del mismo, ya que en todas las categorías de extensión de área, se encuentran presentes los tres tipos de deslizamientos identificados en el área.

## **2.12 Identificación de características similares de los diversos suelos en los que han ocurrido deslizamientos en el departamento de Sololá**

Al realizar la identificación de características similares en los suelos que han ocurrido deslizamientos durante la Tormenta Tropical Stan, en el departamento de Sololá; se puede apreciar que el 56% del área de deslizamientos poseen un drenaje externo medio o rápido, en tanto que el drenaje interno es moderado en un 53%.

Asimismo el 97% del área de los deslizamientos se encuentra en un régimen de humedad ústico, en el que es característico que los suelos estén secos por un espacio de 90 días y 180 días húmedos.

El 43% del área de deslizamientos se ubica dentro del bosque húmedo Montano Bajo Subtropical, el cual según De La Cruz (1982) cuenta con bosque latifoliado y conífero, con especies indicadoras de encino (*Quercus* spp.) asociadas a pino triste (*P. pseudostrobus*) y pino macho (*Pinus montezumae*); además de aliso (*Alnus jorullensis*) duraznillo (*Ostrya* spp.) mezché (*Carpinus* spp.) y capulín (*Prunus capulí*).

El 64% del área de los deslizamientos se ubica sobre materiales piroclásticos no consolidados (ceniza- pómez y tefra-ceniza-pómez) los cuales presentan depósitos de forma irregular; por lo que son sueltos y de fácil desplazamiento.

Además se identificó que el 48% del área de los deslizamientos se ubica en un relieve de filas y vigas, en donde la viga corresponde al eje mayor de la cima y se encuentran compuestas por rocas ígneas extrusivas o por piroclastos no consolidados. Las filas y vigas pertenecen al paisaje de montaña volcánicoerosional, que agrupa a todas las geoformas determinadas por volcanismo.

El 38% del área de los deslizamientos se ubica en suelos de orden Andisol, los cuales son de densidad aparente baja y de baja retención de humedad. En tanto que el 27% se encuentra en áreas denominadas en el estudio como “no suelo” características de lava volcánica y coladas de lava; en tanto el 27% se ubica en suelos de orden Inceptisol que se caracterizan por ser suelos que tienen incipiente desarrollo en su estructura y de poco espesor.

Los usos identificados en las áreas de deslizamientos son agricultura (34%), agroforestería (15%) y conservación (13%). Sin embargo las clases agrológicas (USDA) dominantes son la VIII (67%) y le sigue la clase VII (22%); clases que deben estar reservadas para actividades de conservación y forestales.

En las áreas de deslizamientos, según el grado de erosión el 33% presenta erosión severa y el 26% con presencia de erosión moderada; respecto a la clase de erosión el 71% del área presenta una clase de erosión hídrica pluvial-fluvial; en el tipo de erosión el 41% del área de deslizamientos reporta erosión laminar y el 31% erosión de tipo surcos.

### **2.13 Análisis de precipitación pluvial del departamento de Sololá**

Para el análisis de la información de precipitación pluvial, se contó con las bases de datos de precipitación pluvial diario y mensual de las estaciones meteorológicas El Tablón, El Capitán y Santiago Atitlán, del departamento de Sololá y de las estaciones Balanyá y Palamá de Chimaltenango, Chinique, Choaxán, Sacpulub y Chipacá de Quiché, Labor Ovalle de Quetzaltenango y Camantulul de Escuintla.

Con la información de precipitación pluvial diaria máxima del año 2005 se interpolaron los valores de las 11 estaciones meteorológicas, con las cuales se obtuvo que el 63.3% del área del departamento presentó lluvias, que oscilaron en un rango de 131 a 175 mm; rango considerado por Mora y Vahrson (1994), como “Alto”; en tanto el 14.85% del área del departamento tuvo precipitaciones pluviales arriba de los 175 mm de precipitación pluvial; rango considerado por Mora Castro y Vahrson como “Muy Alto”; lo cual puede observarse en el cuadro 9.

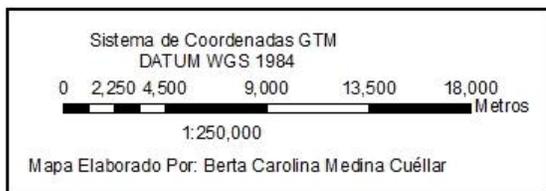
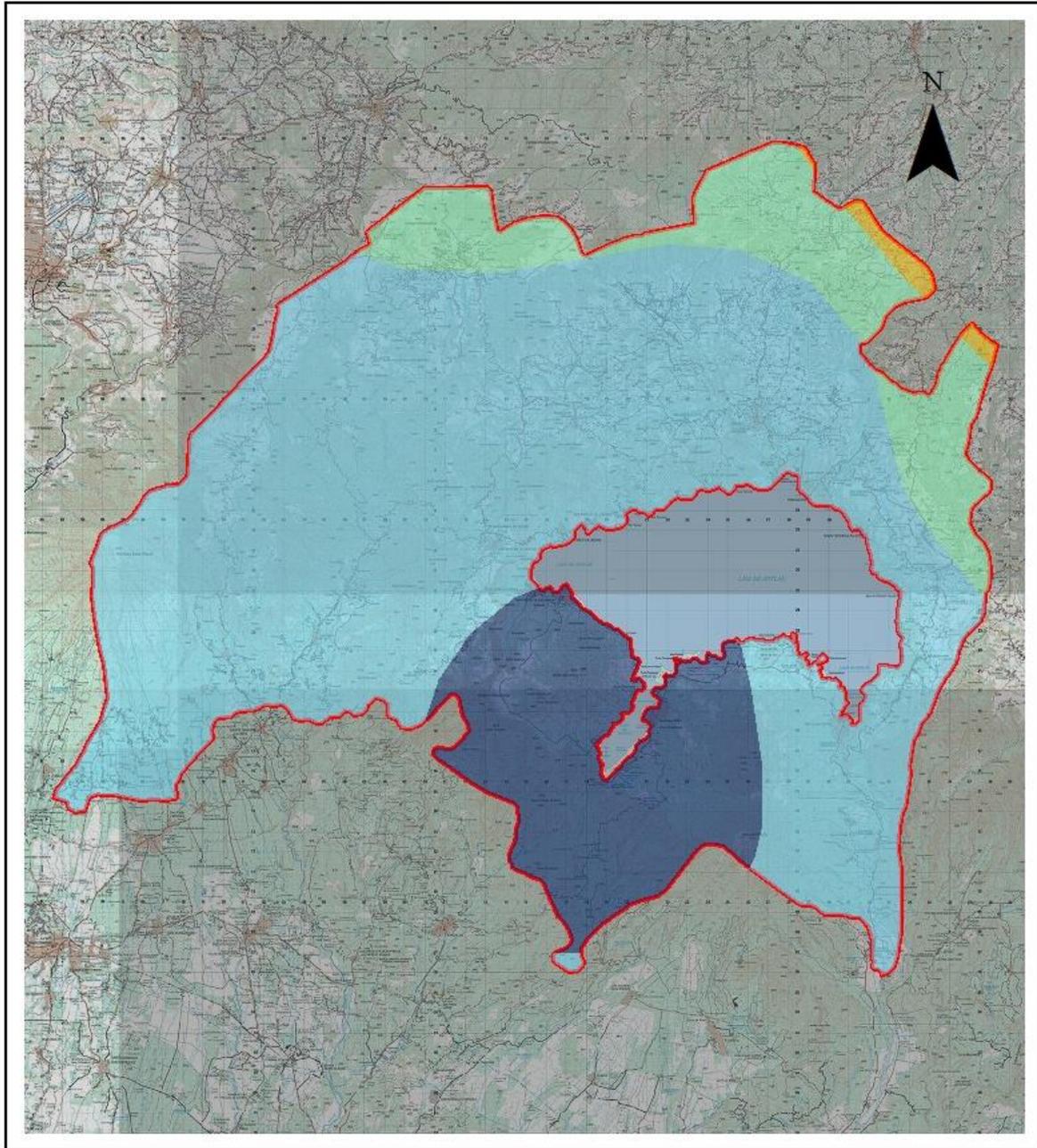
**Cuadro 9 Precipitación pluvial diaria máxima del año 2005 del departamento de Sololá**

Precipitación pluvial diaria máxima en el año 2005 (mm)	Calificativo	Parámetro LI	Ha	%
< 50	Muy bajo	1	0.0	0.0
51 - 90	Bajo	2	758.2	0.7
91 - 130	Medio	3	12,412.3	10.6
131 -175	Alto	4	73,869.3	63.3
> 175	Muy alto	5	17,300.2	14.8
Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340.0	10.6
<b>TOTAL</b>			<b>116,680.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Propia con Clasificación Mora y Vahrson 1994

En el área que se reportan precipitaciones pluviales arriba de 175 mm, se ubica el Cantón Panabaj del municipio de Santiago Atitlán, en el cual según la Fundación de Antropología Forense de Guatemala-FAFG (2006), recuperó 106 cuerpos de los cuales se identificaron a 102 víctimas; posterior al paso de la Tormenta Tropical Stan.

La distribución de las áreas de precipitación pluvial diaria máxima del año 2005 del departamento de Sololá, se aprecia en la figura 18.



Leyenda de lluvias máximas de año 2005				
pp máxima diaria (mm)	Calificativo	Parámetro LI	Hs	%
< 50	Muy bajo	1	0,0	0,0
51 - 90	Bajo	2	758,2	0,7
91 - 130	Medio	3	12,412,3	10,6
131 - 175	Alto	4	73,869,3	63,3
> 175	Muy alto	5	17,300,2	14,8
Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340,0	10,6
<b>TOTAL</b>			<b>116,680,0</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Propia

Figura 18 Mapa de precipitación pluvial máxima del año 2005

Tal como se aprecia en la figura 15, el 63.3% del departamento tuvo precipitaciones pluviales que oscilaron entre 131 y 175 mm por día; en tanto el 14.6% reportó precipitaciones superiores a los 175 mm; encontrándose dentro de esta área el Cantón de Panabaj.

Asimismo, con la información de precipitación pluvial diaria máxima por año, se calculó el factor de Gumbel, que estima las condiciones máximas probables de que se repita un evento en el departamento de Sololá; para lo cual se estimó una tasa de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, para cada estación meteorológica y con la información obtenida de los cuadros del 10 al 20, se realizó la interpolación de la precipitación pluvial, lo cual se ve reflejado en las figuras de la 19 a la 23.

En el cuadro 10, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Santiago Atitlán.

**Cuadro 10 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Santiago Atitlán**

Tiempo de Retorno	Precipitación Pluvial esperada	Probabilidad
5	133.82	0.8
10	169.54	0.9
25	214.66	0.96
50	248.14	0.98
100	281.37	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 11, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de El Tablón.

**Cuadro 11 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación El Tablón**

Tiempo de Retorno	Precipitación Pluvial esperada	Probabilidad
5	138.33	0.8
10	176.54	0.9
25	224.81	0.96
50	260.63	0.98
100	296.17	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 12, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de El Capitán.

**Cuadro 12 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la El Capitán**

<b>Tiempo de Retorno</b>	<b>Precipitación Pluvial esperada</b>	<b>Probabilidad</b>
5	172.23	0.8
10	230.55	0.9
25	304.24	0.96
50	358.90	0.98
100	413.16	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 13, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Labor Ovalle.

**Cuadro 13 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Labor Ovalle**

<b>Tiempo de Retorno</b>	<b>Precipitación Pluvial esperada</b>	<b>Probabilidad</b>
5	85.37	0.8
10	109.46	0.9
25	139.89	0.96
50	162.47	0.98
100	184.88	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 14, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Camantulul.

**Cuadro 14 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Camantulul**

<b>Tiempo de Retorno</b>	<b>Precipitación Pluvial esperada</b>	<b>Probabilidad</b>
5	177.30	0.8
10	203.39	0.9
25	236.36	0.96
50	260.82	0.98
100	285.10	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 15, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Chinique.

**Cuadro 15 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Chinique**

Tiempo de Retorno	Precipitación Pluvial esperada	Probabilidad
5	83.17	0.8
10	105.79	0.9
25	134.37	0.96
50	155.58	0.98
100	176.62	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 16, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Balanyá.

**Cuadro 16 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Balanyá**

Tiempo de Retorno	Precipitación Pluvial esperada	Probabilidad
5	75.82	0.8
10	91.83	0.9
25	112.05	0.96
50	127.05	0.98
100	141.95	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 17, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Chipacá.

**Cuadro 17 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Chipacá**

Tiempo de Retorno	Precipitación Pluvial esperada	Probabilidad
5	95.79	0.8
10	117.47	0.9
25	144.86	0.96
50	165.17	0.98
100	185.34	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 18, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Palamá.

**Cuadro 18 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Palamá**

Tiempo de Retorno	Precipitación Pluvial esperada	Probabilidad
5	128.01	0.8
10	155.96	0.9
25	191.27	0.96
50	217.46	0.98
100	243.46	0.99

Fuente: Propia

En el cuadro 19, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Sacpulub.

**Cuadro 19 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Sacbulub**

Tiempo de Retorno	Precipitación Pluvial esperada	Probabilidad
5	93.24	0.8
10	114.24	0.9
25	140.77	0.96
50	160.46	0.98
100	180.00	0.99

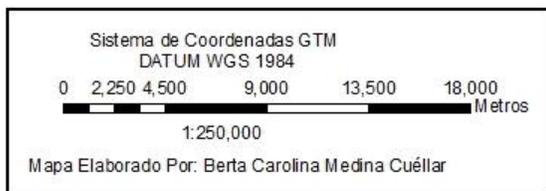
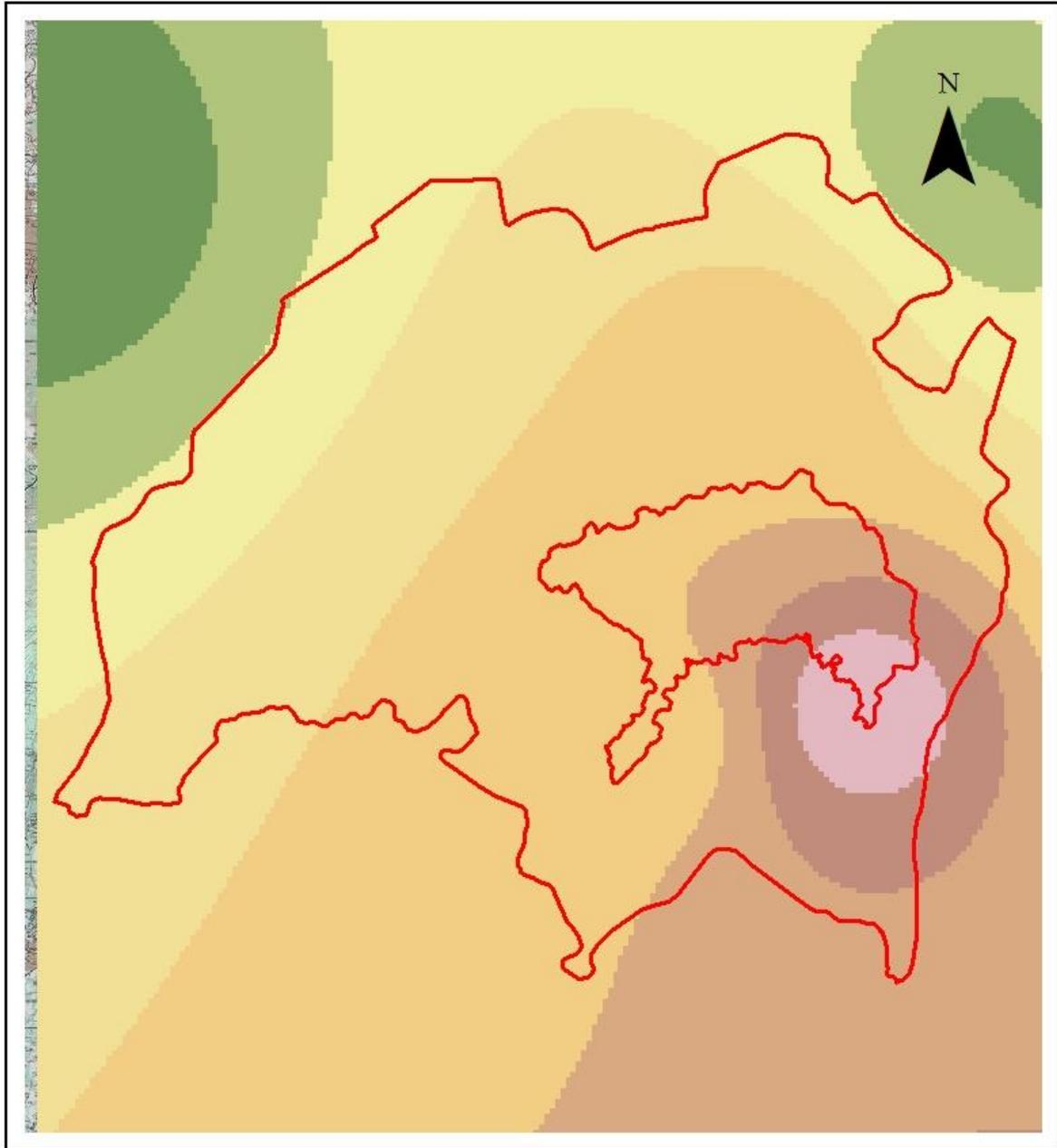
Fuente: Propia

En el cuadro 20, se presenta la estimación de probabilidad ocurrencia de un evento máximo de la estación de Choaxán.

**Cuadro 20 Probabilidad de ocurrencia de un evento máximo en la estación Choaxán**

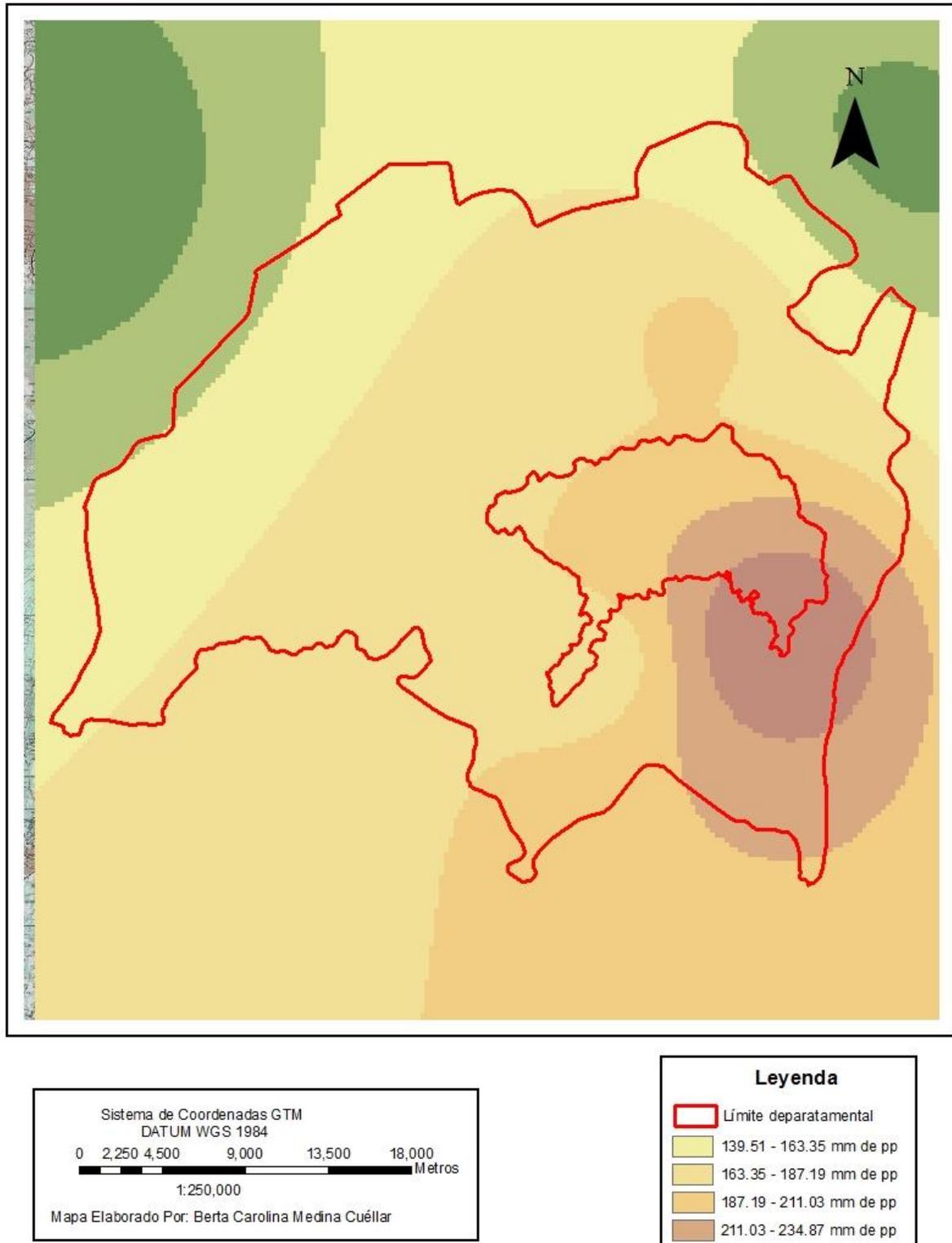
Tiempo de Retorno	Precipitación Pluvial esperada	Probabilidad
5	200.61	0.8
10	306.54	0.9
25	440.39	0.96
50	539.69	0.98
100	638.25	0.99

Fuente: Propia



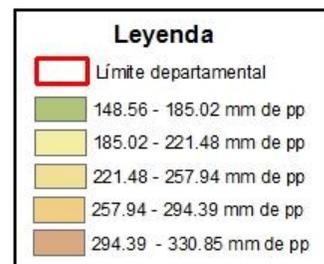
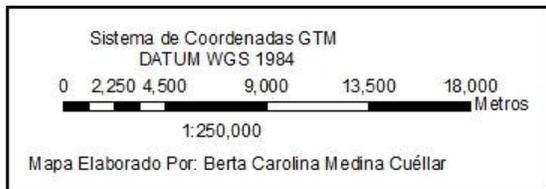
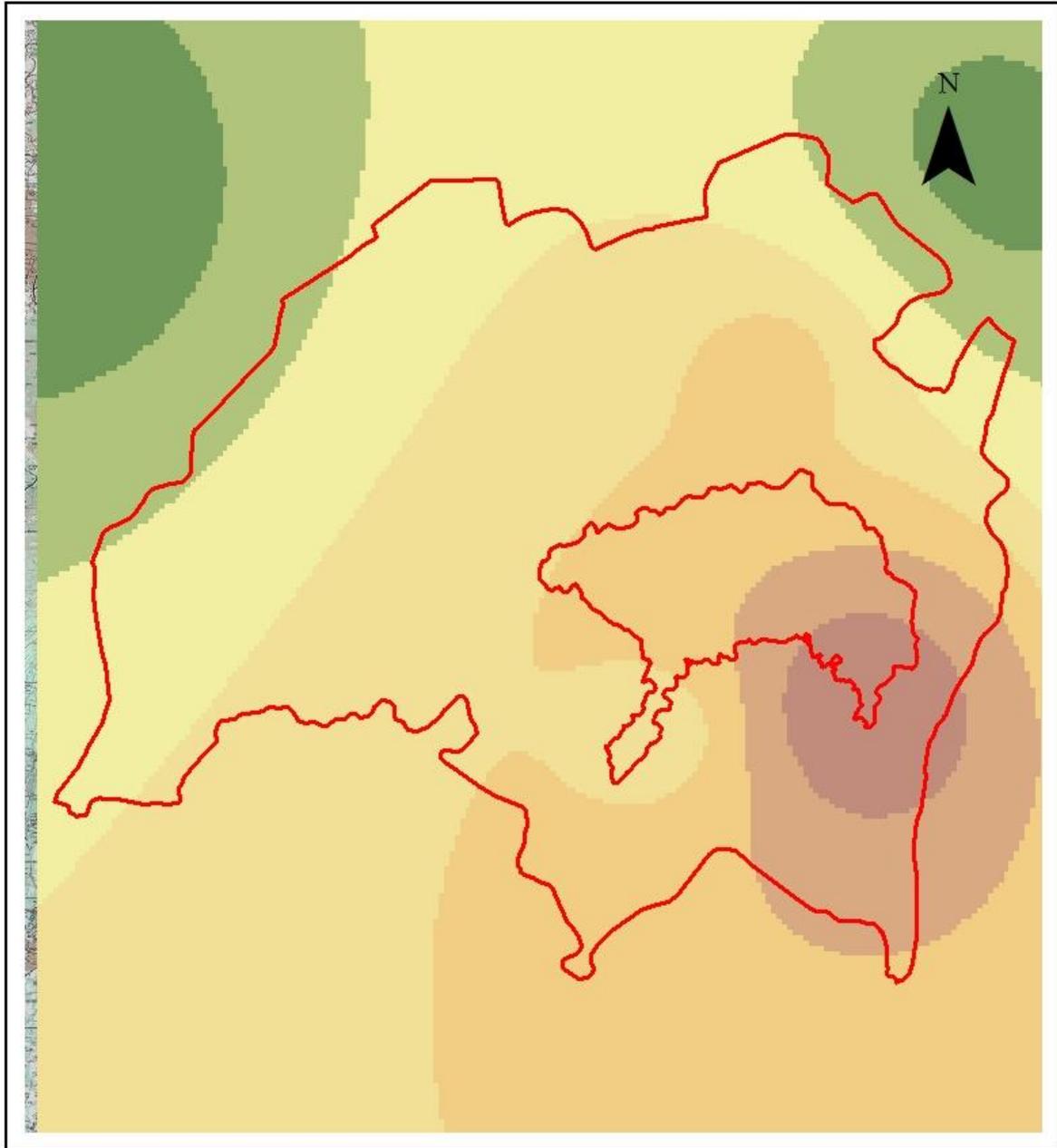
Fuente: Propia

Figura 19 Mapa de estimación del factor de Gumbel para un período de retorno de 5 años



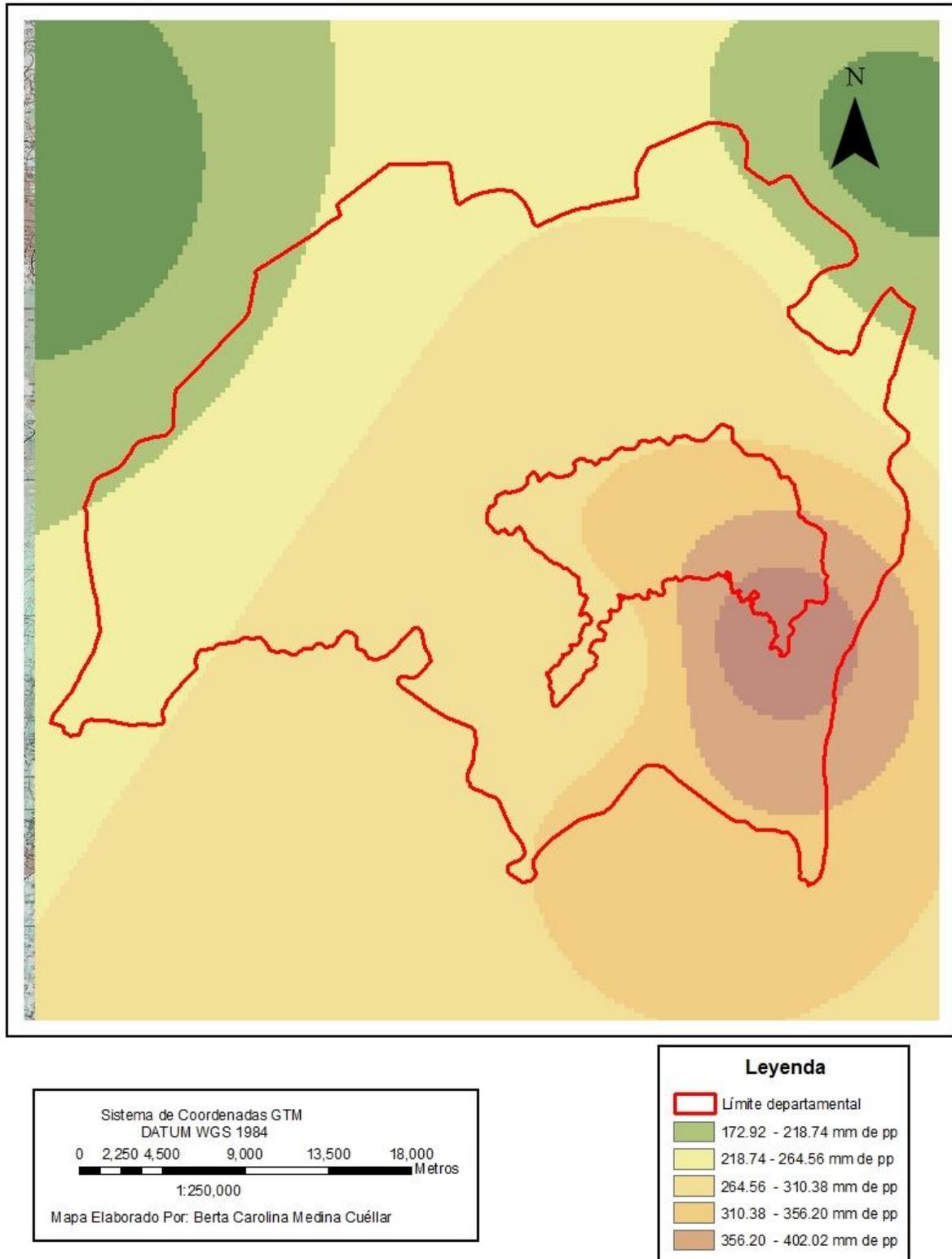
Fuente: Propia

Figura 20 Mapa de estimación del factor de Gumbel para un período de retorno de 10 años



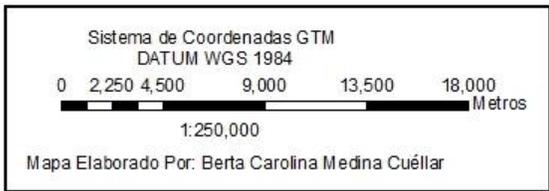
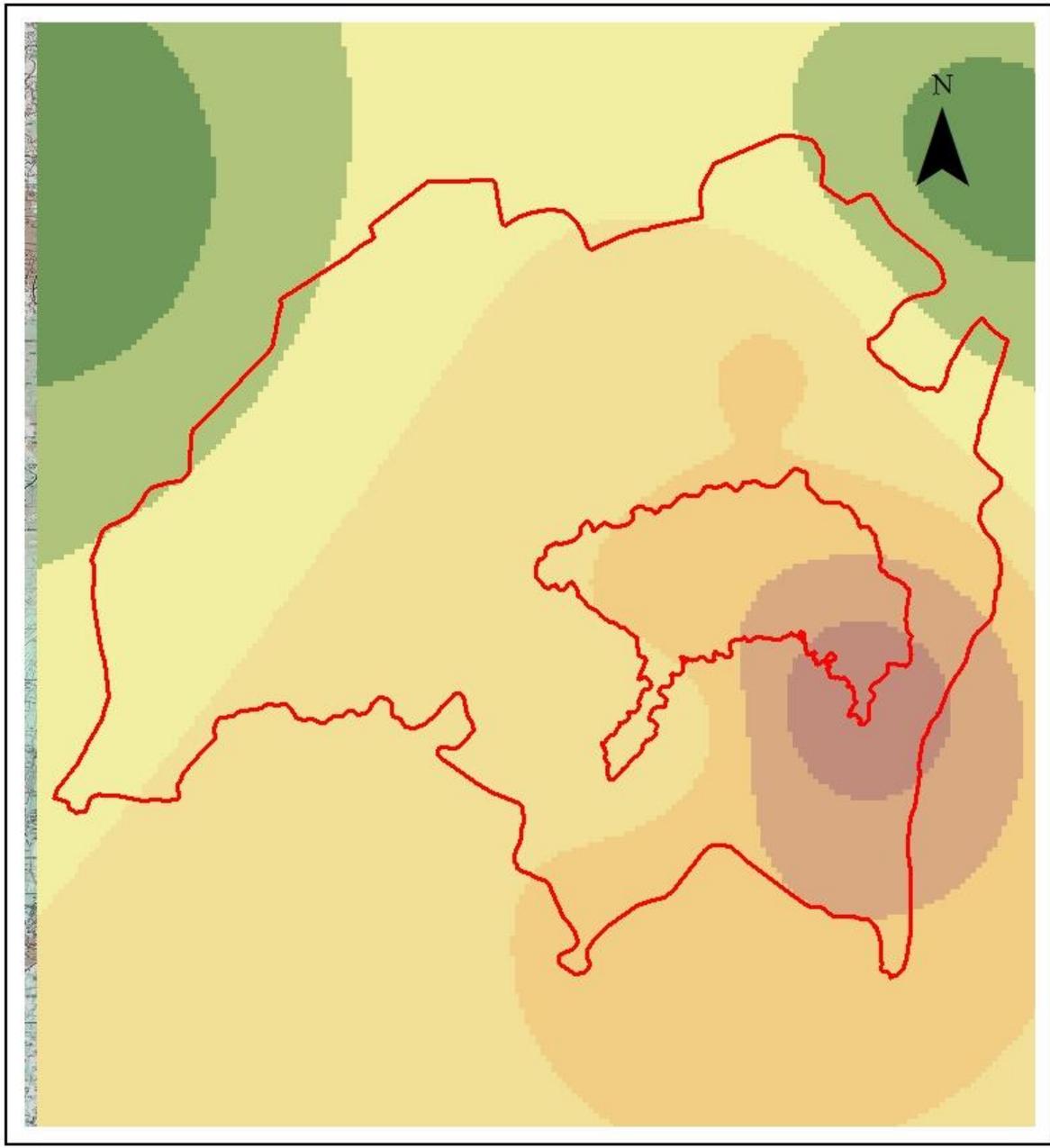
Fuente: Propia

Figura 21 Mapa de estimación del factor de Gumbel para un período de retorno de 25 años



Fuente: Propia

Figura 22 Mapa de estimación del factor de Gumbel para un período de retorno de 50 años



Fuente: Propia

Figura 23 Mapa de estimación del factor de Gumbel para un período de retorno de 100 años

En la figura 19, se observa que las precipitaciones máximas esperadas a 5 años oscilan entre 158 y 172 mm de precipitación pluvial; en tanto que en la figura 20, se observa que las precipitaciones máximas esperadas a 10 años oscilan entre 258 y 282 mm de precipitación pluvial; mientras que en la figura 21, se observa que las precipitaciones máximas esperadas a 25 años oscilan entre 330 y 367 mm de precipitación pluvial; asimismo, en la figura 22, se observa que las precipitaciones máximas esperadas a 50 años oscilan entre 402 y 447 mm de precipitación pluvial, y en la figura 23, se observa que las precipitaciones máximas esperadas a 100 años oscilan entre 417 a 472 mm de precipitación pluvial; es importante resaltar que dichas precipitaciones pluviales se han identificado para el área sur del departamento.

Asimismo, con la información generada con los mapas anteriores se observa que en el departamento de Sololá se espera a 5 años una precipitación pluvial máxima de 172 mm; para 10 años de 282 mm; a 25 años de 367 mm, a 50 años de 447 mm y a 100 años de 472 mm; lo que da un panorama de incremento de lluvias.

## **2.14 Identificación de las áreas bajo amenaza por deslizamientos en el departamento de Sololá**

En la identificación de áreas bajo amenaza por deslizamientos en el departamento de Sololá, según la metodología de Mora y Vahrson (1994), se obtuvieron los siguientes resultados.

### **2.14.1 Índice de Relieve Relativo (Rr)**

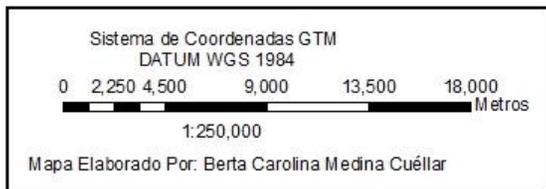
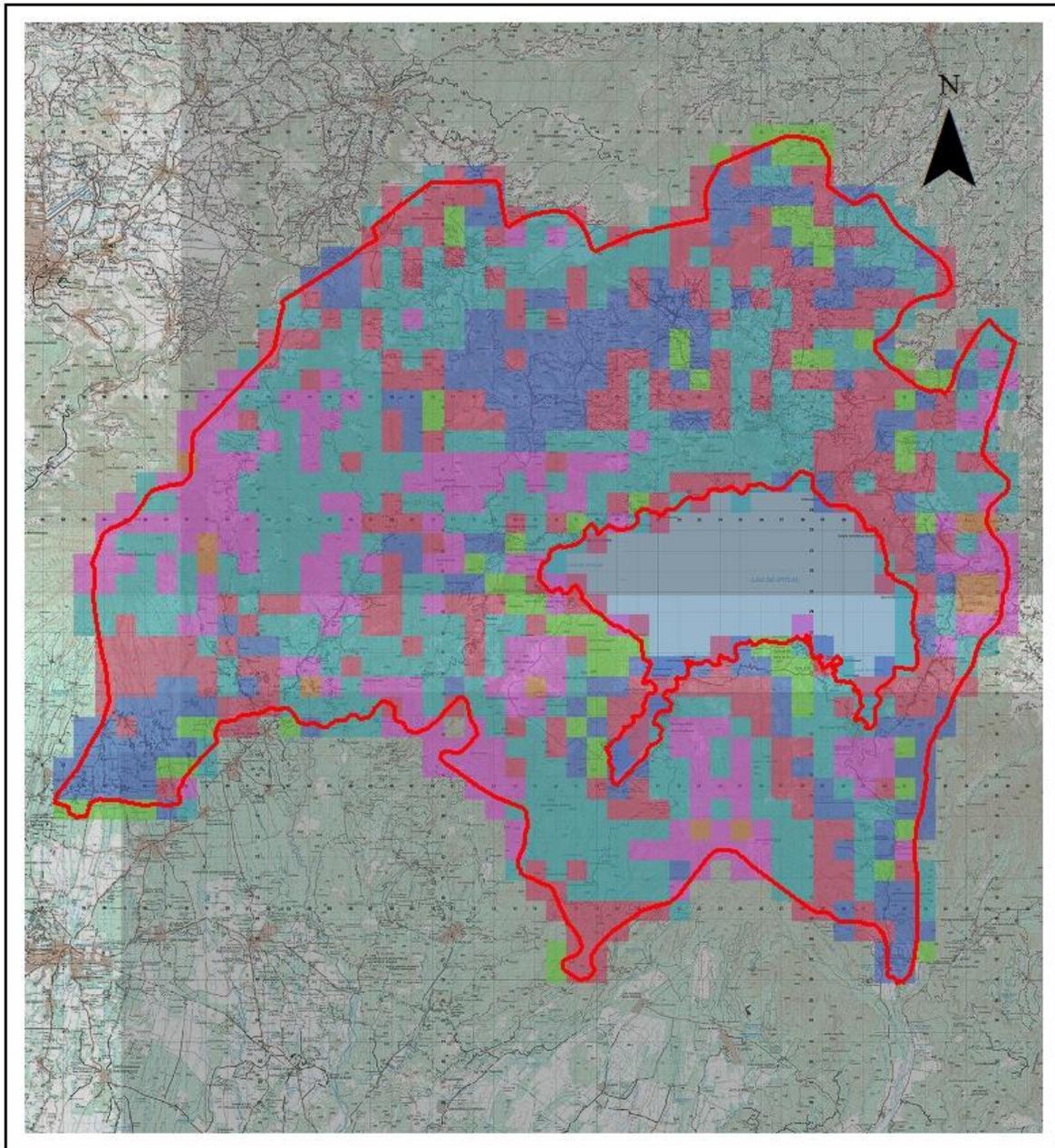
El índice de relieve relativo se trabajó en  $m/km^2$  y según los parámetros definidos en la metodología de Mora y Vahrson (1994), se presenta en el cuadro 21.

**Cuadro 21 Relieve relativo del departamento de Sololá**

Relieve Relativo	Calificativo	Parámetro Rr	Ha	%
0 - 75	Muy bajo	0	6,295.00	5.4
76 -175	Bajo	1	17,849.00	15.3
176 - 300	Moderado	2	26,213.00	22.5
301 -500	Mediano	3	36,134.00	31.0
501 - 800	Alto	4	16,728.00	14.3
> 800	Muy alto	5	1,121.00	1.0
Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340.00	10.6
<b>TOTAL</b>			<b>116,680.00</b>	100.0

**Fuente: Propia con Clasificación de Mora y Vahrson (1994)**

Tal como se observa en el cuadro 21, el 31% del área se encuentra en un relieve relativo calificado como mediano, el 22.5% se califica como moderada; el 15.3% en bajo y el 14.3% se califica como alto; por lo que se puede decir que la mayoría del área del departamento posee un relieve relativo que oscila de bajo a Alto, lo que puede apreciarse en la figura 24.



Leyenda Índice de Relieve Relativo					
[Red Line] Límite departamental					
Relieve Relativo	Calificativo	Parámetro Rr	Hs	%	
[Green]	0-75	Muy bajo	0	6,295.00	5.4
[Blue]	76-175	Bajo	1	17,849.00	15.3
[Red]	176-300	Moderado	2	26,213.00	22.5
[Cyan]	301-500	Mediano	3	36,134.00	31.0
[Magenta]	501-800	Alto	4	16,728.00	14.3
[Orange]	>800	Muy alto	5	1,121.00	1.0
[Light Blue]	Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340.00	10.6
TOTAL			116,680.00	100.0	

Fuente: Propia

Figura 24 Mapa de índice de relieve relativo del departamento de Sololá

### 2.14.2 Índice Litológico (L)

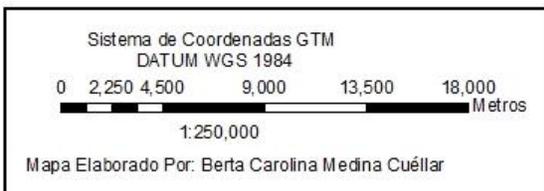
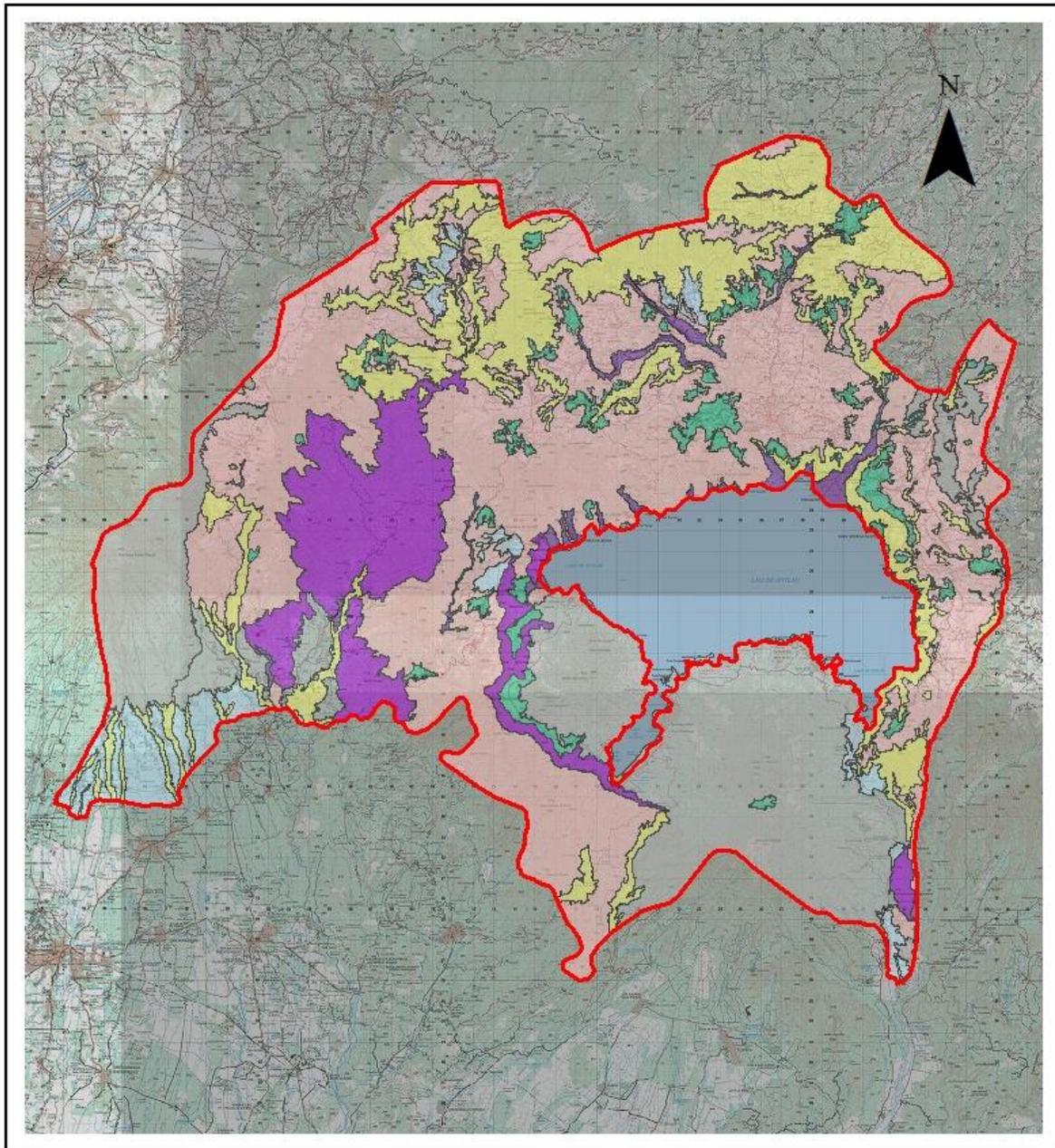
Según los parámetros definidos en la metodología de Mora y Vahrson (1994), el índice litológico del departamento de Sololá se presenta en el cuadro 22.

**Cuadro 22 Índice Litológico del departamento de Sololá**

<b>MATERIAL PARENTAL</b>	<b>Ponderación Litológica</b>	<b>Susceptibilidad Litológica</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
Depósitos superficiales clásticos aluvio-coluviales	5	Muy Alta	1,778.00	1.50
Depósitos superficiales clásticos aluviales	5	Muy Alta	41.00	0.04
Materiales piroclásticos no consolidados (ceniza y pómez)	4	Alta	42,988.00	36.84
Materiales piroclásticos no consolidados (tefra, ceniza y pómez)	4	Alta	24,139.00	20.69
Depósitos superficiales clásticos gravigénicos	4	Alta	4,185.00	3.59
Depósitos superficiales clásticos hidro-volcánicos (tefras, pómez y lodo)	3	Media	4,034.00	3.45
Rocas graníticas (granito, granodiorita)	2	Moderada	9,446.00	8.10
Depósitos piroclásticos consolidados (tobas)	1	Baja	17,729.00	15.19
Lago de Atitlán	0	No aplica	12,340.00	10.60
<b>TOTAL</b>			<b>116,680.00</b>	<b>100.00</b>

**Fuente: Propia con Clasificación de Mora y Vahrson (1994)**

Tal como se observa en el cuadro 22, el 57.53% del área del departamento está formado por materiales piroclásticos no consolidados que se caracterizan por ser materiales sueltos y de fácil desplazamiento; en tanto que el 15.19% está formado por depósitos piroclásticos consolidados que se caracterizan por ser materiales más o menos cementadas y el 8.10% del área está formada por rocas graníticas que se caracterizan por tener estructuras gruesas ; así como estar formadas de cuarzo, piritita y basalto; además son de moderada meteorización. En la figura 25, se aprecia el mapa de material parental e índice litológico del departamento de Sololá.



Legenda de Índice Litológico

MATERIAL PARENTAL	Ponderación Litológica	Susceptibilidad Litológica	Ha	%
Depósitos superficiales clásicos aluvio-coluviales	5	Muy Alta	1 778.00	1.80
Depósitos superficiales clásicos aluviales	5	Muy Alta	41.00	0.04
Materiales piroclásticos no consolidados (cenizas y pómulos)	4	Alta	4 298.00	39.84
Materiales piroclásticos no consolidados (tofas, cenizas y pómulos)	4	Alta	2 413.00	22.63
Depósitos superficiales clásicos graníticos	4	Alta	4 185.00	3.93
Depósitos superficiales clásicos hidro-volcánicos (tofas, pómulos y tefes)	3	Medio	4 054.00	3.48
Rocas graníticas (granito granodiorita)	2	Modera	2 448.00	2.30
Depósitos piroclásticos consolidados (tofas)	1	Baja	1 773.00	16.19
Lago de Atitlán	0	No aplica	1 2340.00	30.80
<b>TOTAL</b>			<b>138 680.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Propia

Figura 25 Mapa de índice de índice litológico del departamento de Sololá

Tal como se aprecia en la figura 25, las cenizas y pómez se encuentran distribuidos en el norte, centro, sur y este del departamento, en tanto las tefras cenizas y pómez están en los tres volcanes y al sur oeste del departamento.

### 2.14.3 Índice de la Humedad del suelo (H)

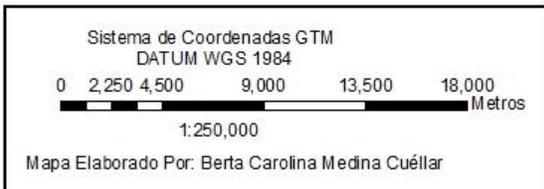
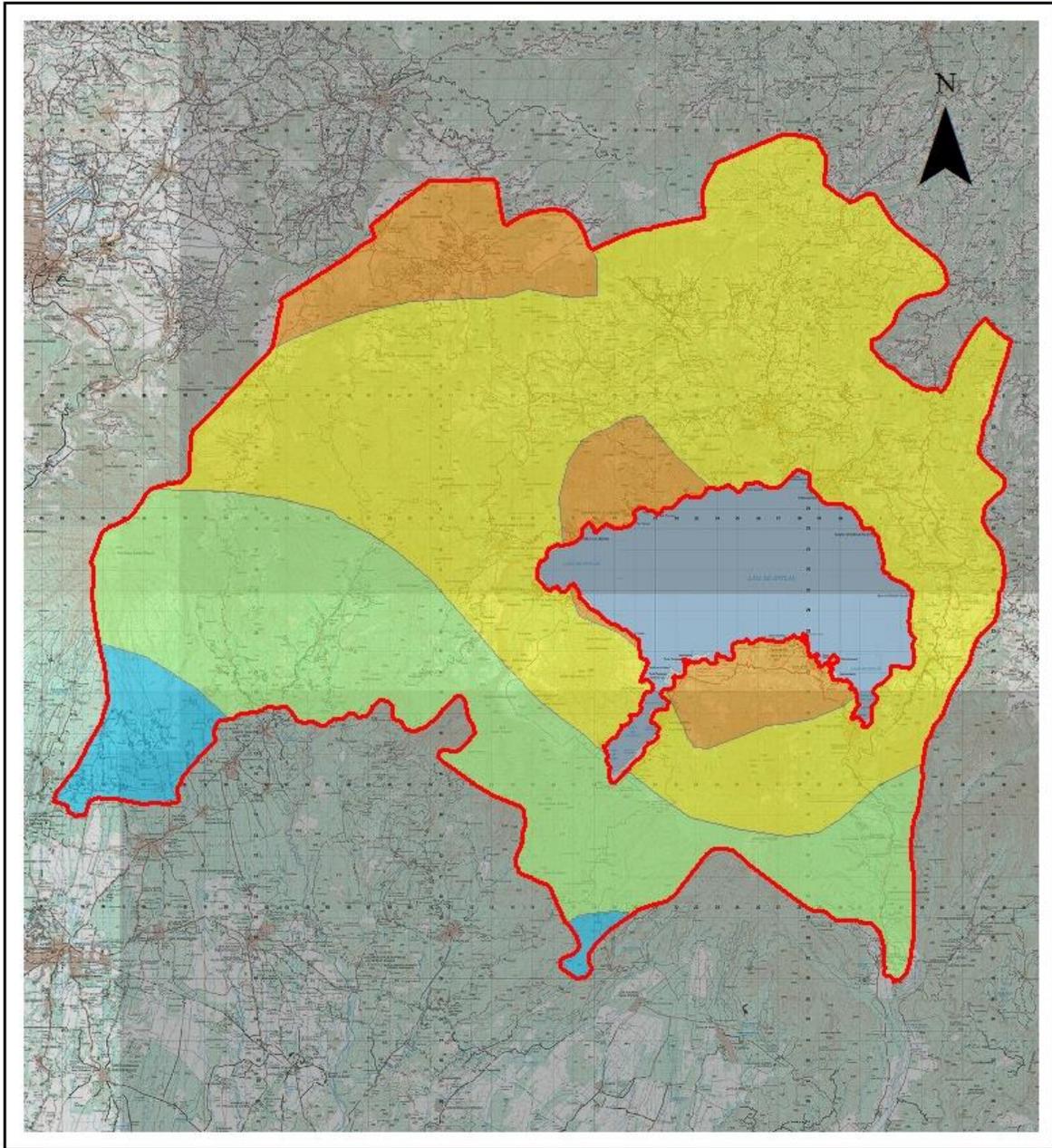
Según los parámetros definidos en la metodología de Mora Castro y Vahrson, el índice de humedad de suelos del departamento de Sololá se presenta en el cuadro 23.

**Cuadro 23 Índice de Humedad del Suelo del departamento de Sololá**

Valor Acumulado	Calificativo	Parámetro H	Ha	%
0 - 4	Muy bajo	1	12,340.0	10.6
4 - 175	Bajo	2	59,352.6	50.9
176 - 300	Medio	3	28,418.2	24.4
301 -500	Alto	4	4,229.1	3.6
Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340.0	10.6
<b>TOTAL</b>			<b>116,680.0</b>	<b>100.0</b>

**Fuente: Propia con Clasificación de Mora y Vahrson (1994)**

Tal como se observa en el cuadro 23, el 50.9% del área del departamento posee baja humedad en los suelos; en tanto el 24.4% tiene una humedad de suelos media y el 10.6% posee una humedad de suelos muy baja. En la figura 26, se aprecia el índice de humedad del suelo del departamento de Sololá.



Leyenda Índice de Humedad del Suelo					
Límite departamental					
Valor Acumulado	Calificativo	Parámetro H	Ha	%	
0 - 4	Muy bajo	1	12,340.0	10.6	
4 - 176	Bajo	2	59,352.6	50.9	
176 - 300	Medio	3	28,418.2	24.4	
301 - 500	Alto	4	4,229.1	3.6	
Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340.0	10.6	
TOTAL			116,680.0	100.0	

Fuente: Propia

Figura 26 Mapa de índice de humedad de suelos del departamento de Sololá

Tal como se aprecia en la figura 26, el sur del departamento cuenta con mediana a alta humedad en los suelos, en tanto el centro y norte del mismo tiene baja o muy baja humedad en los mismos.

#### 2.14.4 Índice de actividad sísmica (S)

En la base de datos de sismos reportados para el departamento de Sololá, durante el período de 1984 a 2013, se reportan un total de 132 sismos; de los cuales el 55.3% son de Intensidad de Mercalli Modificada (IMM) III y según Mora y Vahrson se pondera con 1 y se califica como “Leve”; tal como se aprecia en el cuadro 24.

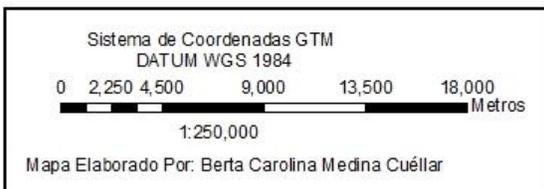
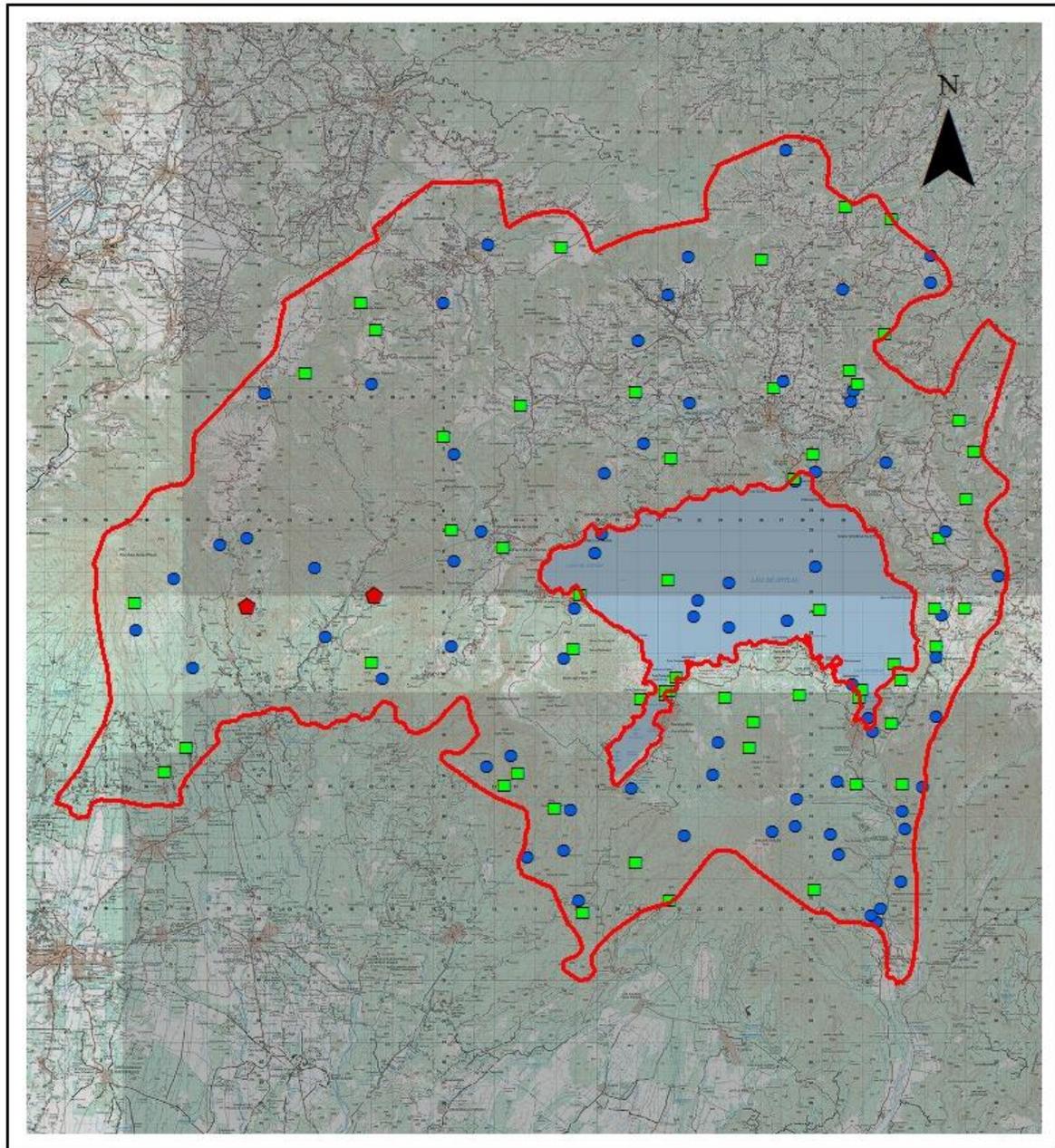
**Cuadro 24 Sismos reportados en el departamento de Sololá (Período de 1984-2013)**

IMM	Calificativo	Ponderación según Mora y Vahrson	Cantidad	%
III	Leve	1	73	55.3
IV	Muy bajo	2	57	43.2
V	Bajo	3	2	1.5
<b>TOTAL</b>			<b>132</b>	<b>100.0</b>

Fuente: **INSIVUMEH con Clasificación de Mora y Vahrson (1994)**

Asimismo, puede apreciarse que únicamente se reportan 2 sismos de IMM V; sin embargo, estos sismos marcaron la diferencia en función de ponderación del índice de actividad sísmica del departamento como se muestra en la figura 27.

En la figura siguiente se muestra la distribución de los sismos del departamento; así como la identificación de los mismos con base a la ponderación según Mora y Vahrson (1994).



Leyenda Sismos Reportados en el Departamento de Sololá					
Límite departamental					
Símbolo	IMM	Calificativo	Ponderación según Mora y Vahrson	Cantidad	%
●	III	Leve	1	73	55.3
■	IV	Muy bajo	2	57	43.2
◆	V	Bajo	3	2	1.5
TOTAL				132	100.0

Fuente: **INSIVUMEH**

**Figura 27** Mapa de sismos reportados en el departamento de Sololá (1984-2013)

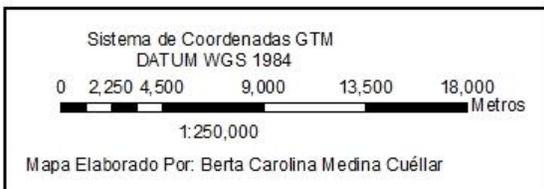
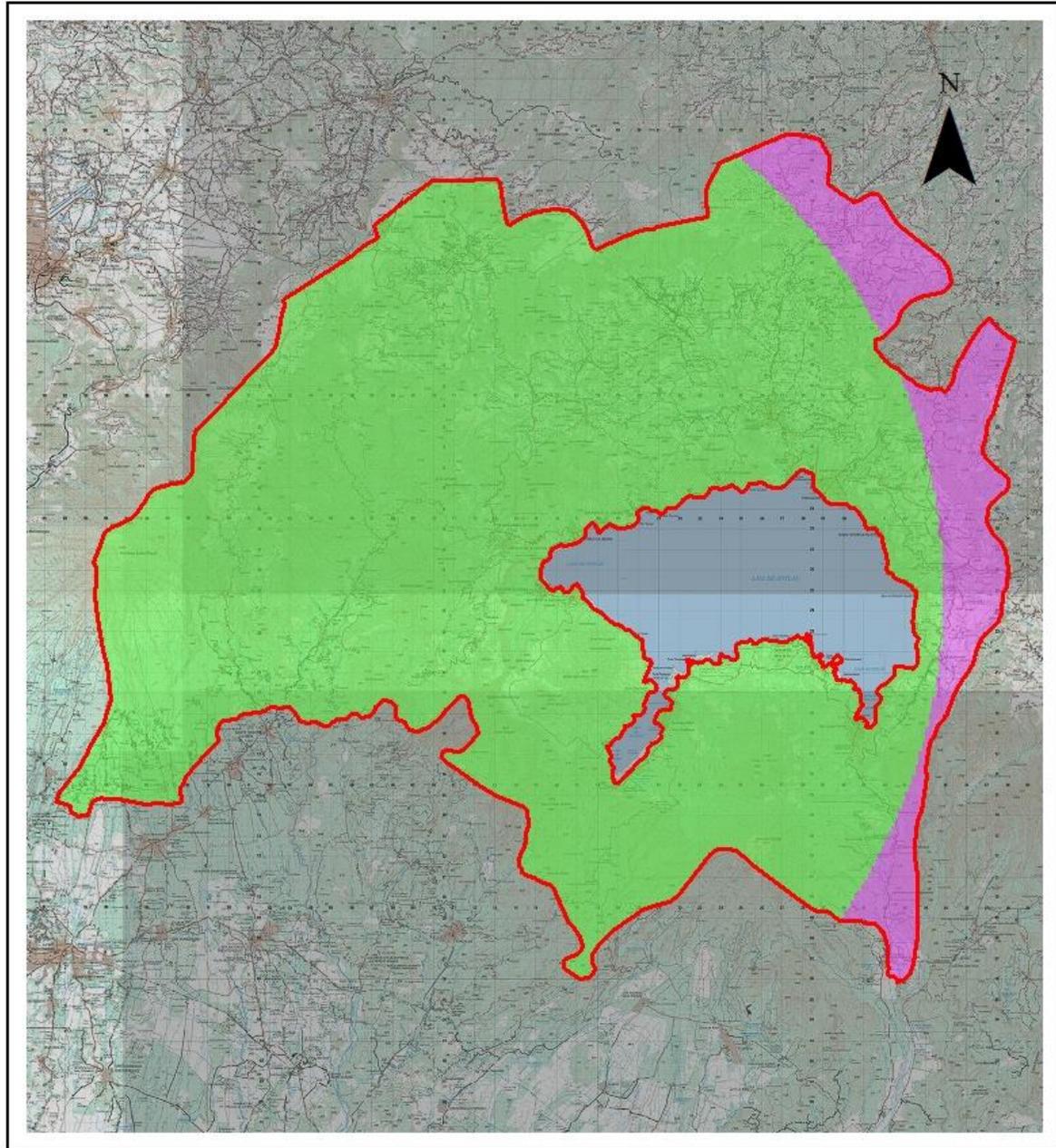
Según los parámetros definidos en la metodología de Mora y Vahrson (1994), el índice de actividad sísmica del departamento de Sololá, se presenta en el cuadro 25.

**Cuadro 25 Índice de Actividad Sísmica del departamento de Sololá**

<b>Intensidad Mercalli Modificada</b>	<b>Calificativo</b>	<b>Valor de S</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
III	Muy Bajo	2	10,412.0	8.9
IV	Bajo	3	93,928.0	80.5
Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340.0	10.6
<b>TOTAL</b>			<b>116,680.0</b>	<b>100.0</b>

**Fuente: Propia con Clasificación de Mora y Vahrson (1994)**

Tal como se observa en el cuadro 25, el 80.5% del área del departamento, se encuentra en un índice de intensidad de Mercalli Modificada de IV, calificado en la metodología como “bajo”; esto es producto del desplazamiento en área que tuvieron los dos sismos de IMM de nivel “V”; ya que el sismo que ocurrió sobre materiales piroclásticos no consolidados tuvo un desplazamiento de 17.3 Km de radio; en tanto el sismo que ocurrió sobre rocas graníticas tuvo un desplazamiento de 27.74 Km de radio; siendo este último, el que mayor cobertura tuvo sobre el departamento y el de mayor influencia, lo se aprecia en la figura 28.



Leyenda Índice de Actividad Sísmica					
Límite departamental					
Intensidad Mercalli Modificada	Calificativo	Valor de S	Ha	%	
III	MuyBajo	2	10,412.0	8.9	
IV	Bajo	3	93,928.0	80.5	
Lago de Atitán	No aplica	No aplica	12,340.0	10.6	
<b>TOTAL</b>			<b>116,680.0</b>	<b>100.0</b>	

Fuente: Propia

Figura 28 Mapa de índice de actividad sísmica del departamento de Sololá

### 2.14.5 Índice de las lluvias intensas (LI)

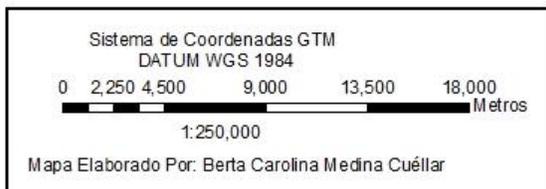
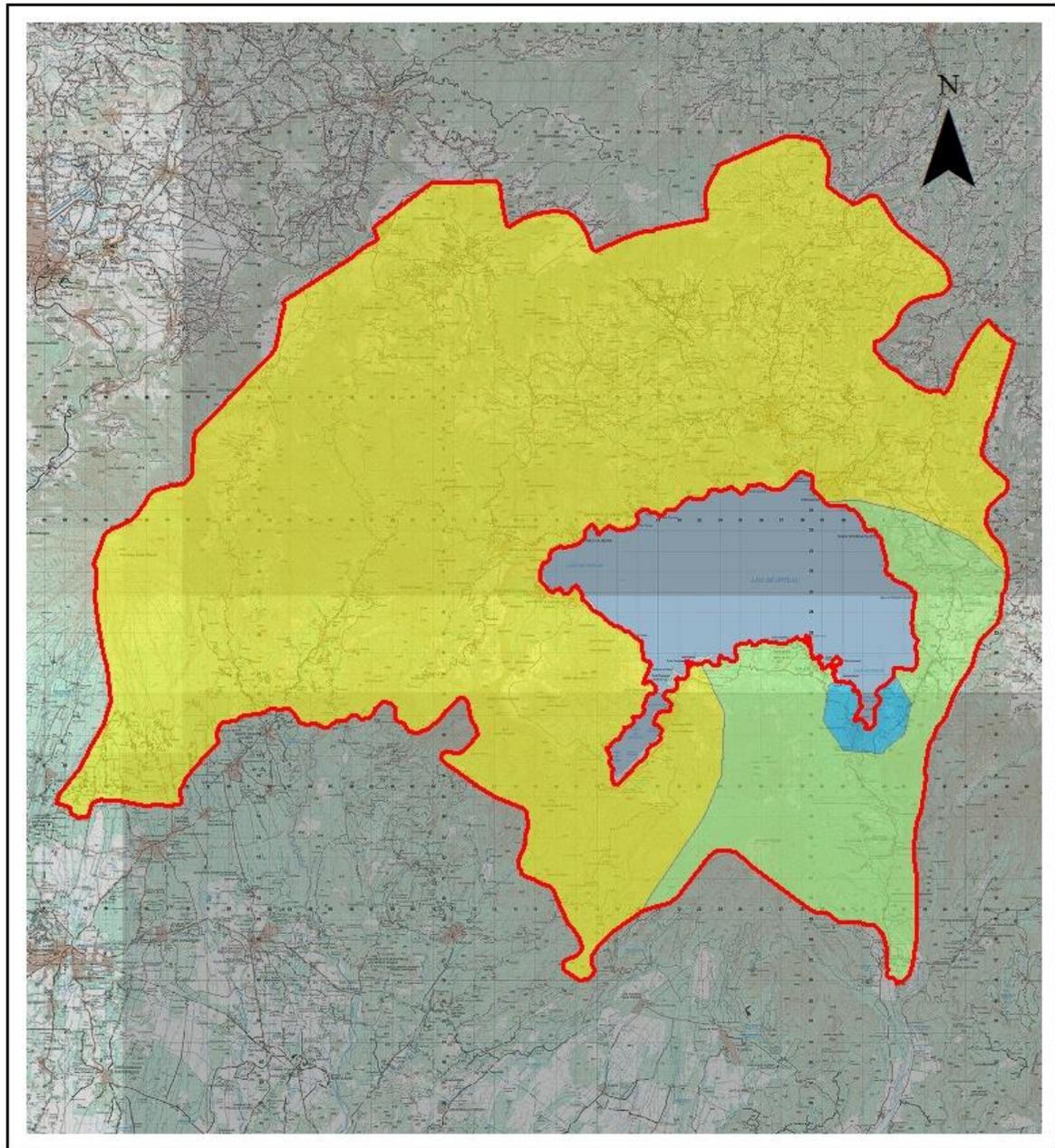
Según los parámetros definidos en la metodología de Mora y Vahrson (1994), el índice de lluvias intensas del departamento de Sololá, se presenta en el cuadro 26.

**Cuadro 26 Índice de Lluvias Intensas del departamento de Sololá**

pp promedio mensual (mm)	Calificativo	Parámetro LI	Ha	%
< 50	Muy bajo	1	0.0	0.0
51 - 90	Bajo	2	88,167.0	75.5
91 - 130	Medio	3	15,131.0	13.0
131 -175	Alto	4	1,042.0	0.9
Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340.0	10.6
<b>TOTAL</b>			<b>116,680.0</b>	<b>100.0</b>

**Fuente: Propia con Clasificación de Mora y Vahrson (1994)**

Tal como se observa en el cuadro 26, el 75.5% del área del departamento, se encuentra en un índice de lluvias intensas, calificado en la metodología como “bajo” y la precipitación pluvial promedio mensual estimada a 100 años (Gumbel) oscila de 51 a 90 mm de precipitación pluvial; en tanto el nivel alto (131 a 175 mm de precipitación pluvial), cubre el 0.9% del área del departamento; tal como se aprecia en la figura 29.



Leyenda Índice de Lluvias Intensas				
Límite departamental				
pp promedio mensual (mm)	Calificativo	Parámetro LI	Ha	%
< 50	Muybajo	1	0,0	0,0
51 - 90	Bajo	2	88,167,0	75,5
91 - 130	Medio	3	15,131,0	13,0
131 - 175	Alto	4	1,042,0	0,9
Lago de Atitlán	No aplica	No aplica	12,340,0	10,6
TOTAL			116,680,0	100,0

Fuente: Propia

Figura 29 Mapa de índice de Lluvias Intensas del departamento de Sololá

### 2.14.6 Valores de los niveles y clases de amenaza

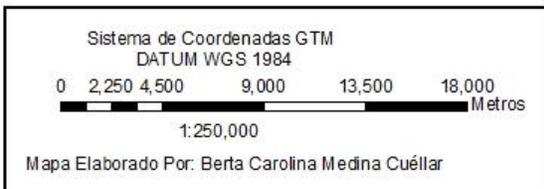
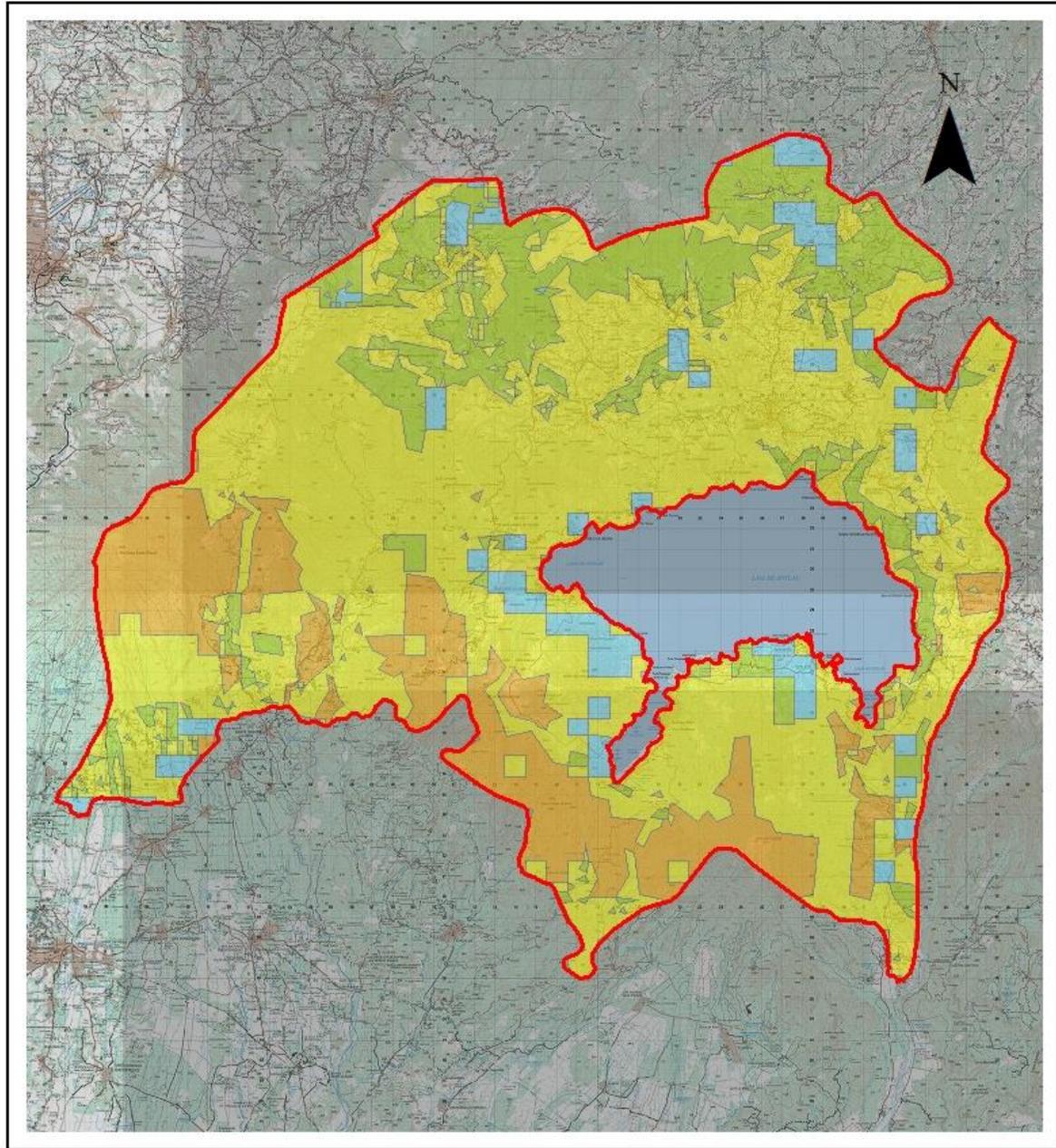
A través del análisis paramétrico de los índices de influencia de relieve relativo, condiciones litológicas, humedad usual del suelo, intensidad sísmica máxima e intensidad de lluvias, se tuvo como resultado que el 55.0% del área del departamento de Sololá corresponde a un “moderado grado de amenaza a deslizamientos”; según la clasificación de Mora Castro y Vahrson, lo que se puede observar en el cuadro 27.

**Cuadro 27 Clasificación del Grado de Amenaza a Deslizamientos de Sololá**

Clase	Grado de Amenaza	Ha	%
Clase I	Muy bajo	6,163.00	5.3
Clase II	Bajo	17,300.00	14.8
Clase III	Moderado	64,231.00	55.0
Clase IV	Mediano	16,646.00	14.3
Lago de Atilán	No aplica	12,340.00	10.6
<b>TOTAL</b>		<b>116,680.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Propia con Clasificación de Mora y Vahrson (1994)

Asimismo, se puede observar que el mayor grado de amenaza a deslizamientos, identificado en el departamento, es de clase IV, correspondiente a un grado “mediano” con un total de 16,646 ha, tal como se aprecia en la figura 30.

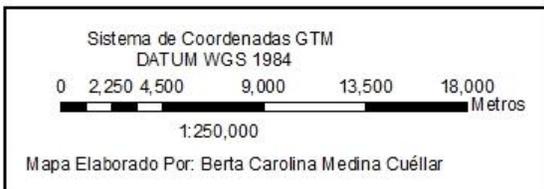
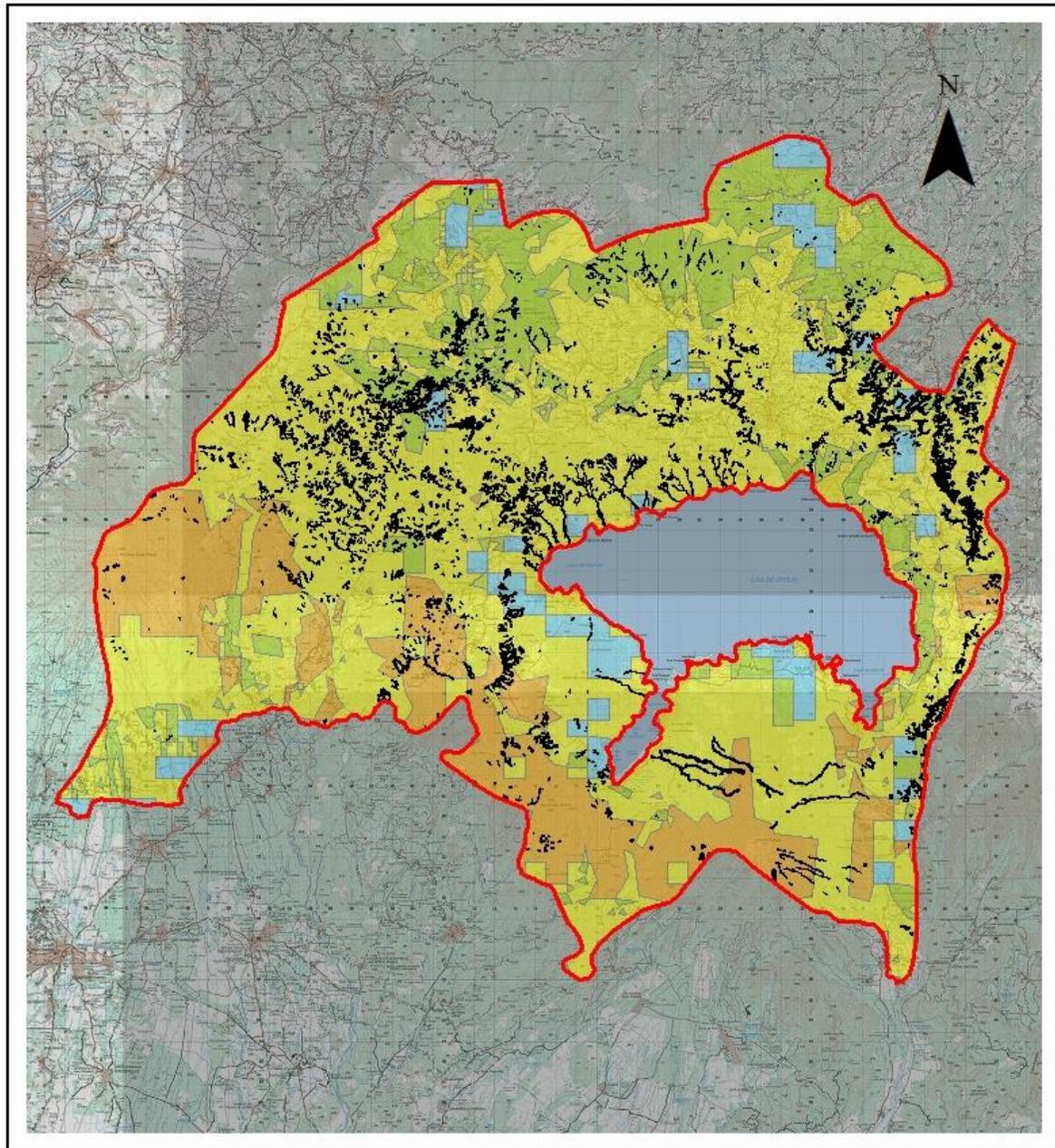


Leyenda de Amenaza a Deslizamientos				
Límite departamental				
Clase	Grado de Amenaza	Ha	%	
	Clase I	Muybajo	8,163.00	5.3
	Clase II	Bajo	17,300.00	14.8
	Clase III	Moderado	64,231.00	55.0
	Clase IV	Mediano	16,848.00	14.3
	Lago de Atitlán	No aplica	12,340.00	10.6
<b>TOTAL</b>			<b>116,680.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Propia

Figura 30 Mapa de clasificación de grado de amenaza a deslizamientos del departamento de Sololá

Asimismo, se presenta el mapa de clasificación de grado de amenaza a deslizamientos del departamento de Sololá, en el cual figuran todos los deslizamientos identificados a través de las Ortofotos del año 2006; en las cuales se observa claramente, todas las cicatrices posterior a la tormenta tropical Stan. Tal como aparece en la figura 31, en el grado de amenaza “moderado” se ubica el 70.4% del área total de los deslizamientos del departamento; en tanto que en el grado “mediano” se ubica el 15.4% del área de los deslizamientos.



Leyenda de Áreas de Deslizamientos			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="border: 1px solid red; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Límite departamental</div>			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="background-color: black; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Deslizamiento</div>			
Clase	Grado de Amenaza	Ha	%
Clase I	Muy bajo	121.50	4.1
Clase II	Bajo	300.49	10.1
Clase III	Moderado	2,087.39	70.4
Clase IV	Mediano	456.62	15.4
<b>TOTAL</b>		<b>2,966.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Propia

Figura 31 Mapa de clasificación de grado de amenaza y deslizamientos en la tormenta Stan

## 2.15 Propuesta de lineamientos de manejo para reducción de riesgo y amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá

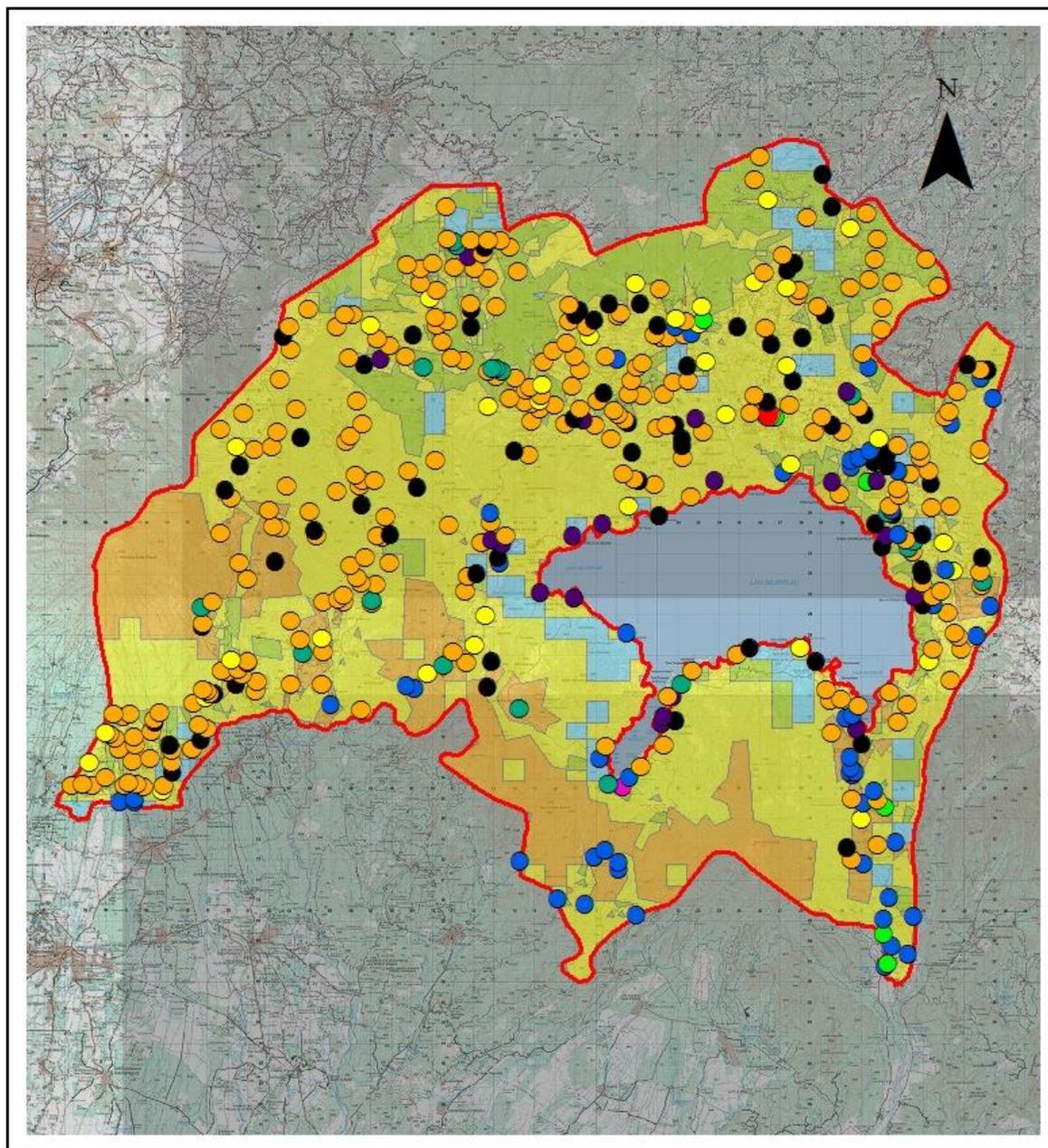
Según el Instituto Nacional de Estadística-INE (2002), se ubican 435 centros poblados dentro del departamento; sin embargo 304 (69.89%) se encuentran ubicadas en una categoría III con un grado de amenaza moderado; tal como se aprecia en el cuadro 28.

**Cuadro 28 Grado de amenaza de los poblados del departamento de Sololá**

Categoría de poblado	Grado de amenaza a deslizamientos				Total
	1	2	3	4	
Aldea		5	23	4	32
Caserío	12	45	175	19	251
Ciudad			1		1
Colonia		2	3	1	6
Finca	4	3	31	11	49
Lotificación			1		1
Otra	1	6	48	5	60
Paraje	2	4	6	5	17
Pueblo	1	1	16		18
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>66</b>	<b>304</b>	<b>45</b>	<b>435</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>4.60</b>	<b>15.17</b>	<b>69.89</b>	<b>10.34</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Propia

Asimismo, puede observarse que 45 poblados se ubican dentro de las áreas con mayor grado de amenaza identificadas en el departamento; mismos que pueden apreciarse en la figura 32.



Sistema de Coordenadas GTM  
 DATUM WGS 1984  
 0 2,250 4,500 9,000 13,500 18,000 Metros  
 1:250,000  
 Mapa Elaborado Por: Berta Carolina Medina Cuéllar

Categoría de poblado	Grado de amenaza a deslizamientos				Total
	1	2	3	4	
ALDEA	0	5	23	4	32
CASERIO	12	45	175	19	251
CIUDAD			1		1
COLONIA		2	3	1	6
FINCA	4	3	31	11	49
LOTIFICACION			1		1
OTRA	1	6	48	5	60
PARAJE	2	4	6	5	17
PUEBLO	1	1	16		18
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>66</b>	<b>304</b>	<b>45</b>	<b>435</b>
Porcentaje	4.60	15.17	69.89	10.34	100.00

Fuente: Propia

Figura 32 Mapa de clasificación de grado de amenaza a deslizamientos del departamento de Sololá

Según la información generada en el mapa anterior, los centros poblados con mayor riesgo a sufrir deslizamientos se encuentran ubicadas en las categorías III y IV, de Moderado y Mediano grado de amenaza, según la clasificación de la metodología Mora y Vahrson (1994), (ver anexo I). Por lo tanto deberían ser todos estos centros poblados, en los cuales deberían enfocarse mayoritariamente los esfuerzos en prevenir los movimientos de masa o deslizamientos; sin embargo no debe perderse de vista, realizar medidas preventivas en todo el departamento; ya que únicamente el 5.3% (6,163.0 ha) del área del departamento tiene muy baja susceptibilidad a deslizamientos

Los lineamientos propuestos para prevenir deslizamientos en el departamento de Sololá son:

- A. Implementación de estructuras de conservación de suelos
- B. Conservación de la cobertura vegetal
- C. Protección y recuperación de los bosques
- D. Tratamiento de taludes (construcción de estructuras de contención)
- E. Educación comunitaria

Se propone la implementación de las estructuras de conservación de suelos entre las que figuran:

- A. Acequias acompañadas de barreras vivas (zacate, té de limón y otras gramíneas)
- B. Curvas a nivel
- C. Terrazas

En el caso de las acequias, podría realizarse drenajes, con el objetivo de captar agua de lluvia, la cual pueda ser almacenada en depósitos artesanales, para realizar riegos en tiempo de verano; ya que al mismo tiempo de reducir la amenaza de deslizamientos por precipitación pluvial, se estaría aprovechando el recurso agua, con fines productivos agrícolas.

En el caso de la implementación de curvas a nivel y terrazas, en el momento de lluvias, se estaría reduciendo el grado de erosión e incrementando el grado de infiltración de agua en los suelos.

Es importante mantener la cobertura vegetal así como la protección y recuperación de los bosques; para lo cual se hace necesario realizar las siguientes actividades:

- A. Concientización en la población local sobre el uso de las rozas versus la incorporación de rastrojos a los suelos.
- B. Concientización en la población sobre la protección y recuperación de los bosques tanto naturales como artificiales.
- C. Promover las reforestaciones de áreas comunales y privadas

Sobre el tratamiento de taludes, es importante contemplar dentro de las obras grises, la construcción de estructuras de contención tales como muros de contención o recubrimiento de muros con drenajes.

Además, en el estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sololá se tienen identificadas áreas, según la capacidad de uso de los suelos (metodología de USDA- United States Department of Agriculture) y según dicha capacidad de uso, así como la amenaza a deslizamientos en el departamento de Sololá se han identificado las categorías de manejo de los suelos que se presentan en el cuadro 29.

**Cuadro 29 Manejo de los suelos en el departamento de Sololá**

Clasificación de Manejo	Clase de Amenaza a Deslizamientos				TOTAL ha
	1	2	3	4	
<b>2</b>	181.6	101.0	2,001.6	24.8	2,309.1
<b>3</b>	492.8	529.5	4,429.0	176.4	5,627.7
<b>4</b>	795.6	965.2	7,801.6	1,544.2	11,106.6
<b>5</b>	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0
<b>6</b>	0.0	4.1	534.1	0.0	538.2
<b>6.1</b>	1,031.4	2,536.2	11,789.1	1,924.5	17,281.2
<b>6.2</b>	230.2	123.8	2,161.3	325.4	2,840.7
<b>7</b>	2,391.2	6,552.4	15,780.2	6,433.1	31,157.0
<b>8</b>	946.0	6,076.9	17,990.5	6,058.7	31,072.1
<b>8.1</b>	60.3	418.1	1,748.0	175.1	2,401.4
<b>TOTAL</b>	<b>6,129.1</b>	<b>17,307.3</b>	<b>64,241.4</b>	<b>16,662.2</b>	<b>104,340.0</b>

Fuente: Propia

Según la información generada y plasmada en el anterior cuadro, las clases de manejo de suelo dominantes son la 7 y la 8, ya que ambas abarcan aproximadamente el 60% del área del

departamento. A continuación se detallan las prácticas de manejo de cada una de las clases listadas en el cuadro anterior.

Clase 2: Curvas a nivel, barreras vivas, cortinas rompe vientos, labranza mínima, incorporación de restos de cosecha y aplicación de materia orgánica, abonos verdes y orgánicos.

Clase 3: Siembra al contorno siguiendo curvas a nivel, barreras vivas y muertas, cortinas rompe vientos, labranza mínima, incorporación de restos de cosecha y aplicación de materia orgánica, abonos verdes y orgánicos.

Clase 4: Disminuir la erosión hídrica y esorrentía con siembra al contorno, barreras vivas y muertas, acequias de ladera, pozos de infiltración, cortinas rompe vientos, labranza mínima, incorporación de restos de cosecha y aplicación de materia orgánica, abonos verdes y orgánicos.

Clase 5: No aptas para agricultura, sino conservación de biodiversidad y se debe mantener la vegetación natural.

Clase 6: Siembra en contorno, barreras vivas y muertas, cortinas rompe vientos, sin mecanización, mantener la cobertura mínima para no tener exposición a gotas de lluvia, incorporación de restos de cosecha y aplicación de materia orgánica, abonos verdes y orgánicos.

Clase 6.1: Siembra al contorno, barreras vivas y muertas, acequias de ladera, pozos de infiltración, terrazas individuales, cobertura vegetal para no tener exposición a gotas de lluvia y aplicación de materia orgánica, abonos verdes y orgánicos.

Clase 6.2: Siembra al contorno, barreras vivas y muertas, acequias de ladera, pozos de infiltración, terrazas individuales, cortinas rompe vientos, sin mecanización, conservar cobertura vegetal para no tener exposición a gotas de lluvia, y aplicación de materia orgánica, abonos verdes y orgánicos.

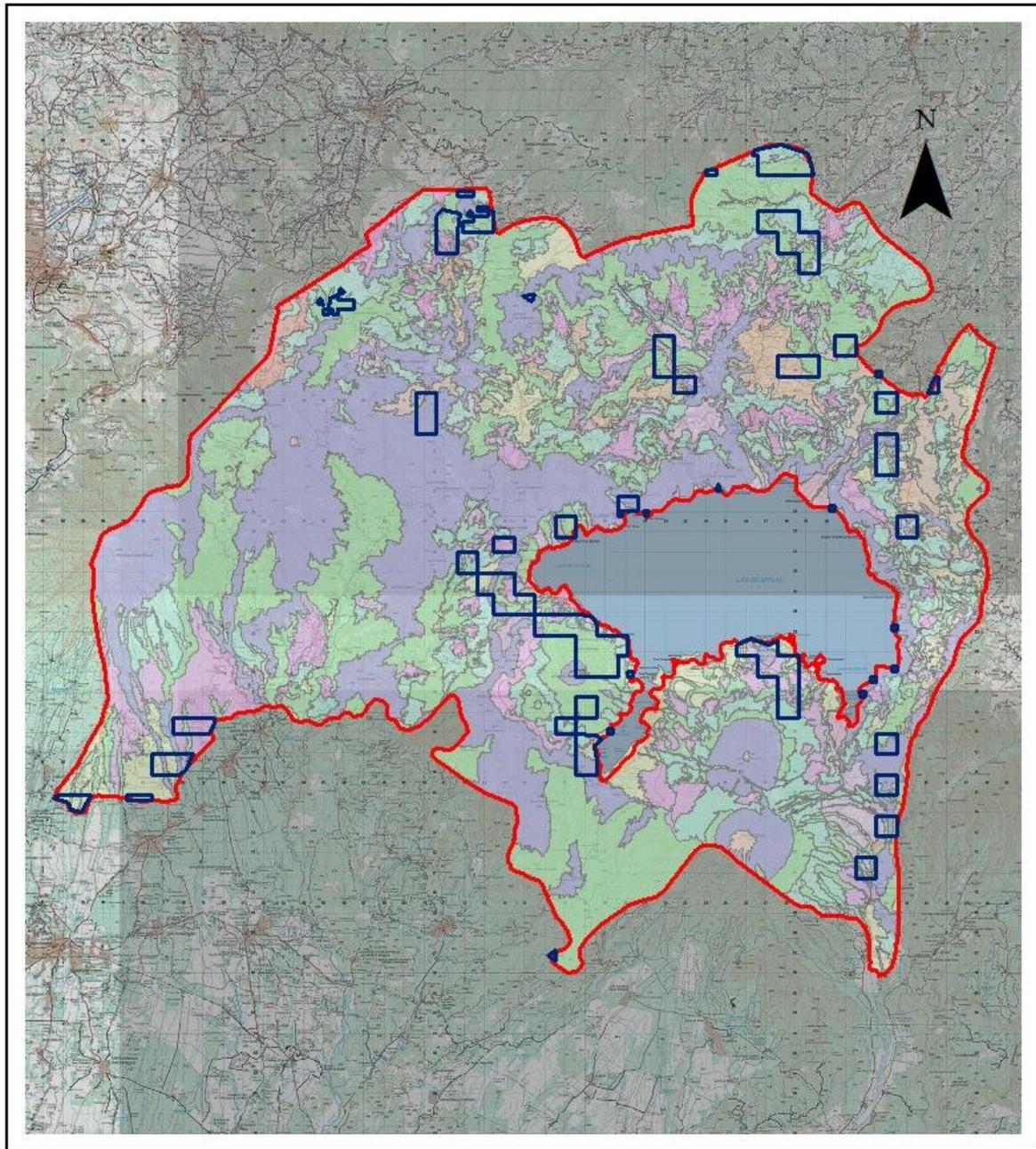
Clase 7: Mantener cobertura vegetal permanente, mantener sotobosque, plantaciones forestales con curvas a nivel, barreras vivas y muertas, acequias de ladera, pozos de infiltración, terrazas

individuales, planes de incendios forestales, cortinas rompe vientos, y aplicación de materia orgánica, abonos verdes y orgánicos.

Clase 8: Conservarse el bosque existente, propiciar regeneración natural de áreas taladas, evitar utilizar productos del bosque y contar con programas de incendios forestales.

Clase 8.1: Propiciar la regeneración natural de plantas forestales, arbustivas y herbáceas, evitar tala de relictos de bosques existentes, para mantener los corredores de biodiversidad, recuperación de suelos erosionados y control de incendios forestales.

A continuación se presentan las áreas de manejo de suelos, según el grado de amenaza de la clasificación de Mora y Vahrson (1994).

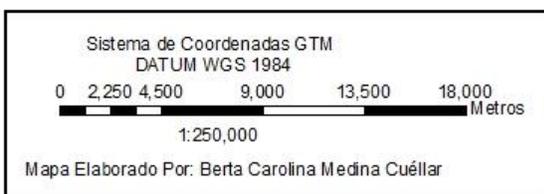
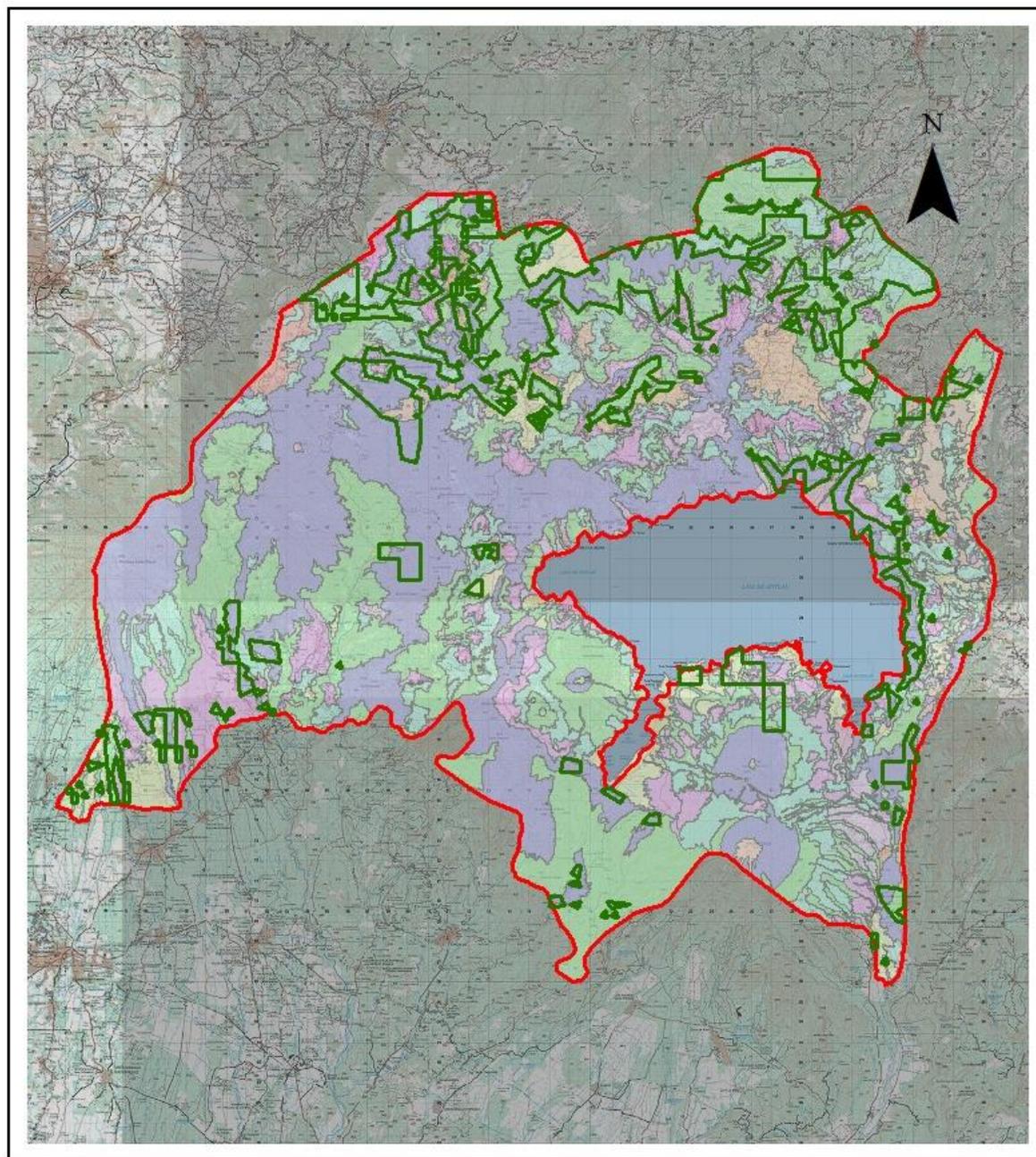


Sistema de Coordenadas GTM  
 DATUM WGS 1984  
 0 2,250 4,500 9,000 13,500 18,000 Metros  
 1:250,000  
 Mapa Elaborado Por: Berta Carolina Medina Cuéllar

Manejo	Clase de Amenaza a Deslizamientos				TOTAL ha
	1	2	3	4	
2	181.6	101.0	2,001.6	24.8	2,309.1
3	492.3	529.5	4,429.0	176.4	5,627.7
4	795.6	965.2	7,801.6	1,644.2	11,106.6
5	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0
6	0.0	4.1	534.1	0.0	538.2
6.1	1,031.4	2,536.2	11,789.1	1,924.5	17,281.2
6.2	230.2	123.8	2,161.3	326.4	2,841.7
7	2,391.2	6,552.4	15,780.2	6,433.1	31,157.0
8	946.0	6,076.9	17,990.5	6,058.7	31,072.1
8.1	60.3	418.1	1,748.0	175.1	2,401.4
TOTAL	8,128.1	17,507.3	84,241.4	18,862.2	104,540.0

Fuente: Propia

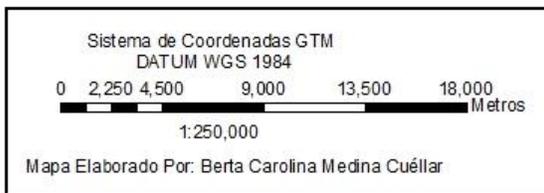
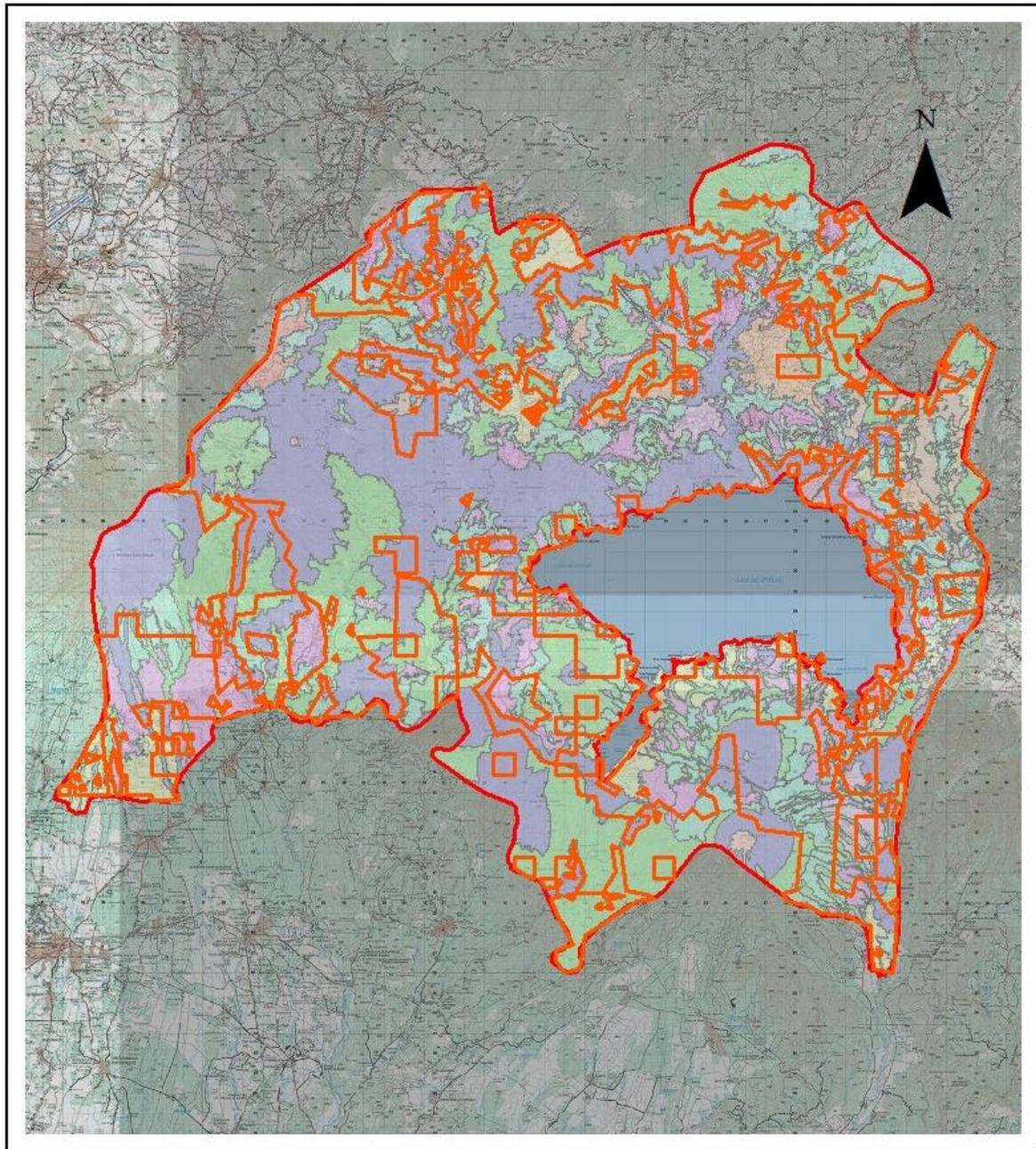
Figura 33 Mapa de Manejo de los Suelos del Departamento de Sololá con Clase de Amenaza I



Manejo	Clase de Amenaza a Deslizamientos				TOTAL ha
	1	2	3	4	
2	181.6	101.0	2,001.6	24.8	2,309.1
3	492.3	529.5	4,429.0	176.4	5,627.7
4	796.6	965.2	7,301.6	1,544.2	11,106.6
5	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0
6	0.0	4.1	534.1	0.0	538.2
6.1	1,031.4	2,536.2	11,789.1	1,924.5	17,281.2
6.2	230.2	123.8	2,161.3	325.4	2,840.7
7	2,391.2	6,552.4	15,780.2	6,433.1	31,157.0
8	846.0	6,076.9	17,990.5	6,058.7	31,072.1
8.1	60.3	418.1	1,748.0	175.1	2,401.4
TOTAL	8,128.1	17,507.5	64,241.4	16,862.2	104,540.0

Fuente: Propia

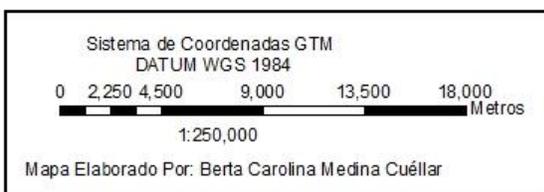
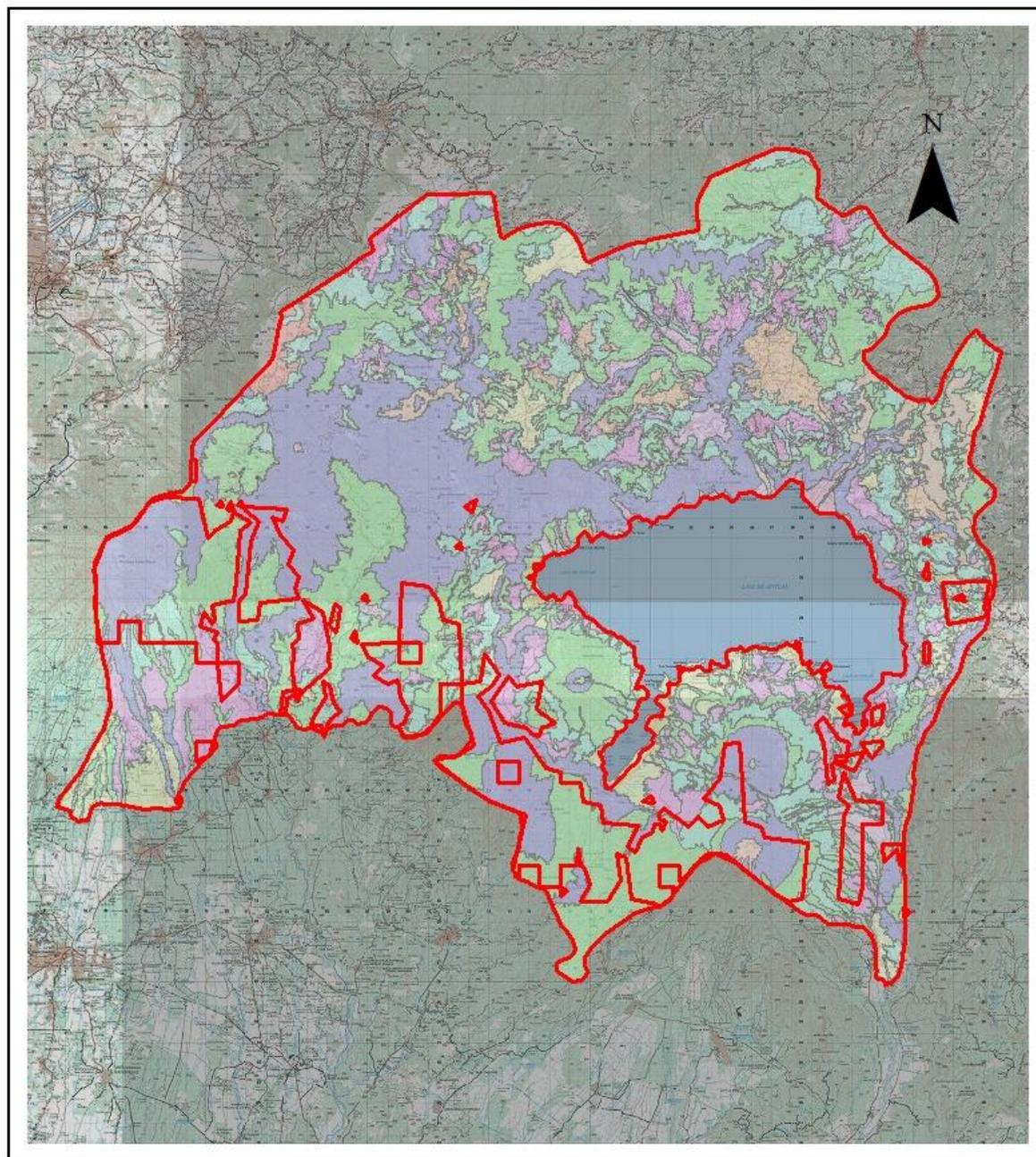
Figura 34 Mapa de Manejo de los Suelos del Departamento de Sololá con Clase de Amenaza II



Manejo	Clase de Amenaza a Deslizamientos				TOTAL ha
	1	2	3	4	
2	181.6	101.0	2,001.6	24.8	2,309.1
3	492.3	529.5	4,429.0	176.4	5,627.7
4	795.6	955.2	7,801.6	1,544.2	11,106.6
5	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0
6	0.0	4.1	534.1	0.0	538.2
6.1	1,031.4	2,536.2	11,789.1	1,924.5	17,281.2
6.2	230.2	123.8	2,161.3	326.4	2,841.7
7	2,391.2	6,552.4	15,780.2	6,433.1	31,157.0
8	946.0	6,076.9	17,990.5	6,058.7	31,072.1
8.1	60.3	418.1	1,748.0	175.1	2,401.4
<b>TOTAL</b>	<b>8,128.1</b>	<b>17,507.3</b>	<b>84,241.4</b>	<b>16,862.2</b>	<b>104,540.0</b>

Fuente: Propia

Figura 35 Mapa de Manejo de los Suelos del Departamento de Sololá con Clase de Amenaza III



Manejo	Clase de Amenaza a Deslizamientos				TOTAL ha
	1	2	3	4	
2	181.6	101.0	2,001.6	24.8	2,309.1
3	492.3	529.5	4,429.0	176.4	5,627.7
4	796.6	965.2	7,301.6	1,544.2	11,106.6
5	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0
6	0.0	4.1	534.1	0.0	538.2
6.1	1,031.4	2,536.2	11,789.1	1,924.5	17,281.2
6.2	230.2	123.8	2,161.3	325.4	2,840.7
7	2,391.2	6,552.4	15,780.2	6,433.1	31,157.0
8	946.0	6,076.9	17,990.5	6,058.7	31,072.1
8.1	60.3	418.1	1,748.0	175.1	2,401.4
<b>TOTAL</b>	<b>8,128.1</b>	<b>17,507.5</b>	<b>64,241.4</b>	<b>16,862.2</b>	<b>104,540.0</b>

Fuente: Propia

Figura 36 Mapa de Manejo de los Suelos del Departamento de Sololá con Clase de Amenaza IV

En el caso de la implementación de curvas a nivel y terrazas, en el momento de lluvias, se estaría reduciendo el grado de erosión e incrementando el grado de infiltración de agua en los suelos.

Es importante mantener la cobertura vegetal así como la protección y recuperación de los bosques; tarea que puede ser impulsada tanto por autoridades locales, como por el Instituto Nacional de Bosques-INAB y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas-CONAP, quienes pueden brindar charlas de sensibilización en los siguientes aspectos:

- A. Uso de las rozas versus la incorporación de rastrojos a los suelos.
- B. Protección y recuperación de los bosques tanto naturales como artificiales.
- C. Promover las reforestaciones de áreas comunales y privadas.

Sobre el tratamiento de taludes, es importante contemplar dentro de las obras grises, la construcción de estructuras de contención, tales como muros de contención o recubrimiento de muros con drenajes.

Asimismo, el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales-MARN, cuenta con un programa de Educación Ambiental, por medio del cual se puede sensibilizar a la población sobre el uso de rozas, así como la protección y recuperación de los bosques; trabajo que debe realizarse a nivel inter-institucional, el cual debe integrar tanto a organizaciones no gubernamentales, al sector gubernamental y a las autoridades locales; ya que de no sumarse esfuerzos, los logros en este aspecto podrían no tener el éxito esperado.

Todos los lineamientos anteriores, tienen como objetivo que la precipitación pluvial se infiltre en los suelos y que sea minimizada la probabilidad de escorrentías, así como movimientos en masa.

Además de la implementación de medidas preventivas a deslizamientos mencionadas anteriormente; es importante que las personas de las distintas áreas pobladas, cuenten con organización comunitaria y nombre representantes comunitarios, que tengan una relación directa con la Coordinadora Departamental de Reducción de Desastres-CODRED y con las

Coordinadoras Municipales de Reducción de Desastres-COMRED ya que las mismas son las responsables de coordinar actividades previas, durante y después de los distintos desastres que ocurren; así como coordinan actividades dentro de los distintos Centros de Operaciones de Emergencia –COE que se implementan en las gobernaciones departamentales, al momento de emergencias provocadas por desastres naturales.

## 2.16 CONCLUSIONES

- 2.16.1 El tipo de deslizamiento y el tamaño de los mismos no tienen relación; ya que en todas las categorías en función de área, se presentaron los de tipo traslacional, rotacional y flujo de detritos; por lo que se puede decir que el tipo de deslizamiento está más relacionado con los aspectos formadores del suelo.
- 2.16.2 Las características similares de los suelos en áreas de deslizamientos, refleja que la mayoría de los mismos, se ubican en suelos con régimen de humedad ústico; en materiales de piroclastos no consolidados, en los suelos de orden Andisol, los denominados “no suelo” y el orden Inceptisol suelos que les favorecen a ser de fácil desplazamiento. Tanto en suelos de tipo Andisol e Inceptisol se presentan deslizamientos de tipo traslacional, y rotacional y los denominados “no suelo” presentan los flujos de detritos.
- 2.16.3 Según la información de precipitación pluvial, facilitada por el INSIVUMEH, se identificó que las precipitaciones pluviales en el departamento de Sololá, durante el año 2005, oscilaron entre 81 y 231 mm de precipitación pluvial de lluvia diaria máxima en el año y los deslizamientos se ubican en áreas que superan los 90 mm de precipitación pluvial en un día; por lo que se identifica que el factor disparador de los deslizamientos en el departamento de Sololá, es la precipitación pluvial superior a los 90 mm de precipitación pluvial por día; por lo que se aprueba la hipótesis planteada.
- 2.16.4 Respecto a la identificación de áreas bajo amenaza a deslizamientos, el 55% del departamento se encuentra bajo una amenaza moderada a deslizamientos y un 14.3% a una amenaza mediana.
- 2.16.5 Los lineamientos planteados para el manejo de áreas bajo amenaza a deslizamientos, corresponden a la implementación de prácticas de manejo y estructuras de conservación de suelos acordes a los requerimientos de cada área específica.

## 2.17 RECOMENDACIONES

- 2.17.1 Se recomienda implementar los lineamientos de manejo de suelos identificado para cada área específica del departamento y prioritariamente en las 45 comunidades que se identificaron con mayor probabilidad de deslizamientos; ya que con la aplicación los mismos, se mitigará el impacto de la precipitación pluvial en los suelos del área y por ende reducirá la probabilidad de la ocurrencia de deslizamientos; además se mejorará la capacidad de infiltración del agua de lluvia y se minimizará la erosión de los suelos para la conservación dicho recurso.
- 2.17.2 Se debe mantener la cobertura vegetal existente, así como proteger y recuperar los bosques existentes para mejorar y asegurar la infiltración de agua de lluvia en los suelos del área; ya que esto favorecerá a la captación de agua de manto frático; además que minimizará la erosión hídrica del área y .aportará un valor agregado al paisaje del departamento.
- 2.17.3 Fomentar la participación de los habitantes y de las autoridades locales del departamento para que se involucren con las entidades nacionales, departamentales y municipales existentes; tales como la Coordinadora Departamental de Reducción de Desastres-CODRED y con las Coordinadoras Municipales de Reducción de Desastres-COMRED ya que las mismas son las responsables de coordinar actividades previas, durante y después de los distintos desastres que ocurren; además coordinan actividades dentro de los distintos Centros de Operaciones de Emergencia –COE que se implementan en las gobernaciones departamentales, al momento de emergencias provocadas por desastres naturales.

2.17.4 Implementar infraestructura de protección en carreteras del departamento, tales como estructuras de contención con drenajes de aguas pluviales, gaviones y otros que sean necesarios; pues esto garantizará que las vías estén expeditas; para lo cual se hace necesario que las autoridades locales gestionen recursos u obras de infraestructura gris ante el Consejo De Desarrollo Departamental y ante el Gobierno Central para que empresas privadas o el Ministerio de Comunicación, Infraestructura y Vivienda- MICIVI realicen las obras necesarias para prevenir deslizamientos en las orillas de las carreteras del departamento.

## 2.18 BIBLIOGRAFÍA

1. Almorox Alonso, J. 2007. Distribución de método Gumbel (en línea). Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid. 3 p. Consultado 27 mar 2014. Disponible en <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-7/METODO-DE-GUMBEL.pdf>
2. Ballantyne, DB. 1994. Minimizando el daño sísmico: guía para operadores de agua (en línea). Estados Unidos. Consultado 26 dic 2014. Disponible en <http://helid.digicollection.org/en/d/Js8246s/5.6.1.html#Js8246s.5.6.1>
3. Barillas, E. 2013. Historia y ocurrencia de los deslizamientos generados por lluvias en Guatemala, Centro América. Guatemala, Fulbright Association / USGS / CONRED / INSIVUMEH. 65 p.
4. Congreso de la República de Guatemala, GT. 1986. Ley preliminar de regionalización, Decreto 70-86 (en línea). Guatemala. Consultado 25 mar 2013. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:X9ynoVOu-z4J:es.scribd.com/doc/42196291/Ley-Preliminar-de-Regionalizacion-Decreto-70-86+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=gt>
5. CORPOCALDAS (Corporación Autónoma Regional de Caldas, CO). 2006. Taller internacional sobre gestión de riesgo a nivel local. Colombia. 34 p.
6. CRED (Centro de Investigación sobre Epidemiología de los Desastres, CA). 2014. Vocabulario de términos de uso frecuente en riesgos y desastres (en línea). España, Universidad de Alicante, Instituto Universitario de Geografía, Laboratorio de Climatología. Consultado 22 dic 2014. Disponible en [http://www.labclima.ua.es/diccionarios/riesgos\\_desastres.asp](http://www.labclima.ua.es/diccionarios/riesgos_desastres.asp)
7. FAFG (Fundación de Antropología Forense de Guatemala, GT). 2014. Different contexts of disappearances (en línea). Guatemala. Consultado 24 mar 2014. Disponible en <http://www.fafg.org/pagTemas/tema01.htm>
8. IGN (Instituto Geográfico Nacional “Alfredo Obiols”, GT). 1993. Mapa geológico general de la república de Guatemala (hoja Guatemala). Guatemala. Esc. 1:250,000. Color.
9. IGN (Instituto Geográfico Nacional “Alfredo Obiols”, GT). 2008. Mapa geológico general de Guatemala (hojas: Chicacao, San Lucas Tolimán, Santa Catarina Ixtahuacán y Sololá). Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
10. \_\_\_\_\_. 2009. Mapa de división político-administrativa a nivel municipal de la república de Guatemala. Guatemala. Escala 1.250,000. Color.

11. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT) 2002. XI censo nacional de población y VI de habitación. Guatemala. 1 CD.
12. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2006. Evaluación del alud tipo lahar que soterró al cantón de Panabaj y afectación del cantón de Tzanchag. Guatemala. 12 p.
13. \_\_\_\_\_. 2014. Base de datos de precipitación pluvial promedio mensual (en línea). Guatemala. Consultado 15 mar 2014. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/estacionesmet.html>
14. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo (DIGEGR), GT). 2011. Mapa de uso actual del departamento de Sololá a partir de ortofotos a escala 1:15,000 y obtenido a través de talleres con expertos locales municipales; leyenda: método Corine Land Cover. Esc. 1:15,000. (Sin publicar).
15. \_\_\_\_\_ 2013. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sololá. Guatemala. 948 p.
16. Mora, R. 2013. Fundamentos sobre deslizamientos (en línea). Costa Rica. Consultado 24 mar 2014. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>
17. Mora, S; Vahrson, WG. 1994. Macrozonation methodology for landslide hazard determination. Bulletin Association of Engineering Geologists 31(1):49-58.
18. Mota Chavarría, MA. 1997. Evaluación de la amenaza por deslizamientos para un área en el municipio de Chinautla, Guatemala. Tesis Ing. Geol. Cobán, Guatemala, USAC, CUNOR, Facultad de Ingeniería. 115 p.
19. Skinner, BJ; Porter, SC. 1992. The dynamic earth: an introduction to physical geology. 2 ed. New York, US, John Wiley & Sons. 570 p.
20. Varnes, DJ. 1978. Slope movement: types and processes. *In* Schuster, RL; Krizek, RJ. 1978. Landslides: analysis and control. Washington, D.C., US, National Research Council / Commission on Sociotechnical Systems / Transportation Research Board / National Academy of Sciences. 234 p. (Special report 176).



## 2.19 ANEXOS

### 2.19.1 Anexo I Grado de Amenaza de Áreas Pobladas

Áreas pobladas ubicadas en áreas con grado de amenaza IV, Mediano grado de Amenaza a Deslizamientos

Municipio	Categoría	Área poblada
Nahualá	Aldea	Xejuyub
	Caserío	Pacanal Chirij Cruz Chuicha o Chicua Pacaman Pasac Pasaquejuyup Patzulin
	Otra	Sajquim
	Paraje	Parajuyub
San Lucas Tolimán	Aldea	Panimaquip
	Caserío	Pachojilaj Totolya
	Colonia	Xejuyú
	Finca	El Porvenir y Guardianía Toltoyá Patzibir
San Andrés Semetabaj	Paraje	La Comunidad
San Antonio Palopó	Caserío	Chisajca
	Finca	Chichoy
San Juan La Laguna	Aldea	Pasajquim
	Caserío	Pocona
	Finca	La Dicha Pacaybal
	Otra	Chicajay Patzunoj
	Paraje	San Simón
San Lucas Tolimán	Caserío	Pampojila Panaranjo
	Finca	Las Amalias
San Pedro La Laguna	Paraje	Chiquiacay
Santa Catarina Ixtahuacán	Aldea	Guineales
	Caserío	Chicorral Chuachinuplxtahuacán Chuizacabal Las Palmas Pasacwoch Xetulul
	Finca	Paculam
	Otra	Camaché Grande Pabalaba
	Paraje	Capucajache
Santiago Atitlán	Finca	El Carmen Metzabal El Rosario Las Cascadas de Nicaj Santa Amalia

Fuente: Propia

**Áreas pobladas ubicadas en áreas con grado de amenaza III, Moderado grado de Amenaza a Deslizamientos**

<b>Municipio</b>	<b>Categoría</b>	<b>Área poblada</b>
Concepción	Caserío	La Cumbre Pujujilito
	Otra	Pachicoj
	Paraje	Patsiguan
	Pueblo	Concepción
Nahualá	Aldea	Palacal
	Caserío	Balamabaj Sohomip Chibaquib Chilopizap Chiquisis Chiquix Chirijalima Chirijcaja Chuamango Chuamango Xojolá Chuilacal Chuisuc Cullil La Mesita Maxanija Papeya Pacanal I Pachutiquin Pacoxonm Pajoca Palanquix Guachiaquib Paqui Parraxquim Pasac Pasajquim Pasaqwach Patzij Patzite Racantacaj Tzamabaj Tzamcoton Santa rita Tzanjuyp Tzucubal Xeabaj Xexac Xolcaja Xolcoja Yoxaja
	Otra	Chicullil Chuacetesicabaj Chuisacuesan La Mesita La Toma Los Planes

		Pabinala Parracana Patzaxquim Ventana Abajo 1 Ventana Abajo 2
	Pueblo	Nahualá
Panajachel	Aldea	Patanatic
	Caserío	Jucanya
	Finca	La Vega Natividad San Felipe Santa Socorro
	Pueblo	Panajachel
San Lucas Tolimán	Caserío	La Puerta Pachitulul Pacoc San Martín Tierra Santa
	Colonia	El Mirador
	Finca	Cacahute Pampojila Paxan Peña Flor Sajbina San José Cacahuate San José La Providencia Santa Alicia Santa Teresa Santo Tomás Pachuj Venecia
	Otra	Tzalamabaj
	Pueblo	San Lucas Tolimán
San Andrés Semetabaj	Aldea	Godinez Las Canoas
	Caserío	Caliaj o Choacoliaj Choaquec Chuchiya Chuti Estancia Las Cruces Los Robles Maria del Carmen Panimatlam Patup o Xejuyú II Xejuyú I
	Colonia	Lomas de Atitlán
	Finca	Chuti Estancia El Sucum La Lucha Sacutiu Santa Victoria
	Otra	Mirador Pacaman El Mirador Pamuch Panalachaj Panimaché Chiquito

		Paquín Pasojob Sacubu Xecotoj
	Paraje	Convento Karmel Juyú
	Pueblo	San Andrés Semetabaj
San Antonio Palopó	Caserío	Chitulul Chuiquistel El Naranjo Ojo de Agua Porvenir Chupop San Gabriel Tzancorral Tzanpetey Xequistel Xojolón
	Finca	Panibaj Vista Hermosa
	Pueblo	San Antonio Palopó
San José Chacayá	Caserío	Chuimanzana Las Minas Los Tablones Parromero
	Otra	Chaquighol Chuichimuch María Linda Xesaquilac
	Pueblo	San José Chacayá
San Juan La Laguna	Aldea	Palestina Panyever
	Caserío	Panacal
	Pueblo	San Juan La Laguna
San Lucas Tolimán	Finca	Esmeralda
San Marcos La Laguna	Pueblo	San Marcos La Laguna
Santa Catarina Ixtahuacán	Aldea	Chirijox La Ceiba Tzanjuyub Tzucubal Xepiacul
	Caserío	Xepiacul Caleras Chicosa Chirijmasa Chirijmay Chiucutama Chuatzam Chuchugualcox Chuiosanto Tomás Chuicoljoj o Chuicomo Chuicumatzasis Huidolores Chuigirondina Chuinima o Uwalsin Chuinonabaj Chuisajcaba

		Chuisamayac Chuisibel Comonoj La Unión Pacaman o Paculam Pachipac Pachoj Pacorral I y Xetinamit Pacut Pacutama Palamob Palilic Palomob Panguiney Panimaquim Paquisic Pasac Paseyneba Pasin Patzaj Patzite Patzumajuil Paximbal Pacorral II Pualo Haj San Miguelito Tzamabaj Tzamchaj Xebaj I Xebaj II Xecalibal Xecaquixcan Xesaquiac Xetinamit Xo'lia Xoljuyup Xolquilá
	Finca	Parraxe
	Otra	Camanchaj Chuisacabaj Corral Pachiyut Pala Payoxajá Pugalcox Sohoma Tzumajul
	Paraje	Cecuchin
	Pueblo	Santa Catarina Ixtahuacán
Santa Catarina Palopó	Caserío	Pacamán
	Paraje	Xesiguán
Santa Clara La Laguna	Caserío	Chacap Paquip Xiprian
	Finca	El Panorama Las Delicias

	Otra	Chitun
Santa Cruz La Laguna	Aldea	Tzununá
	Caserío	Chaquijchoy Chuitzanchaj Jaibalito Pajomel Pajomel Chiquito
	Otra	La Cumbre
	Pueblo	Santa Cruz La Laguna
Santa Lucía Utatlán	Aldea	Chuchexic o Los Planes Chuchexic Pamesabal
	Caserío	Chiaj Chijcajá Chilojomché Chool Chuicruz Chijomil Chuilajkacquix Chuitzam Cruz Be Los Angeles Nicajokim Novillero Pachaj Pachipac Pachocon Payajut San Cristobal Buena Vista San Jorge Tierra Linda Tzamjucup Tzantinamit Tzolocche o Xola Xejuyupa Xepec Xetzampual
	Finca	Ciena Grande
	Otra	Chocol Chuchimuch San Cristóbal Buena Vista
	Pueblo	Santa Lucía Utatlán
	Santa María Visitación	Caserío
	Pueblo	Santa María Visitación
Santiago Atitlán	Aldea	Cerro de Oro
	Caserío	Panabaj San Chicham Tzanchaj
	Finca	La Providencia Monte de Oro
	Lotificación	Bahía de Santiago
	Otra	Patuacal
	Paraje	Pachavac Xetuk

	Pueblo	Panaj Santiago Atitlán Tzanjuyú
Sololá	Aldea	Argueta Chirijixin Argueta Chuaxic Chuiquel El Tablón Los Encuentros San Jorge La Laguna Xajaxac
	Caserío	Cooperativa Xaquijya El Adelanto El Molino El Rosario La Unión Argueta Los Churuneles II Moante Mercedes Panca San Isidro Tierra Linda Xibalbay Yerbabuena
	Ciudad	Sololá
	Colonia	Minerva
	Finca	Alaya San Juan Argueta
	Otra	Chumanzanas El Barranco Los Yaxon Nueva Esperanza Sacsiguán Santa María El Tablón Xacoxac

Fuente: Propia

**Áreas pobladas ubicadas en áreas con grado de amenaza II, Bajo grado de Amenaza a Deslizamientos**

Municipio	Categoría	Área poblada
Concepción	Finca	Chuitziyutz
Nahualá	Caserío	Paximbal Chacap Chichoiché Chicotiyab Chicucab Paquila Chimasa Chipatuj Chirij Raxón Chuisacap Chuisajcab centro Pachiipac Pasajquim Patzité Cochol

		Quiacsiguán San Lázaro Xepatuj o Rabario Xoljuxup
	Otro	Xecullil
	Paraje	Cuacruz Parajuyub Xo'ljuyub'
San Lucas Tolimán	Colonia	La Nueva Esperanza
San Antonio Palopó	Aldea	Agua Escondida
	Caserío	Patzaj Xiquinabaj San José
San José Chacayá	Caserío	Pacacay
Santa Catarina Ixtahuacán	Aldea	Tzampo
	Caserío	Paqui Chiquila Chuacabaj Cuaxajil Simajutio Xolchajil
	Paraje	Xoljuyub
Santa Clara La Laguna	Pueblo	Santa Clara La Laguna
Santa Lucía Uatlán	Aldea	Pachaj
	Caserío	Chove Pacorral Pamacha Panicaquim
Santa María Visitación	Caserío	El Porvenir
Santiago Atitlán	Caserío	Chalchicabaj Chocamul
	Finca	Monte Quina
Sololá	Aldea	Pixabaj Xaquijyá
	Caserío	Chuacorral Chuacruz Chuicacaste El Encanto El Mirador El Potrero El Progreso El Triunfo La Fé Los Morales Sacbochol
	Colonia	María Tecún
	Finca	El Jaibal
	Otra	El Rancho La Cuchilla Pujujil Semejacab Xequel

Fuente: Propia

**Áreas pobladas ubicadas en áreas con grado de amenaza I, Muy Bajo grado de Amenaza a Deslizamientos**

<b>Municipio</b>	<b>Categoría</b>	<b>Área poblada</b>
Concepción	Caserío	Chuichabaj
Nahualá	Caserío	Palanquix o Tambrizab Panima o Panimayá Tzucubal
	Paraje	Chuacasiguán Pasuc
San Lucas Tolimán	Finca	Santo Tomás Perdido
San Andrés Semetabaj	Caserío	Chuitinamit Tocaché
	Finca	Tzarayá
	Otra	Las Canoas Altas
San Pablo La Laguna	Pueblo	San Pablo La Laguna
Santa Catarina Ixtahuacán	Caserío	Pacamaché Tzanjuyup
	Otra	Montecristo
Santiago Atitlán	Caserío	San Antonio Chacayá
	Finca	San Isidro Chacayá
Sololá	Caserío	Coxóm La Ilusión Chuiquel San Francisco

**Fuente: Propia**

ANEXO II. CARACTERÍSTICAS SIMILARES DE LOS SUELOS DE SOLOLA EN ÁREAS DE DESLIZAMIENTOS CALIFICADAS POR PORCENTAJE DE PENDIENTE (ha):

GRANULOMETRIA DE TEXTURA COM PENDIENTE	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
FINA	0.006859791	0.07424307	0.07424307	1.5210272	34.32209996	170.99102	421.55411	627.073396
FINAS SOBRE GRUESAS	2.2759919	5.87744234	5.87744234	1.63030884	37.1273751	26.3906349	37.1273751	162.948851
GRUESA	0	0.31282124	63.8615633	7.54735357	23.0736672	130.736175	130.736175	296.39508
MEDIA	1.53074115	0.17816092	1.42970438	2.16050048	351.579721	515.241878	8.24060976	1500.39508
MEDIAS SOBRE GRUESAS	3.21244810	9.36813206	7.99178772	84.5216434	451.469571	669.613298	8.24060976	1500.39508
MODERADAMENTE FINA	1.006859791	0.77911476	21.3804058	6.8224917	9.21463134	39.2513287	46.3241214	69.6540274
MODERADAMENTE FINAS SOBRE FINAS	7.037247	4.08245904	0	0	0	0	0	11.1196964
MODERADAMENTE FINAS SOBRE GRUESAS	0	1.04082964	0	0	0	0	0	1.04082964
NO SUELO	0.006859791	17.4437063	164.388837	45.0828351	159.046735	587.070118	1993.36618	2966.39508
TOTAL HA								

TEXTURAS1	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
Medias	0	0.5920739	1.66287007	1.13214857	13.9554998	1.63950279	174.767029	0.15620796
Med. Gruesas	0	0	0	0	0	0	0	0
fin blanco	0.006859791	17.2044014	162.708704	45.0828351	157.914098	573.514621	1993.36618	2966.39508
TOTAL HA	0.006859791	17.4437063	164.388837	45.0828351	159.046735	587.070118	1993.36618	2966.39508

LIMITANTE	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
CONTACTO PARALITICO (ROCAS BLANDAS, CONTINUAS Y COHESIVAS)	0	7.0371247	86.0242667	0.82204917	9.21463134	1.63950279	174.767029	833.663305
DEFICIT DE AGUA EN EPOCA SECA	0	0	0	0	0	0	0	0
FRAGMENTOS DE ROCA (>60% POR VOLUMEN)	0	0	0	0	0	0	0	0
MATERIAL COMPACTADO	0	2.22635766	67.8044414	1.42827155	2.4050475	53.755611	36.9390277	81.8327653
PENDIENTE FUERTEMENTE ESCARPADA	0	0	0	0	0	0	0	0
PENDIENTE MODERADAMENTE ESCARPADA	0	0	0	0	0	0	0	0
SIN MITACIONES	0.006859791	7.67813004	1.050847	5.81744234	14.5416014	15.8477173	25.0051745	60.9408092
NIVEL FREATICO	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMBIO TEXTURAL AL RUPITO	0	1.2798679	1.050847	50.8383691	2.70894438	1.5896042	4.07233272	57.4958022
SIN MITACIONES	0	2.80030793	0.03774816	0	0	0	0	2.83805609
CAPA CEMENTADA	0	0	0	0	0	0	0	0
CONTACTO LITICO	0	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HA	0.006859791	17.4437063	164.388837	45.0828351	159.046735	587.070118	1993.36618	2966.39508

PROFUNDIDAD	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
MODERADAMENTE PROFUNDA	0	2.2759919	2.47204765	5.87744234	1.5210272	91.6436875	78.531171	102.948851
MODERADAMENTE SUPERFICIAL	0	0	0	0	0	0	0	0
MUY SUPERFICIAL	0.006859791	0.26276176	63.8615633	7.54735357	23.0736672	130.736175	130.736175	296.39508
PROFUNDA	1.53074115	0.17816092	1.42970438	2.16050048	351.579721	515.241878	8.24060976	1500.39508
SUPERFICIAL	0.006859791	17.4437063	164.388837	45.0828351	159.046735	587.070118	1993.36618	2966.39508

DRENAJE EXTERNO									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA	
LENTO + MEDIO	0.008869791	0.00119881	66.0242607	0.32744212	4.10667486		724.787026	810.811266	
MODERADO		16.4516334	76.285219	22.2571238	22.8194036			4.46194266	
RAPIDO		0.05885945	0.99401776	0.03840402	27.4822676	132.020656	475.363386	1863.08559	
TOTAL HA	0.008869791	17.4437093	164.366637	46.0928381	159.046736	587.070118	1993.36618	2966.39508	

DRENAJE INTERNO									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA	
LENTO	0.008869791	0.0376153	66.0242607	0.80487625	11.8303186	9.84312836	26.0496186	810.811266	
MODERADO		16.4516334	76.285219	22.2571238	22.8194036			47.5496184	
RAPIDO		0.05885945	0.99401776	0.03840402	27.4822676	132.020656	475.363386	65.7249196	
TOTAL HA	0.008869791	17.4437093	164.366637	46.0928381	159.046736	587.070118	1993.36618	2966.39508	

BIEN DRENADO									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA	
MODERADAMENTE EXCESIVO		1.73996479	17.5991855	31.4925045	114.304676	315.478289	800.83394	943.000492	
MODERADO		0.06786652	0.66738652	6.66738652	36.7192008	261.909681	653.28225	1136.76522	
RAPIDO		0.06786652	0.77290765	6.03290765	6.03290765	6.03290765	25.0466193	62.5919226	
TOTAL HA	0.008869791	17.4437093	164.366637	46.0928381	159.046736	587.070118	1993.36618	2966.39508	

REGIMEN DE HUMEDAD									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA	
LENTO		1.67900757	1.67900757	0.01591095	0.29302293	14.3386128	57.457001	73.9944656	
RAPIDO		17.4437093	162.488279	45.0756273	155.762612	672.700505	1935.90019	2392.43185	
TOTAL HA	0.008869791	17.4437093	164.366637	45.0928381	159.046736	587.070118	1993.36618	2966.39508	

ASOCIAR CON LA TERIA ORGANICA									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA	
LENTO		2.3623162	28.638293	6.6416751	66.941878	223.704457	577.875276	690.573293	
RAPIDO		15.0810324	134.577747	36.4312669	30.0946698	361.397557	1464.86794	2134.33398	
TOTAL HA	0.008869791	17.4437093	164.366637	45.0928381	159.046736	587.070118	1993.36618	2966.39508	

Zonas de vida									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA	
Bosque F. med. Montano Bajo Subtropical		13.0042021	85.598109	57.9326539	65.6598541	365.42458	729.87732	1294.55432	
Bosque F. med. Montano Bajo Subtropical		4.3494044	10.9578573	6.79347663	60.901878	167.100053	439.305836	737.53721	
Bosque F. med. Subtropical		1.57301797	0.323929	4.40892264	24.6187482	57.978091	65.501936	88.501936	
TOTAL HA	0.008869791	17.4437093	164.366637	45.0928381	159.046736	587.070118	1993.36618	2966.39508	

MATERIAL PARENTAL

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
Depositos pedregalosos consolidados (cristal)	0.000859791		0.39774918	2.16033091	14.6111009	206.308711		375.200003
Depositos superficiales disueltos aluviales								0.00000000
Depositos superficiales disueltos aluviales-columales								0.00000000
Depositos superficiales disueltos gravitacionales	1.30320182	36.76600003						41.3918799
Depositos superficiales hidrovolcánicos (letras, L'ímez y olo)	4.21400000	0.10200411	20.1702011		0.0045146			2.66000001
Depositos superficiales hidrovolcánicos (letras, L'ímez y olo)	1.39460000	0.17640000	1.37420000					1.20000000
Materiales pedregalosos no consolidados (canchales y grama)	3.58440000	8.12680000	3.84000000	101.664000	300.750000	931.970000		1200.000000
Materiales pedregalosos no consolidados (canchales y grama)								558.000000
Materiales pedregalosos no consolidados (canchales y grama)								537.330000
Rocas graníticas (granito, granodiorita)								443.600000
<b>TOTAL HA</b>	<b>0.000859791</b>	<b>17.4437000</b>	<b>164.366637</b>	<b>45.0623381</b>	<b>159.046735</b>	<b>587.070118</b>	<b>1993.36618</b>	<b>2966.39608</b>

RELIEVE

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
Abanico			86.0242807	1.97422018			744.707029	0.0011299
Cerrotes y Cerales		1.30460000	0.17640000					2.85000000
Domo								155.800000
Escarpie								0.37000000
Estremo/abaja								0.37000000
Flas y Vigas		7.0371207		1.9660366	48.1210000	1.6302416	190.787000	192.494195
Gac'ya		4.21400000	0.10200411	27.8010000	0.0045146			434.53781
Lomas		0.13211788	0.03640000	3.80748770	101.664000			41.130181
Masa								109.880000
Rebordo de lago		0.000859791						0.0011299
Terrace		3.42231863	6.38000000					0.03774813
Vallecito		1.30500000	71.86000000					0.01770000
<b>TOTAL HA</b>	<b>0.000859791</b>	<b>17.4437000</b>	<b>164.366637</b>	<b>45.0623381</b>	<b>159.046735</b>	<b>587.070118</b>	<b>1993.36618</b>	<b>2966.40384</b>

PAISAJE

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
Agujero hidrovolcánico			10.810000	0.50000000	4.63337651	20.2034367	124.701064	174.120230
Morales volcánico erosional			11.64600000	43.3611700	164.213555	557.776682	1690.02995	2788.07076
Pedregal hidrovolcánico			1.33374716	3.17940000				3.29000000
<b>TOTAL HA</b>	<b>0.000859791</b>	<b>17.4437000</b>	<b>164.366637</b>	<b>45.0623381</b>	<b>159.046735</b>	<b>587.070118</b>	<b>1993.36618</b>	<b>2966.39608</b>

ORDEN

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
ANDISOL			0.36200000	11.5815135	95.4010621	587.517003	630.034201	1130.23164
ENTISOL								48.31000000
INCEPTISOL			1.9648476	0.04142348	47.101157	152.859174	544.87172	505.043207
MOLISOL			86.20000000	24.8886011	13.54440000	9.48800000		185.519000
NO SUPLC			88.0242807					310.011260
<b>TOTAL HA</b>	<b>0.000859791</b>	<b>17.4437000</b>	<b>164.366637</b>	<b>45.0623381</b>	<b>159.046735</b>	<b>587.070118</b>	<b>1993.36618</b>	<b>2966.39608</b>

NEW ZONE

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
DE RECURSOS NATURALES Y BIODIVERSIDAD			86.0242807	11.5815135	95.4010621	587.517003	630.034201	1130.23164
AGROSILVOPASTORIL			87.3821800	11.5815135	136.760000			239.051700
CULTIVOS PERMANENTES			3.30812150	33.46000000				47.216572
FORESTAL PRODUCTOR								549.130000
CULTIVOS TRANSITORIOS			7.042	0.000	0.000	0.000	0.000	11.904
<b>TOTAL HA</b>	<b>0.000859791</b>	<b>17.4437000</b>	<b>164.366637</b>	<b>45.0623381</b>	<b>159.046735</b>	<b>587.070118</b>	<b>1993.36618</b>	<b>2966.39608</b>

USOT	0 a 5%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 20%	20 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
Agricultura	0	86.024.2587	0	0	0	0	724.787.029	810.811.289
Agropecuaria	0	11.543.7012	21.850.7847	25.401.5057	52.503.0233	307.480.772	480.214.753	701.235.533
BOSQUE	0	5.897.31816	8.491.81232	4.210.2872	29.790.7219	81.236.0058	302.189.9916	449.088.301
Contaminación	0	0	0	0	0.417.76994	48.571.0392	233.431.64	283.426.632
	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508
<b>TOTAL HA</b>								
<b>VEGETACIÓN NATURAL</b>								
HCSOLE	0	86.024.2607	0	0	0	0	724.787.029	810.811.289
Matorrales y p'	0	10.650.0424	65.885.3511	35.786.1212	137.019.6188	447.830.035	998.057.838	1688.99011
NO SE ENCUENTRA	0.008868791	0	0	0	2.108.84438	1.588.04827	0	3.696.89265
	0.008868791	6.593.28894	8.647.00111	8.302.71632	20.378.2023	137.820.858	308.401.203	482.977.306
<b>TOTAL HA</b>	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508

CLASE AGROLOGICA	0 a 5%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 20%	20 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
I	0	3.212.44818	0	0	0	0	724.787.029	810.811.289
II	0	139.76035	7.042.0661	0	0	0	8.18.133703	8.18.133703
IV	0	0.4845316	3.30012158	33.4689152	0	0	47.2135742	47.2135742
V	0.008868791	2.53094277	57.8921836	1.0039229	191.79985	987.070118	339.037.700	400.989.979
VI	0	89.024.2607	0	0	0	0	724.787.029	810.811.289
VIII	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508
<b>TOTAL HA</b>	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508

PRESENCIA DE EROSION	0 a 5%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 20%	20 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
Ligera	0	14.7637174	79.3029852	18.2317481	22.797.068	77.792.6859	376.562.202	587.623.428
Modorada	0	3.279989	0.0394042	20.8530901	335.80754	252.034853	376.70355	774.504226
May severa	0	0	0	0	0	0	0	0
Severa (en Barco)	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508
<b>TOTAL HA</b>	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508

CLASE DE EROSION	0 a 5%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 20%	20 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
HDRICA	0	0	0	0	0	0	724.787.029	810.811.289
HDRICA PLUVIAL-FLUVIAL	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508
<b>TOTAL HA</b>	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508

TIPO DE EROSION	0 a 5%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 20%	20 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
LAMINAR	0	36.024.2607	0	0	0	0	724.787.029	810.811.289
LAMINAR Y CARRAVAS	0.008868791	18.3488136	78.3040115	26.2586443	145.688768	72.8765355	231.034573	670.822812
LAMINAR Y SURCOS	0.008868791	3.63437726	0.03774016	12.4212513	101.054152	285.165275	380.443886	499.999999
SURCOS Y CARRAVAS	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508
<b>TOTAL HA</b>	0.008868791	17.4437060	64.3888537	45.0828351	159.046735	487.070118	1993.36618	2966.39508

## GRADO DE EROSIÓN

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
LIGERA	0	65.024.697	8.418.125	45.46.18171	68.2.159578	784.747056	12.193332	816.611264
MODERADA	0	3.183.443	78.36.17148	8.418.125	45.46.18171	68.2.159578	784.747056	381.87314
SEVERA	0	4.280.69484	0.04.050277	38.67.60238	114.2.23231	208.644.048	378.045518	737.59594
TOTAL HA	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606

## ENCHARCAMIENTO

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
ENCARCADO	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606
NO HAY	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HA	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606

## PRESENCIA DE ROCAS

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
No hay	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606
Hay	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HA	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606

## PORCENTAJE DE ROCOSIDAD

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
I	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606
II	0	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HA	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606

## PRESENCIA DE PEDREGOSIDAD

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
No hay	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606
Hay	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HA	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606

## PEDREGOSIDAD

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
ABUNDANTE (15 a 50 %)	1.59800283	64.0168204	1.81616336	32.2636129	27.4959865	47.4959865	175.138834	2966.39606
MODERADA (3 a 15 %)	0.07006454	30.322559	8.5984963	11.3931065	131.578993	181.376006	355.625261	2966.39606
NO HAY	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606
POCA (0.1 a 3%)	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606
TOTAL HA	0.00869791	17.4437083	164.396637	40.06.25381	159.046735	587.070118	1993.35618	2966.39606

CARACTERÍSTICAS SIMILARES DE LOS SUELOS DE SOLOLÁ EN ÁREAS DE DESPLAZAMIENTOS CALIFICADAS POR PORCENTAJE DE PENDIENTE (% de extensión)

GRANULOMETRIA DE TEXTURA CON PENDIENTE

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
FINA	0.0003	0.000	0.003	0.051	1.157	5.751	14.177	21.138
FINAS SOBRE GRUESAS	0.0000	0.000	0.000	0.198	0.000	0.888	0.056	1.252
GRUESA	0.0000	0.000	2.173	0.000	0.294	0.900	0.900	5.368
MEDIA	0.0000	0.006	0.006	0.048	0.253	5.165	11.852	17.339
MEDIAS SOBRE GRUESAS	0.0000	0.000	0.000	0.106	0.106	0.034	0.246	0.211
MODERADAMENTE FINA	0.0000	0.108	0.370	0.205	2.352	5.173	13.543	22.257
MODERADAMENTE FINAS SOBRE FINAS	0.0000	0.141	0.026	0.720	0.721	1.128	0.225	2.378
MODERADAMENTE FINAS SOBRE GRUESAS	0.0000	0.237	0.223	0.311	0.300	0.222	0.222	1.131
MODERADAMENTE GRUESA	0.0000	0.035	0.000	0.000	0.000	1.325	1.653	3.023
NO SUELO	0.0000	0.000	2.800	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333
TOTAL %	0.0003	0.55	5.54	1.52	5.36	19.79	67.20	100.00

TEXTURAS1

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
Medias	0	0.005	0.000	0.000	0.300	0.300	0.000	0.305
Med. Gruesas	0	0.000	0.053	0.000	0.238	0.457	0.000	0.748
(en ómnibus)	0.0003	0.003	0.005	1.520	5.323	19.354	67.199	99.447
TOTAL %	0.000298672	0.558904034	5.540955584	1.620122471	5.35161673	19.79089215	67.19827024	100

LIMITANTE

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
CONTACTO PARALELO IRREGULARS BLANDAS, CON FINAS Y COHERENT	0	0.237	2.800	0.222	3.371	0.000	24.433	29.164
DEFICIT DE AGUA EN EPOCA SECA	0	0.000	0.000	0.000	0.300	0.055	5.851	5.976
FRAGMENTOS DE ROCA (>80% PSY VOLUMEN)	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.368	0.368
MATERIAL COMPACTADO	0	0.073	2.291	0.044	0.300	3.892	6.151	12.458
PENDIENTE FUERTEMENTE ESCARPADA	0	0.000	0.000	0.011	0.381	1.811	1.159	3.256
PENDIENTE MODERADAMENTE ESCARPADA	0	0.000	0.000	0.000	0.000	3.532	1.374	2.363
SIN LIMITACIONES	0.0039	0.000	0.205	0.000	0.000	11.569	26.345	38.605
NIVEL FREATICO	0	0.000	0.067	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069
CAMBIO TEXTURAL ABRUPTO	0	0.111	0.000	0.195	0.000	0.534	0.000	0.843
SIN LIMITACIONES	0	0.165	0.000	1.049	4.502	0.000	5.707	6.907
CAPA CEMENTADA	0	0.000	0.001	0.000	0.000	0.054	0.000	0.057
CONTACTO LITICO	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137	0.000	0.137
OTROS	0	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028
TOTAL %	0.000298672	0.699040034	6.349900694	1.620122471	5.35161673	19.79089215	67.19827024	100

PROFUNDIDAD

	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
MODERADAMENTE PROFUNDA	0	0.000	2.800	0.300	0.000	0.000	24.433	27.333
MODERADAMENTE SUPERFICIAL	0	0.171	0.283	0.188	0.061	3.073	2.641	6.157
MUY SUPERFICIAL	0.0003	0.000	0.000	0.020	0.000	2.885	1.336	4.087
PROFUNDA	0	0.009	2.154	0.000	0.000	0.132	0.001	2.317
SUPERFICIAL	0	0.000	0.200	1.203	0.000	13.307	29.950	50.311
TOTAL %	0.0003	0.69	5.54	1.52	5.36	19.79	67.20	100

DRENAJE EXTERNO										
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %		
-	0	2.900	2.900	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333		
LENTO Y MEDIO	0.0000	0.000	0.000	0.011	0.158	0.000	0.000	0.151		
MODERADO	0	2.888	2.888	0.752	0.173	0.000	0.000	4.717		
MEDIO Y RAPIDO	0	0.002	0.000	0.000	0.000	3.709	7.967	11.734		
RAPIDO	0	0.031	0.001	0.757	4.451	16.026	34.793	56.054		
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.59</b>	<b>5.54</b>	<b>1.52</b>	<b>5.36</b>	<b>19.79</b>	<b>67.20</b>	<b>100</b>		

DRENAJE INTERNO										
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %		
-	0	0.000	2.900	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333		
LENTO	0.0003	0.003	0.001	0.030	0.362	0.000	0.000	1.800		
LENTO Y MEDIO	0	0.000	0.027	0.290	0.868	0.000	0.000	2.216		
MODERADO	0	0.967	2.474	1.210	4.003	16.164	29.111	53.924		
MEDIO Y RAPIDO	0	0.003	0.000	0.000	0.000	2.290	4.816	7.203		
RAPIDO	0	0.023	0.136	0.003	0.001	0.117	7.637	8.116		
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.89</b>	<b>6.64</b>	<b>1.62</b>	<b>5.36</b>	<b>19.79</b>	<b>67.20</b>	<b>100</b>		

DRENAJE NATURAL										
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %		
-	0.0000	0.000	2.900	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333		
BIEN DRENADO	0.0000	0.000	2.615	1.062	3.044	10.631	13.109	31.897		
MODERADAMENTE EXCESIVO	0.0000	0.000	0.000	0.171	1.268	8.926	28.762	38.976		
MUCHO EXCESIVO	0.0000	0.000	0.026	0.285	0.280	0.352	0.944	1.773		
PORRE	0.0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.89</b>	<b>6.64</b>	<b>1.62</b>	<b>5.36</b>	<b>19.79</b>	<b>67.20</b>	<b>100</b>		

REGIMEN DE HUMEDAD										
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %		
-	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.433	24.433		
UBICO	0.0000	0.000	0.000	0.001	0.010	0.462	1.937	2.409		
US INCO	0.0000	0.000	5.478	1.520	5.362	19.308	65.261	97.507		
ALUCO	0.0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.890044034</b>	<b>5.640955884</b>	<b>1.520726471</b>	<b>5.36161673</b>	<b>19.79068216</b>	<b>67.19620324</b>	<b>100</b>		

CLIMA										
ASOCIAR CON MATERIA ORGANICA										
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %		
-	0.000	0.000	1.000	0.294	7.325	7.968	17.785	28.011		
FRIO	0.000	0.000	4.535	1.295	3.036	12.183	49.382	70.938		
MEDIO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
CALIDO	0.0003	0.59	6.54	1.52	5.36	19.79	67.20	100		
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.59</b>	<b>6.54</b>	<b>1.52</b>	<b>5.36</b>	<b>19.79</b>	<b>67.20</b>	<b>100</b>		

Zonas de vida										
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %		
-	0.0000	0.000	2.900	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333		
Bosque h med: Mbr lano-Bajo Subtropical	0.0000	0.441	2.208	1.281	2.868	12.318	26.504	43.641		
Bosque muy h med: Mbr lano Bajo Subtropico	0.0000	0.147	0.309	0.228	2.325	6.310	15.483	24.838		
Bosque muy h med: Mbr lano Subtropical	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.332	0.844	1.176		
Bosque muy h med: Subtropical cálido I	0.0000	0.000	0.063	0.011	0.149	0.830	1.531	2.563		
<b>TOTAL %</b>	<b>0.000000</b>	<b>0.69</b>	<b>6.64</b>	<b>1.62</b>	<b>5.36</b>	<b>19.79</b>	<b>67.20</b>	<b>100</b>		



USOT	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
Agrocultura	0.0000	2.900	0.000	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333
Agroforestal	0.0000	2.422	0.958	3.119	12.054	15.578	34.358	67.433
AgroforestalYa	0.0000	0.198	0.219	0.479	3.076	11.343	16.159	31.395
UDSOLUE	0.0000	0.000	0.000	0.218	5.670	7.106	13.994	27.974
Conservación	0.0000	0.000	0.189	1.023	9.362	19.781	67.193	100.000
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>5.541</b>	<b>1.820</b>	<b>9.362</b>	<b>19.781</b>	<b>67.193</b>	<b>100.000</b>	

VEGETACIÓN NATURAL	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL HA
BOSQUE	0.0000	0.000	2.900	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333
Matorrales y P*	0.0000	0.368	2.318	1.240	6.619	15.087	32.835	58.263
NO SE ENCUENTRA	0.0003	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.122	0.322
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.576</b>	<b>2.900</b>	<b>1.240</b>	<b>6.619</b>	<b>15.087</b>	<b>37.495</b>	<b>100.000</b>

CLASE AGROLÓGICA	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
II	0.0000	0.108	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108
III	0.0000	0.000	0.237	0.000	0.000	0.000	0.278	0.515
IV	0.0000	0.352	0.112	1.120	0.000	0.000	1.852	3.436
V	0.0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
VI	0.0000	0.000	2.292	0.382	5.285	6.000	8.000	21.959
VII	0.0000	0.000	2.900	0.000	0.000	19.791	22.767	45.758
VIII	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	67.193	67.193
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.559</b>	<b>6.644</b>	<b>1.522</b>	<b>5.366</b>	<b>19.791</b>	<b>67.200</b>	<b>100.000</b>

PRESENCIA DE EROSIÓN	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
Leve	0.0000	0.477	2.640	0.615	0.769	2.621	5.952	13.074
Moderada	0.0000	0.111	0.001	0.605	4.517	7.822	12.767	26.123
Muy severa	0.0000	0.000	2.900	0.000	0.000	0.000	0.000	2.900
Severa	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.347	23.470	23.470
San blanda	0.0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.433	24.434
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.688</b>	<b>6.644</b>	<b>1.220</b>	<b>5.366</b>	<b>19.791</b>	<b>67.200</b>	<b>100.000</b>

CLASE DE EROSIÓN	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
HIERBA	0.0000	0.000	2.900	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333
HIERBA PUDRIDA-FLUVIAL	0.0003	0.000	2.641	1.520	3.184	19.736	41.822	71.432
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.559</b>	<b>6.644</b>	<b>1.520</b>	<b>5.366</b>	<b>19.791</b>	<b>67.200</b>	<b>100.000</b>

TIPO DE EROSIÓN	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %
LAMINAR	0.0000	0.000	2.200	0.000	0.000	0.000	24.433	27.333
LAMINAR Y CARAVAS	0.0003	0.577	2.640	0.886	4.912	5.831	7.798	22.674
LAMINAR Y SURCOS	0.0000	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	4.204	5.204
SURCOS Y CARAVAS	0.0000	0.000	0.000	0.634	5.419	3.408	8.939	13.492
<b>TOTAL %</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.588</b>	<b>6.644</b>	<b>1.520</b>	<b>5.366</b>	<b>19.791</b>	<b>67.200</b>	<b>100.000</b>

GRADO DE EROSIÓN									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %	
LIGERA	3.0000	2.8600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.433	27.833
MODERADA	3.0000	0.444	0.798	1.537	2.186	2.186	4.084	11.188	11.188
SEVERA	3.0000	0.144	0.001	1.236	3.753	7.340	12.643	26.033	35.121
TOTAL %	0.0003	0.268	5.541	1.620	6.362	19.791	67.188	100.000	

ENCHARCAMIENTO									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %	
ENCHARC*	0.0005	0.200	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0003	0.0003
NO ENCH	0.0000	0.684	5.341	1.520	5.362	9.781	67.05	86.6937	86.6937
TOTAL %	0.0003	0.59	5.64	1.52	5.36	19.78	67.20	100	

PRESENCIA DE RODAS									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %	
NO ENCH	0.0003	0.685	5.41	1.52	5.352	13.742	47.457	74.210	74.210
RODADA	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	19.742	25.790	25.790
TOTAL %	0.0003	0.69	5.64	1.52	5.35	18.79	67.20	100	

PORCENTAJE DE ROCOSIDAD									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %	
0	0.0003	0.558	5.541	1.520	5.350	9.849	46.735	80.115	80.115
10	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	20.412	20.412	20.412
5	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL %	0.0003	0.59	5.54	1.52	5.35	9.879	67.20	100	

PRESENCIA DE PEDREGOSIDAD									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %	
NO ENCH	0.0000	0.278	3.000	0.833	5.329	14.519	55.788	77.808	77.808
RODOSA	0.0000	0.510	2.059	3.957	5.377	5.377	3.482	22.304	22.304
TOTAL %	0.00	0.69	5.54	1.52	6.36	19.79	67.20	100	

PEDREGOSIDAD									
	0 a 3%	3 a 7%	7 a 12%	12 a 25%	25 a 50%	50 a 75%	> 75%	TOTAL %	
ARIMAN (15 a 50 %)	0.0000	0.084	2.158	0.051	1.057	0.042	1.801	5.504	5.504
MEDIANA (3 a 15 %)	0.0000	0.272	1.032	0.204	0.362	4.438	5.642	11.998	11.998
NO ENCH	0.0000	0.282	2.300	0.989	5.645	14.413	58.955	81.731	81.731
PIEZA (0 a 3%)	0.0000	0.000	0.000	0.288	0.047	0.000	0.000	0.335	0.335
TOTAL %	0.0000	0.69	5.54	1.52	6.36	19.79	67.20	100	



## Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination

SERGIO MORA C., Head

*Geology Department, Instituto Costarricense de Electricidad, San Jose,  
Costa Rica*

WILHELM GÜNTHER VAHRSON, Professor

*Department of Geography, Universidad Nacional de Costa Rica,  
Heredia, Costa Rica*

### ABSTRACT

This is a simple expert system designed to allow a fast, low cost "a priori" classification of landslide hazards in seismically active tropical areas. It has been created to guide decision making where further and more detailed geotechnical investigations should be performed.

The input consists of 5 factors. A combination of three of them (slope, lithology and soil humidity) define the "intrinsic landslide susceptibility indicator." Meanwhile, the "triggering indicator" results from a combination of rainfall and seismic intensity factors.

This system provides a data framework which can be adapted to local and regional trends. The zonation serves as a guide in determining the general trend and spatial distribution of potentially unstable slopes.

### INTRODUCTION

Landslides are a common phenomenon in tropical areas. It is a highly significant process in the evolution of landscapes. At the same time, a rapid population growth, with its increasing socioeconomic problems, promotes a disordered settlement of hazard-prone areas. Slope instability and landslides have thus increased their impact in Central America and the Caribbean (DeGraff et al., 1989; Mora, 1989). The zonation of landslide hazards then becomes a very valuable tool for disaster mitigation and preparedness.

A review of landslide hazard zonation was given by Varnes (1984), emphasizing the importance of

local geologic, geomorphic, hydrologic and climatic conditions. Einstein (1988) developed a determination procedure consisting of five different levels: state-of-nature mapping, danger mapping, hazard mapping, risk assessment and landslide management. Hansen (1984) also proposed different mapping strategies.

At present, the existing geotechnical methodologies allow very detailed investigations on single local cases, upon which the processes are analyzed and quantified, resulting in physical models. However, these models are not useful when extrapolation and prediction in large areas are necessary. Models applicable to large areas are urgently needed for urban planning and hazard reduction (Mora 1991; Mora and Vahrson, 1992).

For this reason, a simple grid unit-based expert system was developed in order to determine landslide hazards on an "a priori" basis, where accurate quantitative field data is scarce. Its inputs are simple morphodynamic (geomorphic) indicators. The scale being used and the preciseness of the available data will influence the approximation to reality of the results.

These indicators are: the intrinsic landslide susceptibility (*SUSC*), determined from the combination of a slope factor (*Sr* = relative relief), a lithology factor (*Sl*) and a factor representing the relative soil humidity conditions (*Sh*) and the triggering factor (*TRIG*), determined from the combination of the factors *Ts* = seismic and *Tp* = precipitation (rainfall) intensities. Efforts are now being made to introduce the influence and effect of land use.

For each factor, an index of influence is determined by a reference value through a specific weight. By multiplying and summing these indexes through the following equations, a relative hazard level = *H* is determined:

$$H = SUSC * TRIG \quad \text{Eq. 1}$$

$$H = (Sr * Sl * Sh) * (Ts + Tp) \quad \text{Eq. 2}$$

Spatial distribution of these factors and indicators, alone or by their combination, can be mapped over any type of grid unit. Most Geographical Information Systems (GIS) can be applied to automatically process this kind of data. The results allow identification of the most susceptible and problematic areas, leading to appropriate decisions as to where detailed geotechnical field and laboratory studies should have priority.

Each value of the factors is located on a map and combined with the others over the grid units, according to the scale being used. We recommend the use of a scale of 1:50,000, since it is a standard land-use planning tool and because of its good topographic resolution over the geomorphic features. Input data can also be placed with sufficient accuracy. For other scales, the *Sr* parameter should be recalibrated after defining the unit area to be applied.

Field reconnaissance, analysis of aerial photographs and satellite images can help significantly to improve the diagnosis.

This straight-forward and inexpensive method is particularly suitable for applications in tropical areas with important seismic activity where rapid urban

growth, extension of infrastructure facilities, lifeline distribution and productive activities are increasingly prone to growing losses caused by different kinds of landslides.

As an application example, we present the results on the 1:50,000 Tapanti quadrangle (approximately 500 km<sup>2</sup>, part of the Caribbean watershed of Costa Rica, see location in Figure 1). The size of the grid unit is 1 km<sup>2</sup>. The GIS we applied is IDRISI, a user friendly and low cost geographic information and image processing system developed by the Graduate School of Geography at Clark University.

#### DETERMINATION OF THE LANDSLIDE HAZARD

##### The Susceptibility Indicator *SUSC*

Included in this indicator are the factors representing the intrinsic properties of the landscape, mechanical quality of local materials and its "passive" behavior. The properties defining the condition of the slopes under analysis are the relief (*Sr*), their lithologic composition (*Sl*) and the soil humidity (*Sh*).

The slope factor *Sr* represents the natural rugosity of the landscape within a grid unit. It is defined by the maximum difference of elevation in an area of 1 km<sup>2</sup> (relative relief, *Rr*):

$$Rr = \frac{h_{max} - h_{min}}{km^2} \quad \text{Eq. 3}$$

where:

*Rr* = slope value, relative relief (m/km<sup>2</sup>)

*h<sub>max</sub>* = maximum elevation within one grid unit (m)

*h<sub>min</sub>* = minimum elevation within one grid unit (m)

An analysis of *Rr* values and its spatial distribution shows the influence of the lithologic/tectonic setting. Retrospective correlations indicate an exponential growth of landslide susceptibility (all other parameters kept constant) until high values (*Sr* > 800 m/km<sup>2</sup>) are reached. In such cases there are usually massive rocks, more stable than soils, thus evolving into steeper slopes, unless fracture systems combine in the development of rock slides.

Relative relief values have been classified through statistical distributions in order to obtain the slope factor (*Sr*) and its relative weight, which can be used in automatic calculations. It is desirable to develop a

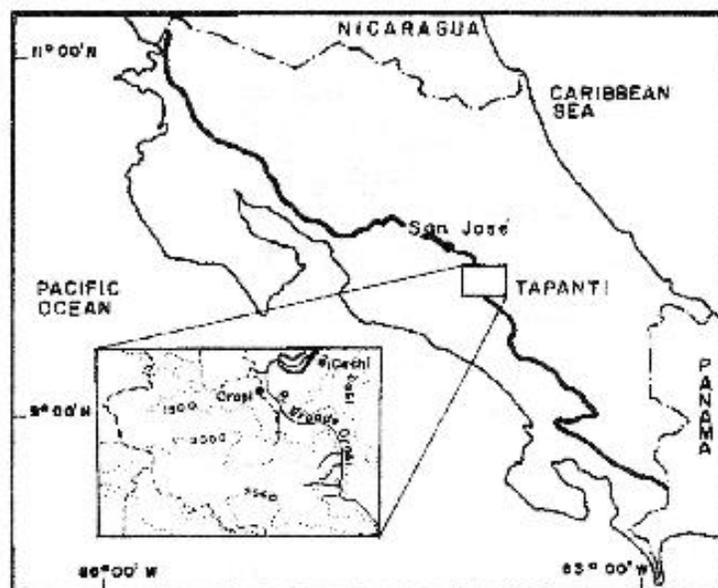


Figure 1. Location of the 1:50,000 Tapantí quadrangle in Costa Rica.

histogram of  $R_r$  values to define local trends. In general, for Costa Rica and Central America, Table 1 presents the common classes.

Note that for reliefs of less than  $75 \text{ m/km}^2$ , in cases of flat or nearly flat areas, the slope factor has a value of zero. This is the only factor reaching such a value, because even if the other factors indicate adverse conditions, the resulting landslide hazard is almost insignificant. In the Tapantí area,  $S_r$  varies between 0 and 4 units, since slope values range from 0 to  $760 \text{ m/km}^2$  (Figure 2).

The lithologic factor  $S_l$  is probably the most relevant factor and at the same time the most difficult to assess. Ideally, detailed geotechnical information should be used. Where this information is unavailable, a general geologically-based description is to be applied. The description and comparisons must be developed with a good geotechnical judgment.

Several characteristics should be considered: volumetric weight, identification indexes, shear strength indicators, hydrothermal and/or weathering alteration degrees, spatial distribution and characteristics of discontinuities (bedding, joints), their relation with the slope geometry, drainage and pore pressure

(negative or positive) conditions, behavior and position of the water table(s). Since these details are not always available, Table 2 shows a general classification of different lithologies and their assigned index ( $S_l$ ). Obviously,  $S_l$  values need to be completed and adapted to local and regional conditions. The lithologies within the Tapantí quadrangle have been classified as medium, highly and very highly susceptible ( $S_l = 3; 4; 5$ ). Figure 3 shows their distribution.

The relative soil moisture factor  $S_h$  parameter takes into account the average conditions of soil moisture. It quantifies the influence of accumulated humidity

Table 1. Relative relief values ( $R_r$ ), their classification and the resulting values of the slope factor ( $S_r$ ).

Slope Value $R_r$ ( $\text{m/km}^2$ )	Classification	Slope Factor $S_r$
0-75	Very low	0
76-175	Low	1
176-300	Moderate	2
301-500	Medium	3
501-800	High	4
>800	Very high	5

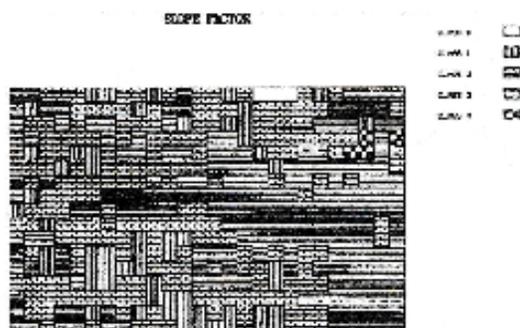


Figure 2. Distribution of the slope factor  $S_r$  (Tapanti).

throughout the year and can be regarded as a starting point from which heavy rainfalls might act as a destabilizing element. Adding more water increases pore pressures and thus the possibility of a failure. On the other hand, drier soils need heavier rainfalls to produce a rupture.

The best way to determine soil moisture contents is obviously through direct measurements *in situ*, followed by detailed water balances. However, since this information is usually not available, a simple methodology of a soil-water balance is applied, requiring only the average values of monthly precipitations. The following steps have to be taken:

1. Each monthly average precipitation value is assigned to an index value, as shown in Table 3. It

has been found that the 125 mm limit value is representative for the average monthly potential evapotranspiration (PET) in Central America (Vahrson, 1991). It has also been shown that significant infiltration requires at least 40 mm of rainfall accumulated in ten days, corresponding to about 125 mm/month. In cases where enough information exists the limit of 125 mm of rainfall should be substituted with the average monthly potential evapotranspiration. For 100 stations in Costa Rica, the values of the potential evapotranspiration according to Hancock and Hargreaves (1977) are well correlated with the elevation, leading to the formula:

$$PET = 1721 - (0.177 * EL) \quad \text{Eq. 4}$$

Table 2. Classification of different lithologies and their susceptibilities, following examples of representative cases in Costa Rica and Central America.

Lithology	Qualification	Factor $S_f$
Permeable compact alluvium; permeable limestone, slightly fissured intrusions, basalt, ignimbrite, gneiss, hornfels; low degree of weathering, low water table, clean-rugged fractures, high shear resistance.	Low	1
Higher degree of weathering of above mentioned lithologies and of hard massive sedimentary rocks; lower shear resistance and shearable fractures.	Moderate	2
Considerably weathered sedimentary, intrusive, metamorphic, volcanic rocks, compacted sandy regolithic soils, considerable fracturing, fluctuating water tables.	Medium	3
Considerably weathered, hydrothermally altered rocks of any kind, strongly fractured and fissured, clay filled; poorly compacted pyroclastic and fluvio-lacustrine soils, shallow water tables.	High	4
Extremely altered rocks, low shear resistant alluvial, colluvial and residual soils, shallow water tables.	Very high	5

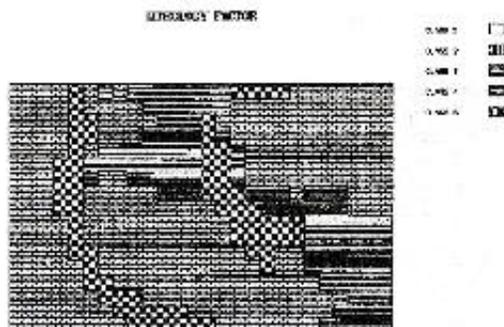


Figure 3. Distribution of the lithology factor  $S_l$  (Tapantl).

where:

PET = potential evapotranspiration (mm/year).  
EL = elevation (m).

2. Once each month is evaluated, the total of all twelve monthly assigned values has to be calculated for each analyzed rain gage station. These total values range from 0 to 24.
3. The total is classified into five groups, as shown in Table 4.

For spatial interpolations and extrapolations of this factor, local and regional precipitation trends should be taken into account. It is also advisable to analyze the influence of the elevation on this factor. In the case of the Tapantl quadrangle, it covers a range from 2 to 5 units. Figure 4 shows the spatial distribution of these values in Tapantl.

#### The Triggering Indicator $TRIG$

This indicator represents the active external driving forces and their probability of occurrence as landslide triggers. It combines two factors: The one hundred-year seismic and rainfall intensity events.

Table 3. Classification of average monthly values of rainfall.

Average Monthly Precipitation (mm/month)	Assigned Value
<125	0
125-250	1
>250	2

The seismic intensity factor  $I_s$  is determined by analyzing landslides triggered by earthquakes to establish the influence of seismic intensities within similar lithologic, climatic and geomorphic conditions. Different sets of intensities (Modified Mercalli Scale) of approximately comparable seismic sources were correlated with parameters of landslide density and surface destruction (Mora and Mora, 1992; Mora et al., 1992).

Correlations with accelerations, different attenuation models and duration of different levels of strong motion have been attempted without an apparent success, most probably because of lack of sufficient and reliable data (Mora and Mora, 1992).

In Table 5, data from this analysis show several categories of influence, using values of 100-yr return periods related to historical records. It is important to notice that seismicity accounts for the most important and frequent landslide-triggering element, at least in Central America, and for this reason, its index of influence can reach a factor value of up to 10.

In the case of Tapantl, the one hundred-year seismic intensity trend shows moderate-medium values (VI

Table 4. The Moisture Factor ( $S_h$ ), resulting from the classification of accumulated values of average monthly precipitation indexes.

Accumulated Value of Precipitation Indexes	Qualification	Factor $S_h$
0-4	Very low	1
5-9	Low	2
10-14	Medium	3
15-19	High	4
20-24	Very high	5



Figure 4. Distribution of the moisture factor  $Sh$  (Tapant).

and VII on the Modified Mercalli Scale), giving  $T_5$  factor indexes of 4 and 5 (Figure 5).

The precipitation intensity factor  $T_p$  is in Costa Rica and Central America the second most important landslide triggering element. In other areas this factor might even be the most important.

Landslides in residual-regolithic soils on steep slopes are very commonly triggered by short but very intense (convective) rainfalls (Vahron et al., 1987; Mora et al., 1988). Deeper-seated landslides (i.e. earth-rock slumps; Morn, 1991) are often triggered, reactivated and/or accelerated by less intense, but longer and volumetric (orographic) precipitations.

In order to cover both types of phenomena, a factor was developed based on the determination of the one hundred-year maximum values of daily (24 hr) precipitations, analyzing time series of ten years or more.

Table 5. Determination of the seismic intensity factor as a trigger for landslide generation, using hundred year intensity values (Modified Mercalli Scale) based from observations in Costa Rica and Central America (Mora and Mora, 1992).

Intensities (MDC) $T_r = 100$ yr	Qualification	Factor $T_5$
III	Slight	1
IV	Very low	2
V	Low	3
VI	Moderate	4
VII	Medium	5
VIII	Considerable	6
IX	Important	7
X	Strong	8
XI	Very strong	9
XII	Extremely strong	10

Usually for all rainfall gages, daily precipitation values are available.

The Gumbel (1945) distribution shows generally a good correlation (Vahron and Pallas, 1988) in Costa Rica. Table 6 shows the maximum values for 100-yr return periods and their correlated classes. In order to utilize stations with only short records ( $n < 10$  yr) to cover regions which otherwise have no information, in the same table (column 2) an auxiliary classification is given, based on the average of the yearly maximum values (duration: 1 day).

As in the case of the humidity (moisture) factor  $Sh$ , interpolations and extrapolations of these values must consider local and regional trends. Also, the relation between elevation and rainfall intensity indicates that in regions above 2,000 m in Costa Rica,  $T_p$  values of 1 or 2 are usually found. Rainfall intensity  $T_p$  values in Tapant range from 2 to 4 (Figure 6).

#### Combination of Factors and Indicators

By a combination of the susceptibility and trigger indicators, the final landslide hazard can be estimated. The susceptibility indicator  $SUSC$  results from multiplying the slope, lithology and moisture factors:

$$SUSC = S_r * S_l * S_h \quad \text{Eq. 5}$$

where:

$SUSC$  = susceptibility indicator

$S_r$  = slope factor (Table 1)

$S_l$  = lithology factor (Table 2)

$S_h$  = moisture factor (Table 4)

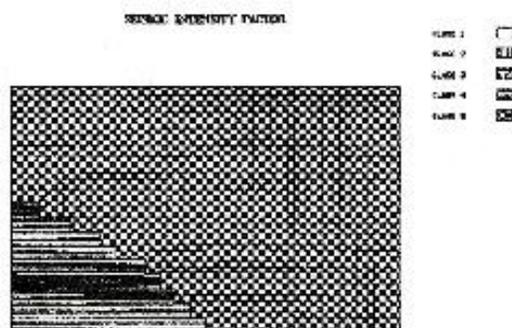


Figure 5. Distribution of the seismic intensity factor  $T_s$  (Tapantí).

The values of  $SUSC$  range from 0 (possible when  $S_r = 0$ ) up to 125 units. The susceptibility indicator of the Tapantí area is shown in Figure 7 and its values range from 0 to 64 units.

The trigger indicator  $TRIG$  is the total of the summation of the seismic and rainfall intensity factors:

$$TRIG = T_s + T_p \quad \text{Eq. 6}$$

where:

$TRIG$  = triggering indicator

$T_s$  = seismic intensity factor (Table 5)

$T_p$  = precipitation intensity factor (Table 6)

The range of the trigger indicator  $TRIG$  varies from 2 to 15 units, and in the Tapantí area it has been determined to be between 6 and 9 units (Figure 8).

The final degree of landslide hazard  $HI$  is defined as the product of the susceptibility indicator  $SUSC$ , and the trigger indicator  $TRIG$  as mentioned in Equation 1:

$$HI = SUSC \cdot TRIG$$

where:

$HI$  = total landslide hazard

Substituting Equation 5 and Equation 6 in Equation 1 as mentioned in Equation 2:

$$HI = (S_r \cdot S_l \cdot S_h) \cdot (T_s + T_p)$$

The extreme values of the total landslide hazard  $HI$  vary between 0 (only in the case of very flat areas) and 1,875 units.

To determine the landslide hazard derived from either type of triggering factors, Equation 2 can be separated into the following components:

$$H_{sl} = S_r \cdot S_l \cdot S_h \cdot T_s \quad \text{Eq. 7}$$

where:

$H_{sl}$  = hazard derived from landslides triggered by seismicity

$$H_{pl} = S_r \cdot S_l \cdot S_h \cdot T_p \quad \text{Eq. 8}$$

Table 6. Precipitation intensity factor  $T_p$  resulting from the classification of maximum daily precipitations for a return period of 100 yr. An auxiliary classification in column 2 is based on the average yearly maximum values (duration 1 day), applicable only in cases of rain gauges with short records.

Maximum Rainfall $n > 10$ yr; $T_r = 100$ yr	Rainfall $n < 10$ yr; Average	Qualification	Factor $T_p$
<100 mm	<50 mm	Very low	1
101–200 mm	51–90 mm	Low	2
201–300 mm	91–150 mm	Medium	3
301–400 mm	151–175 mm	High	4
>400 mm	>175 mm	Very high	5

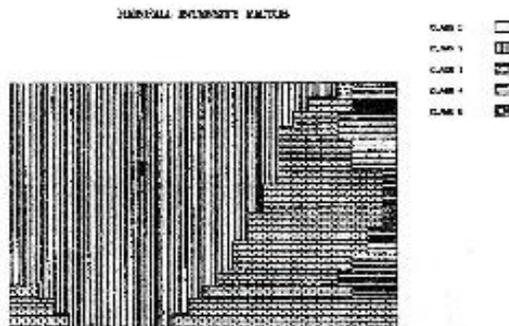


Figure 6. Distribution of the rainfall intensity factor  $T_p$  (Tapantí).

where:

$H_{pl}$  = hazard derived from landslides triggered by rainfalls

The values of  $H_{sl}$  and  $H_{pl}$  range from 0 to 1,250 and 0 to 625 units, respectively.

#### Classification of the Hazard

According to the results obtained by combining all of the above mentioned parameters through Equation 2, the value of the landslide hazard indicator  $H_l$  may be classified and evaluated for each particular site as shown in Table 7.

In the example of the Tapantí area (Figure 9), the total landslide hazard  $H_l$  ranges between Very Low (1) and High (5), with a clear predominance of medium landslide hazard. Anomalies are normally due

to the influence of human activities (land use, road and pipeline construction, etc.), deficiencies and insufficiencies of the available data.

#### CONCLUSION

This macrozonation methodology for landslide hazard determination is capable of showing those areas with a significant degree of potential slope instability. Decisions establishing appropriate priorities to perform more detailed geotechnical site studies, especially where future urban development, infrastructure expansion, lifelines and productive activities can be made.

The most important advantages of this methodology are its inexpensive application, the need for only simple parameters derived from available information, and where detailed geotechnical data is scarce,



Figure 7. The susceptibility indicator  $SI_{ISC}$  (Tapantí).

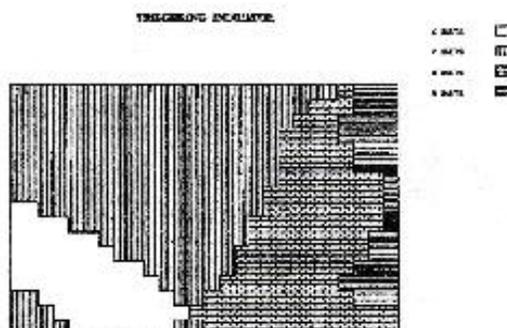


Figure 8. The triggering indicator TRIG (Tapach).

rapid determinations and faster processing when a geographical information system is used.

However, in the determination of some factors, such as the lithologic, humidity susceptibilities and the rainfall intensity trigger factors, it is important to include experienced opinions and judgment as well as to account for the influence of local and regional elements. There is still the need to include a way to determine the influence of land use, especially when inappropriate use (agricultural misuse of soils, overgrazing, deforestation, road and pipeline construction, arbitrary urban development, etc.) is practiced.

This system should not be utilized as a prediction methodology nor as a way to forecast the type of landslides that might occur. It is intended only to be a guide in determining the general trend and spatial distribution of potentially unstable slopes.

Future development of this methodology should include a definition of the most appropriate grid units, in-depth statistical analysis, improvement of the lithological susceptibility determination and its widespread application in order to demonstrate its

advantages and weaknesses under different natural and anthropic conditions.

#### REFERENCES

- DEGRAAF, J. V.; BRYCE, R.; JAMES, R. W.; MORA, S.; AND ROCHAS, C. T., 1989, Landslides: their extent and significance in the Caribbean. In Brabb, E. E. and Harrod, B. L. (editors), *Landslides: Extent and Their Economic Significance*. Balkema, Rotterdam, pp. 51-60.
- EDWARDS, H. H., 1988, Special lecture: landslide risk assessment procedure. In Bonnard, C. (editor), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, 10-15 July, Lausanne, Vol. 2*. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- GUMBE, E. J., 1945, Floods estimated by the probability method. *Engineering News Record*, Vol. 154, pp. 855-857.
- HANSEN, A., 1984, Landslide hazard analysis. In Brunsden, D. and Prior, D. B. (editors), *Slope Instability*. John Wiley and Sons, Chichester, England, 620 p.
- HARROCK, J. K. AND HARRINGTON, G. H., 1977, *Precipitación, Clima y Potencial Para la Producción Agrícola en Costa Rica*. Utah State University, Logan, UT, 136 p.
- MORA, S., 1989, Extent and socioeconomic significance of slope instability in Costa Rica. In Brabb, E. E. and Harrod, B. L. (editors), *Landslides: Extent and Their Economic Significance*. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 92-99.
- MORA, S., 1991, The Paríscot, Costa Rica landslide and its dynamics. In Bell, D. (editor), *Landslides, Proceedings of VI International Symposium on Landslides, Christchurch, New Zealand*. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 1195-1204.
- MORA, S. AND MORA, R., 1992, *Landslides Triggered by the Limón-Talón, Costa Rica Earthquake (April 22, 1991, M<sub>L</sub>=7.5) and Comparison with Other Events in Costa Rica*. U. S. Geological Survey, Professional Paper, in press.
- MORA, S. AND VAHRSON, W. G., 1992, Determinación "a priori"

Table 7. Classification of the landslide hazard  $H$  parametric values, as derived from Equation 2.

Value from Equation 2 $H$	Class	Classification of Hazard of Landslide Potential
<6	I	Negligible
7-37	II	Low
38-162	III	Moderate
163-512	IV	Medium
513-1250	V	High
>1250	VI	Very high



Figure 9. The total landslide hazard  $H$  (Tapanti).

de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. In AIZME, J. B. (editor), *Memoria del Primer Simposio Internacional Sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) Para el Estudio de Riesgos Naturales*. Bogotá, Colombia, pp. 259-273.

MORA, S.; VALDÉS, R.; AND RAMÍREZ, C., 1988, Los deslizamientos de Cachá-El Humo-Pejibayé (Julio 1987), sus causas y consecuencias, in IV Seminario Nacional de Geotecnia: *Asociación Costarricense de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones*, CPTA, San José, Costa Rica, 19 p.

MORA, S.; LESO, H.; DURAND, F.; ARYS, J. E.; AND MOURGON, P., 1992, Earthquake sensitivity of the Puriscal, Costa Rica landslide. In Becerril, F. and Pechón, A. (editor), *Slope*

*Stability in Seismic Areas*, Proceedings of the French-Italian Conference, Oneri Editions, France, pp. 63-76.

VANSON, W. G., 1991, Tropische Starkregen und ihre Verteilung—das Beispiel des Einzugsgebietes des Río Reventazón, Costa Rica. *Das Erdbe*, Vol. 123, pp. 1-15.

VANSON, W. G. AND FALLAS, J., 1988, *Evaluación Preliminar de tres Métodos para Estimar Períodos de Retorno para Lluvias Máximas de 24 Horas para la Estación San José, Costa Rica*, Nota de Investigación, No 7; Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica, 40 p.

VANSON, W. G.; CARTER, N.; AND PATTERSON, O., 1987, Las inundaciones del 2 de Julio 1987, el caso de la cuenca del río Humito. *Revista Geográfica*, Vol. III, pp. 35-61.

VANSON, D., 1984, *Landslide Hazard Zonation*. UNESCO, Paris, France, 63 p.



### **CAPÍTULO III**

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA,  
ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS -DIGEGR- DEL MINISTERIO DE  
AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN - MAGA**



### **3 SERVICIOS REALIZADOS EN LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, ESTRATÉGICA Y GESTIÓN DE RIESGOS –DIGEGR- DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN – MAGA**

#### **3.1 Presentación**

La Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos –DIGEGR del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA, a través del Laboratorio de Información Geográfica, se encuentra realizando la ubicación geográfica de Centros de Aprendizaje de Desarrollo Rural- CADER de todo el país; asimismo, apoya al Instituto Nacional de Estadística –INE en la digitalización de segmentos del Marco de Área para la Encuesta Nacional Agropecuaria 2014.

Además la DIGEGR-MAGA, a partir del año 2007 está ejecutando el Proyecto Mapa de Taxonomía de Suelos de la República de Guatemala a escala 1:50,000, a la fecha se cuenta ya con 3 estudios departamentales finalizados, publicados y socializados para su conocimiento y aplicaciones; siendo los estudios de los departamentos de Chimaltenango, Sololá y Sacatepéquez.

La información ha sido difundida a entidades gubernamentales y sociedad civil, mediante la entrega directa de los documentos a los posibles usuarios, el desarrollo de una serie de cursos de capacitación orientados a adiestrar a los usuarios en el uso de los documentos y en el uso de software de información geográfica (GvSig).

Durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA) se llevaron a cabo los siguientes servicios: la ubicación geográfica de los Centros de Aprendizaje de Desarrollo Rural - CADER del departamento de Quiché, la digitalización de 61 segmentos del Marco de Área para la Encuesta Nacional Agropecuaria 2014 –ENA-2014 y el levantamiento de información referida a la utilización del Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Chimaltenango.

Dentro de los servicios planificados se realizaron actividades de utilización del programa ArcGis para la ubicación geográfica de los CADERS y la digitalización de segmentos del Marco de para la ENA-2014; así como levantamiento de encuestas y entrevistas a usuarios del Estudio Semidetallado de Suelos del departamento de Chimaltenango.

## **3.2 SERVICIO I. Ubicación de Centros de Aprendizaje de Desarrollo Rural- CADER del departamento de Quiché**

### **3.2.1 Objetivos**

- Georeferenciar la ubicación de los Centros de Aprendizaje de Desarrollo Rural –CADER del departamento de Quiché, por medio del programa ArcGis, en una capa formato shp.
- Contar con una base de datos de los poblados que cuentan con CADER, así como el nombre del o la técnico responsable del área.

### **3.2.2 Metodología**

El personal del Laboratorio de Información Geográfica, facilitó un archivo en formato Excel, mismo que contenía la base de datos de todas las áreas pobladas que cuenta con CADER en el departamento de Quiché; con el respectivo nombre del o la técnico responsable de atender el área. Asimismo fue facilitado un proyecto en el cual se encontraban las capas de poblados del Censo Nacional de Población del año 2002 (INE-2002) y topónimos del Instituto Geográfico Nacional del año 2009- IGN-2009; con el objetivo de identificar las áreas pobladas que cuentan con CADER.

Habiendo identificado el área poblada con presencia de CADER, se le copio el código de centro poblado de la capas de poblados; en tanto que a la de topónimos le fue asignado un código correlativo; dicho código de área poblada fue pegado en la base de datos de formato Excel. Finalizada la fase de identificación de las áreas pobladas con CADER; se realizó el procedimiento conocido como “JOIN” en el programa ArcGis, a las capas en formato Shp de poblados y de topónimos; posteriormente se seleccionaron todos aquellos poblados con presencia de CADER y se exportó, con el objetivo de tener una nueva capa que contenga únicamente los poblados seleccionados con presencia de los CADER. Finalmente se realizó una unión de las capas de poblados y topónimos con presencia de CADER.

### **3.2.3 Resultados**

Se elaboró un mapa de ubicación de CADER del departamento de Quiché; mismo que contó con una tabla de atributos en la cual figura el nombre del o la técnico responsable de dicha área. Se ubicaron un total de 380 áreas pobladas con CADER, de las cuales 336 se

obtuvieron por medio de la capa de poblados del INE-2002, ya que los restantes 44 se obtuvieron de la capa de topónimos del IGN-2009.

**Cuadro 30 Municipios del departamento de Quiché con presencia de CADER**

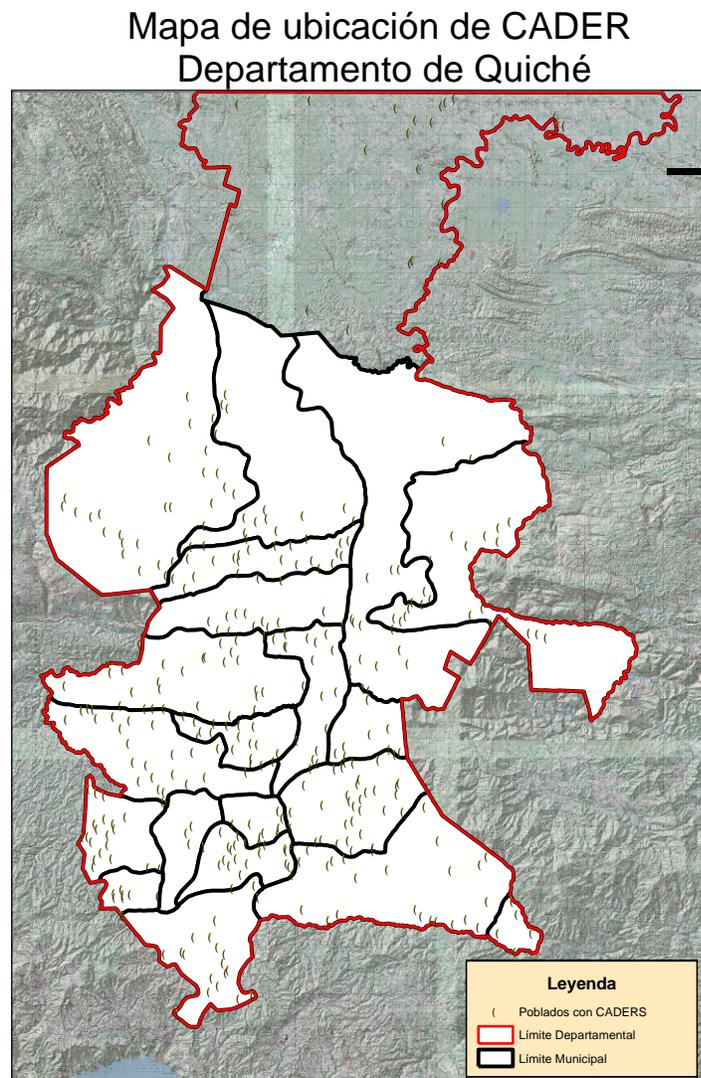
<b>Código Municipal</b>	<b>Municipio</b>	<b>Cantidad en poblados</b>	<b>Cantidad en Topónimos</b>
1401	Santa Cruz del Quiché	8	0
1402	Chiché	13	6
1403	Chinique	13	3
1404	Zacualpa	17	3
1405	Chajul	20	1
1406	Chichicastenango	18	3
1407	Patzité	6	0
1408	San Antonio Ilotenango	18	2
1409	San Pedro Jocopilas	18	4
1410	Cunén	21	0
1411	San Juan Cotzal	22	0
1412	Joyabaj	12	5
1413	Nebaj	22	3
1414	San Andrés Sajcabajá	15	2
1415	Uspantán	16	3
1416	Sacapulas	19	3
1417	San Bartolomé Jocotenango	19	3
1418	Canilla	16	0
1419	Chicamán	19	2
1420	Ixcán	19	1
1421	Pachalum	5	0
<b>TOTAL</b>	<b>380</b>	<b>336</b>	<b>44</b>

Fuente: Propia

Tal como se muestra en el cuadro anterior, los municipios con mayor presencia de CADER son los de Nebaj y San Juan Cotzal con 22 CADER cada uno; lo siguen los municipios de

Cunén con 21 y Chajul con 20. En tanto los municipios con menor presencia de CADER son: Pachalum con 5, Patzité con 6 y Santa Cruz del Quiché con 8.

En la figura 37, se observa la distribución georeferenciada de la presencia de los CADER en el departamento de Quiché.



**Figura 37** Mapa de ubicación de CADER del departamento de Quiché

Tal como se observa en la figura anterior, la presencia de los CADER se visualiza en todo el departamento, a excepción de la parte nor oeste del mismo.

### **3.2.4 Evaluación**

Se logró la ubicación de 380 poblados con Centros de Aprendizaje de Desarrollo Rural-CADER, en el departamento de Quiché; además se cuenta con una base que incluye el nombre del o la técnico responsable del área. Asimismo se elaboró un mapa de CADERS en el departamento de Quiché, en formato JPG.

## **3.3 SERVICIO II. Digitalización de segmentos del Marco de Área para la Encuesta Nacional Agropecuaria 2014**

### **3.3.1 Objetivos**

- Digitalización de 61 segmentos del Marco de Área para la Encuesta Nacional Agropecuaria-ENA- 2014 en los departamentos de Guatemala y Chiquimula.
- Contar con una capa de segmentos digitalizados con su respectiva base de datos de cultivos agrícolas y uso de la tierra.

### **3.3.2 Metodología**

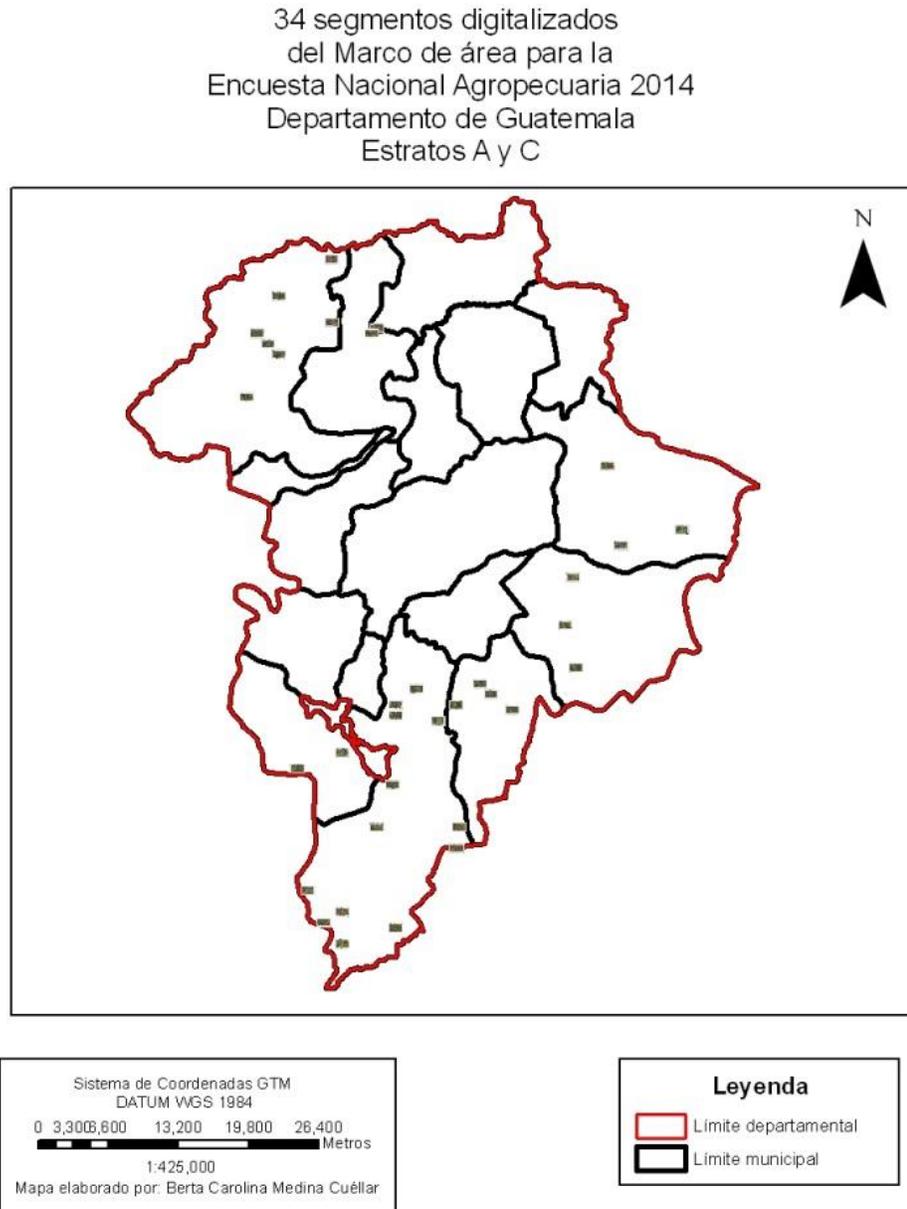
El personal técnico del Laboratorio de Información Geográfica facilitó un proyecto con los segmentos a digitalizar; así como la capa en formato shp en la que fueron digitalizados los segmentos.

A los segmentos trabajados se les editaron los atributos de correlativo y código de uso respectivo, en cada uno de los polígonos digitalizados; asimismo, se llenó la hoja de control, en formato Excel con el número de segmento digitalizado, departamento, estado (realizado, rechazado y pendiente); así como la fecha de digitalización, persona responsable de la digitalización y cantidad de polígonos digitalizados por segmento.

### **3.3.3 Resultados**

Se digitalizaron un total de 61 segmentos, de los cuales se digitalizaron 34 segmentos de los estratos A y C en el departamento de Guatemala; los restantes 27 segmentos fueron trabajados en los estratos A y C en el departamento de Chiquimula.

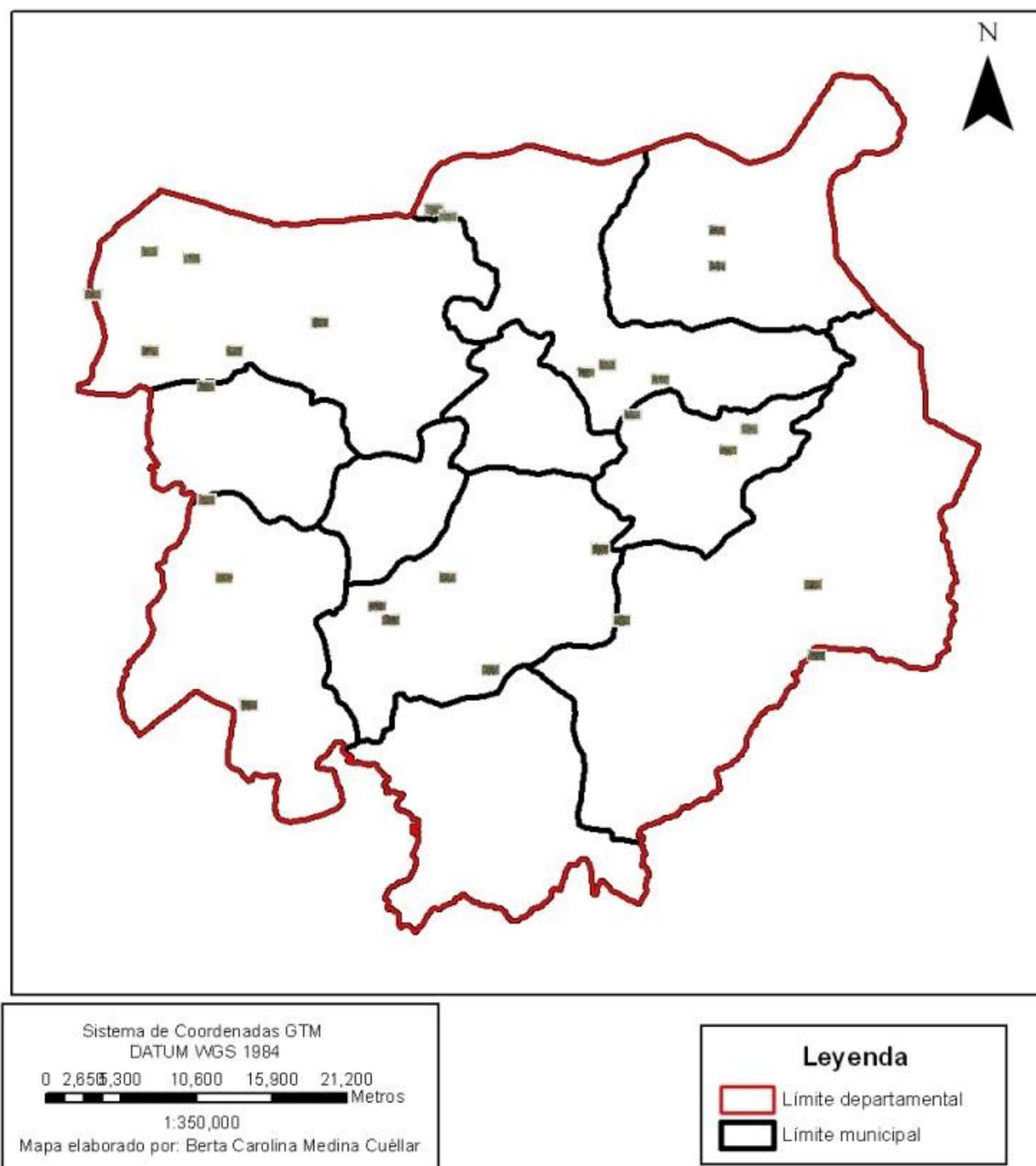
En la figura siguiente se muestran los 34 segmentos digitalizados en el departamento de Guatemala.



**Figura 38 Segmentos digitalizados en el departamento de Guatemala.**

Asimismo, en la figura siguiente se observan los 27 segmentos digitalizados en el departamento de Chiquimula.

27 segmentos digitalizados  
del Marco de área para la  
Encuesta Nacional Agropecuaria 2014  
Departamento de Chiquimula  
Estratos A y C



**Figura 39 Segmentos digitalizados en el Departamento de Chiquimula**

### **3.3.4 Evaluación**

Se alcanzó la digitalización total de 61 segmentos distribuidos en los departamentos de Guatemala y Chiquimula; mismos que apoyarán al cumplimiento del convenio con el Instituto Nacional de Estadística-INE en el Marco de Área de la Encuesta Nacional Agropecuaria del año 2014 y que proporcionó al Laboratorio de Información Geográfica un total de 1,500 segmentos a nivel nacional.

### **3.3.5 SERVICIO III. Levantamiento de Información Referida a la Utilización del Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Chimaltenango**

#### **3.3.5.1 Objetivos**

- Evaluar a través de encuestas dirigidas a personas capacitadas en el uso del estudio semidetallado de suelos, para qué y cómo se utiliza el estudio.
- Evaluar a través de entrevistas dirigidas a personas que no fueron capacitadas en el uso del estudio semidetallado de suelos, para qué y cómo utilizan el estudio que recibieron.

#### **3.3.5.2 Metodología**

El presente análisis se realizó a partir de las respuestas de encuestas dirigidas a usuarios capacitados así como entrevistas dirigidas a usuarios que no fueron capacitados pero que cuentan con copia del estudio de suelos del departamento de Chimaltenango. Tanto en encuestas como en entrevistas se utilizaron las preguntas de la encuesta realizada en el año 2012; así como otras que pueden contribuir con información de utilidad para la DIGEGR-MAGA, dentro de las que figuran: cómo obtuvo el estudio, qué instrumentos del estudio utiliza, a quién se acude en caso de tener dudas o ampliar información del estudio semidetallado de suelos, entre otras preguntas.

De tal manera que la metodología para el levantamiento de información de la utilización del estudio semidetallado de suelos, contempló encuestar al total de personas capacitadas para

el uso del estudio de suelos; así como a todas aquellas personas que recibieron copia impresa o digital de dicho estudio; para lo cual se consultaron los listados de personas capacitadas y de personas que recibieron copia impresa o digital de los estudios de suelos.

Debido a que se cuenta con dos estratos a estudiar (personas capacitadas y no capacitadas) se presentan dos formas de recabar la información, las cuales se detallan a continuación:

### **3.3.5.3 Recabación de información para personas capacitadas**

La información de interés fue recabada a través de una boleta de encuesta que contó con preguntas con la información requerida y necesaria para responder a los principales cuatro cuestionamientos; así como la información complementaria.

Para verificar que las preguntas planteadas en la encuesta fueran las correctas, se procedió a validar dicho instrumento, con 15 personas que si fueron capacitadas en el uso del estudio de suelos, se realizaron los cambios respectivos en la boleta de encuesta y se procedió a realizar el trabajo de campo.

### **3.3.5.4 Recabación de información para personas no capacitadas**

Para este grupo de personas, se realizó una entrevista semiestructurada, y aunque no fueron capacitadas para el uso de dicho estudio, cuentan con una copia (electrónica o física) del estudio. La guía de entrevista, también contenía las cuatro preguntas principales que se hicieron en la primera encuesta en el departamento de Chimaltenango y otras de interés para la DIGEGR-MAGA, ya que esto permitió analizar las posibles demandas o sugerencias de dichos usuarios para enriquecer los estudios; por lo que se solicitó la participación del equipo de edafólogos en el diseño de la misma.

Dicha entrevista fue validada con 7 personas no capacitadas en el uso de los documentos, sin embargo, no fue necesario realizar cambios en dicha herramienta.

### **3.3.5.5 Trabajo en campo**

El trabajo de campo se realizó ubicando a las personas en sus lugares de trabajo para ser encuestadas y entrevistadas; tanto en las sedes reportadas en los listados indicados, o en otras que fueron actualizadas al hacerse los recorridos. Asimismo, algunas personas no atendieron la solicitud para ser encuestadas o entrevistadas y otras personas ya no laboraban para la institución que representaban al momento de recibir la capacitación o la copia del estudio de suelos.

### **3.3.5.6 Tabulación y análisis de información**

La información que fue recabada en las boletas de encuesta y en las entrevistas, fue tabulada en el programa de Excel®, posteriormente se calcularon los porcentajes de las respuestas que brindaron las personas encuestadas y entrevistadas; seguidamente se analizó, interpretó y plasmó en el presente informe.

### **3.3.5.7 Resultados**

A continuación se presentan los resultados de la información recabada en el departamento de Chimaltenango a través de las boletas de encuesta y entrevista referente al estudio semidetallado de suelos en el departamento de Chimaltenango, los cuales se presentan por sector.

### **3.3.5.8 Encuestas**

#### **A. Sector agroexportador**

Las personas encuestadas en este sector ascienden a 7, equivalentes al 15.6% del total de las encuestas y los aspectos que sobresalen son: todos cuentan con una edición impresa de los estudios y son utilizados por una buena parte de los encuestados; siendo el principal uso la identificación de áreas de interés (localización de las áreas productoras de cultivos de exportación, de suelos más fértiles y grupos de productores), así como información de base para la certificación de áreas de producción. Los estudios son utilizados tanto en parte documental como cartográfica; para lo cual se geo referencian a través de los mapas y luego consultan los documentos, como les fue instruido en la capacitación; aunque las principales aplicaciones son como fuente de referencia general de suelos y para ubicar o identificar áreas aptas para producción de cultivos de exportación. Al momento de la encuesta, ninguno reporta haber utilizado el estudio para expandir áreas de cultivo y/o hacer innovaciones agronómicas y/o productivas.

Otros aspectos a destacar de la encuesta son: a) Buena parte de los encuestados participaron en el proceso de capacitación y allí obtuvieron el estudio, aunque solo en 2 casos se ha replicado la capacitación; b) Las principales limitaciones que se perciben respecto al estudio son: que es de “difícil interpretación” y que no es apto para la mayoría de los agricultores locales, por lo que se debería generar un material “más comprensible” por medio del cual se pueda capacitar a los interesados; c) Además del estudio, cuentan con información complementaria con análisis de laboratorios a muestras de suelos de áreas específicas, para cumplir con las normas de exportación; norma que está establecida para cada ciclo de cultivo; así como investigaciones propias y/o consultas

que realizan en internet; d) Los encuestados manifiestan que debería de capacitarse a agricultores (pequeños, medianos y grandes productores); e) La disponibilidad de contar con programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) es muy limitada y no se cuenta con ninguna capacitación al respecto, por lo que el uso digital de la información es escaso.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos de las encuestas relevadas ordenadas conforme a los mayores porcentajes obtenidos:

- Utilización del estudio semidetallado de suelos del departamento – 85.7%.
- Principales usos (identificación de áreas de interés, certificación de áreas productoras y consulta de análisis de suelos) – 71.4%
- Utilización de documentos y mapas – 71.4%
- Aplicaciones prácticas (referencia general de suelos, áreas aptas y apoyo para capacitación) – 85.7%.
- Utilización del estudio en la ampliación de áreas de cultivo – 0%

Los otros aspectos a destacar son:

- El proceso de capacitación se ha dado entre los años 2011 y 2013; aunque el mismo ha sido replicado escasamente – 28.6%
- La principal limitante del estudio es que es de difícil interpretación y no apto para agricultores – 42.8%
- Los usuarios utilizan información complementaria (análisis de fertilidad de los suelos, información bajada de internet e investigaciones agronómicas propias) – 100%
- Los sectores propuestos a capacitarse en este sector son agricultores (grandes, medianos y pequeños productores) – 57.1%
- Los técnicos no cuentan con programas de SIG 71.4%, no cuentan con capacitación en SIG – 100% y no utilizan la información digital del estudio – 71.4%.

## **B. Sector gubernamental**

Las personas encuestadas en este sector ascienden a 14, equivalentes al 31.1% del total de encuestas y los aspectos que sobresalen en la encuesta realizada a este sector, indican que 11 personas cuentan con el estudio; sin embargo dentro de las causas manifestadas por las cuales no cuentan con copia física o digital del estudio es que la autoridad institucional del momento de la capacitación, sustrajo dicho estudio con el cambio de gobierno, y/o bien dejó el estudio en la institución para la cual laboraba al momento de la capacitación. Asimismo, la versión del estudio más utilizada es la impresa; sin embargo hay encuestados que utilizan tanto la versión impresa como la digital y consideran que el estudio es muy importante ya que les permite ubicar los tipos de suelos en los que tienen establecidos los distintos proyectos institucionales; asimismo, comprende una herramienta que fortalece las investigaciones científicas en programas de fertilización; la identificación de áreas de mantenimiento de caminos rurales, posibles áreas de riego así como áreas aptas para protección y producción forestal.

El estudio es utilizado tanto en su parte documental como cartográfica para lo cual una buena parte de los encuestados indica utilizar únicamente los mapas; aunque las aplicaciones prácticas identificadas son la referencias geográficas y la identificación de suelos en áreas de interés; al igual que en el sector agro exportador, este sector aún no ha logrado utilizarlo para expandir áreas de cultivo con innovaciones agronómicas ni productivas.

Otros aspectos a destacar de la encuesta son: a) que buena parte de los encuestados participaron en el proceso de capacitación y allí obtuvieron el estudio, aunque solo en 4 casos se ha replicado la capacitación; b) Las principales limitaciones que se perciben respecto al estudio son: que no es a nivel de detalle y que es de “difícil interpretación” y que no es apto para la mayoría de los agricultores locales, por lo que se debería generar un material “más comprensible” por medio del cual se pueda capacitar a los interesados; c) Además del estudio, en algunos casos se cuenta con información complementaria tales como: Estudio de Capacidad de Uso de la Tierra con metodología del INAB, IDE-SEGEPLAN y estudios generados por el ICTA; d) Los encuestados manifiestan que

debería de capacitarse a extensionistas y técnicos de instituciones de gobierno, así como agricultores (pequeños, medianos y grandes productores); e) Buena parte de los encuestados cuenta con programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los cuales fueron capacitados y utilizan para identificación de cobertura y uso de la tierra, identificación de áreas de interés, elaboración de mapas temáticos y planificación de actividades.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos de las encuestas relevadas ordenadas conforme a los mayores porcentajes obtenidos:

- Utilización del estudio semidetallado de suelos del departamento – 71.4%.
- Principales usos (identificación de áreas de interés, capacidad de uso y cambio de uso de la tierra, construcción de infraestructura productiva, consulta de usuarios e investigación de campo) – 57.2%
- Utilización de mapas – 42.9%
- Aplicaciones prácticas (referencia geográfica, identificación de suelos de áreas de interés, referencia bibliográfica) – 71.44%.
- Utilización del estudio en la ampliación de áreas de cultivo – 0%

Los otros aspectos a destacar son:

- El proceso de capacitación se ha dado entre los años 2011 y 2013; aunque el mismo ha sido replicado escasamente – 28.6%
- Las principales limitantes identificadas son que no está a nivel de detalle, que no es apto para agricultores, fertilizantes específicos que no están disponibles en el mercado, muy extenso y la operatividad del programa GvSig – 57.1%
- Algunos usuarios utilizan información complementaria (ECUT-INAB, IDE-SEGEPLAN y estudios propios) – 42.9%
- Los sectores propuestos a capacitarse en el uso del estudio son extensionistas así como técnicos de gobiernos y agricultores (grandes, medianos y pequeños productores) – 71.5%
- Una buena parte de los encuestados cuenta con programas de SIG 57.1%; además están capacitados para el uso de los mismos – 71.4% y utilizan dicha herramienta

para la identificación de cobertura y uso de la tierra, identificación de áreas de interés, elaboración de mapas temáticos y planificación de actividades – 57.1%.

### **C. Sector municipal**

Las personas encuestadas en este sector ascienden a 2, equivalentes al 4.4% del total de encuestas y los aspectos que sobresalen en la encuesta realizada a este sector, indican que todos cuentan con el estudio en versión impresa; la cual es utilizada por la mitad de los encuestados para la autorización de construcción de infraestructura gris, ya que según lo manifestado por las autoridades encuestadas, dependiendo de las características de los suelos se aprueba la construcción de infraestructura en la localidad.

El estudio es utilizado tanto en su parte documental como cartográfica; para lo cual se geo referencia a través de los mapas y luego consultan los documentos, como les fue instruido en la capacitación; aunque la principal aplicación es como fuente referencial de suelos y este sector no ha logrado utilizar el estudio para expandir áreas de cultivo con innovaciones agronómicas ni productivas.

Otros aspectos a destacar en la encuesta son: a) que la mitad de los encuestados participaron en el proceso de capacitación y allí obtuvieron el documento aunque la capacitación no ha sido replicada; b) La principal limitación que se identificó es que el documento es muy extenso; c) Los usuarios no cuentan con información complementaria al estudio; d) Los encuestados manifiestan que debería de capacitarse a directivos y asociados de grupos organizados así como a profesionales jóvenes; e) La mitad de los encuestados cuenta con programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los cuales fueron capacitados y que utilizan para identificación de cobertura y uso de la tierra.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos de las encuestas relevadas, ordenadas conforme a los mayores porcentajes obtenidos:

- Utilización del estudio semidetallado de suelos del departamento - 50%
- Principal uso construcción de infraestructura gris – 50%

- Utilización de documentos y mapas – 50%
- Aplicación práctica identificada es como fuente referencial de suelos- 50%
- Utilización del estudio en la ampliación de áreas de cultivo – 0%

Los otros aspectos a destacar son:

- El proceso de capacitación se ha dado en el año 2011; aunque el mismo no ha sido replicado – 100%
- La principal limitante identificada es que el documento es muy extenso – 50%
- Los usuarios no cuentan con información complementaria al estudio – 100%
- Los sectores propuestos a capacitarse en el uso del estudio son directivos y asociados de grupos organizados así como profesionales jóvenes – 100%
- Se cuenta con programas de SIG y están capacitados para el uso de los mismos – 50%; utilizan dicha herramienta para la identificación de cobertura y uso de la tierra – 50%

#### **D. Sector de organizaciones no gubernamentales -ONG's (Asociaciones, Cooperativas y otros)**

Las personas encuestadas en este sector ascienden a 22, equivalentes al 48.9% del total de encuestas y los aspectos que sobresalen en la encuesta realizada a este sector, indican que una buena parte de los encuestados cuenta con el estudio; siendo utilizadas la versión impresa así como la digital; sin embargo dentro de las causas por las cuales el estudio no es utilizado figuran: que no se recibió copia del estudio, se dejó en las instalaciones de las organizaciones para la cual recibieron la capacitación o que no entendieron el estudio. El estudio es utilizado principalmente como consulta bibliográfica en investigaciones, facilitar capacitación e identificación de áreas que pueden ser aptas para cultivos rentables y reforestaciones; asimismo, es utilizado tanto en su parte documental como cartográfica para lo cual se geo referencian a través de los mapas y luego consultan los documentos, como les fue instruido en la capacitación; aunque las aplicaciones prácticas referidas son identificación de áreas de interés, conservación de suelos, referencia bibliográfica y material para capacitaciones. Este sector aún no ha

logrado utilizarlo para expandir áreas de cultivo con innovaciones agronómicas ni productivas.

Otros aspectos a destacar de la encuesta son: a) que buena parte de los encuestados participaron en el proceso de capacitación y allí obtuvieron el estudio, aunque solo en 2 casos se ha replicado la capacitación; b) Las principales limitaciones que se perciben respecto al estudio son que es de “difícil interpretación” y que no es apto para la mayoría de los agricultores locales, no es a nivel de detalle y que la operatividad del programa GvSig ocasiona problemas asociados a la capacidad de memoria del equipo de cómputo; c) Además del estudio, en algunos casos se cuenta con información complementaria tales como: Estudio de Capacidad de Uso de la Tierra con metodología del INAB, mapa de regiones fisiográficas y estudios de laboratorio de suelos de áreas específicas; d) Los encuestados manifiestan que debería de capacitarse a agricultores (pequeños, medianos y grandes productores), así como a socios y directivos de las organizaciones; e) La disponibilidad de los programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) es limitada, al igual que la capacitación al respecto por lo que el uso digital de la información es escaso.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos de las encuestas relevadas ordenadas conforme a los mayores porcentajes obtenidos:

- Utilización del estudio semidetallado de suelos del departamento – 59.1 %
- Principales usos (como consulta bibliográfica en investigaciones, facilitar capacitaciones e identificación de áreas que pueden ser aptas para cultivos rentables y reforestaciones) – 54.6%
- Utilización de mapas y documentos – 36.4%
- Aplicaciones prácticas (identificación de suelos de áreas de interés, conservación de suelos, referencia bibliográfica y material para capacitaciones – 54.5%.
- Utilización del estudio en la ampliación de áreas de cultivo – 0%

Los otros aspectos a destacar son:

- El proceso de capacitación se ha dado entre los años 2011 y 2012; aunque el mismo ha sido replicado escasamente – 28.6%
- Las principales limitantes identificadas son que es complejo, no es apto para agricultores, no es a nivel de detalle y la operatividad del programa GvSig – 49.9%
- Algunos usuarios utilizan información complementaria (ECUT-INAB, mapa de regiones fisiográficas y análisis de laboratorios de suelos de áreas específicas) – 27.3%
- Los sectores propuestos a capacitarse en el uso del estudio son agricultores (pequeños, medianos y grandes productores), así como a socios y directivos de las organizaciones – 68.4%
- Los encuestados no cuentan con programas de SIG – 72.7, no cuentan con capacitación en SIG - 68.2%.

### 3.3.5.9 Entrevistas

#### E. Sector agroexportador

En este sector se entrevistó a 1 persona, equivalente al 2.6% del total de entrevistas y los aspectos que sobresalen en la entrevista realizada a este sector, indican que se cuenta con el estudio tanto en versión impresa como digital; el que es utilizado principalmente para identificación de áreas para producción de cultivos de exportación; asimismo, es utilizado tanto en su parte documental como cartográfica para lo cual se geo referencian a través de los mapas y luego consultan los documentos. La principal aplicación del estudio es la implementación de planes de fertilización en cultivos de exportación.

Otros aspectos a destacar de la entrevista son: a) que cuentan con el estudio debido a que se informaron del proceso de capacitación facilitado por la DIGEGR en el departamento de Chimaltenango durante el año 2012; b) la principal limitación identificada es que no hay actualización de los análisis de laboratorio a muestras de suelos, lo cual es considerado importante ya que según lo manifestado la acidez de los

suelos varía de año con año; debido a la constante aplicación de los fertilizantes y uso de agroquímicos; por lo que se considera que dicha limitante puede superarse a través de actualizar dicha información y facilitarla a través de la página web de la DIGEGR; c) se considera que el estudio es una buena herramienta de trabajo que permite ubicar las áreas de producción y certificación con las cuales trabajan.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos de las entrevistas relevadas ordenadas conforme a los mayores porcentajes obtenidos:

- Utilización del estudio semidetallado de suelos del departamento – 100%.
- Principales usos (identificación de áreas de interés) – 100%
- Utilización de mapas y documentos – 100%
- Aplicaciones prácticas (planes de fertilización) – 100%.

Los otros aspectos a destacar son:

- Obtuvo el estudio porque se informó de la capacitación del 2012 – 100%
- La principal limitante del estudio es que no se cuenta con información actualizada de los análisis de laboratorio en muestras de suelos – 100%
- La opinión que se tiene del estudio es una buena herramienta de trabajo – 100%.

## **F. Sector gubernamental**

En este sector se entrevistó a 5 personas, equivalentes al 12.8% del total de entrevistas y los aspectos que sobresalen en la entrevista realizada a este sector, indican que todos los entrevistados cuentan con el estudio, tanto en versión impresa como digital; el que es utilizado por la mayoría de entrevistados principalmente para identificación de áreas para producción de diferentes cultivos; así como la ubicación de suelos francos y franco-arenosos, ya que los mismos son preferidos por la mosca del mediterráneo para la fase de empupamiento. El estudio es utilizado tanto en su parte documental como cartográfica para lo cual se geo referencian a través de los mapas y luego consultan los documentos. Las principales aplicaciones del estudio son la identificación de áreas de interés, la

implementación de prácticas de conservación de suelos y como insumo para la investigación.

Otros aspectos a destacar de la entrevista son: a) que cuentan con el estudio debido a que se informaron del proceso de proceso de capacitación facilitado por la DIGEGR en el departamento de Chimaltenango durante el período de 2011 a 2012; b) las principales limitaciones identificadas son que es muy técnico, extenso y no está diseñado para los agricultores locales; además que no se cuenta con información actualizada ni seguimiento; por lo que se considera necesario contar con un material “más sencillo y entendible” con el que se pueda capacitar a todos los interesados; c) se considera que el estudio es una buena herramienta de trabajo que realizar investigaciones de campo y puede ser aplicada a ordenamiento territorial.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos de las entrevistas relevadas ordenadas conforme a los mayores porcentajes obtenidos:

- Utilización del estudio semidetallado de suelos del departamento – 60%.
- Principales usos: identificación de áreas de interés – 40%; herramienta para facilitar capacitaciones y asistencia técnica – 20%.
- Utilización de mapas y documentos – 60%
- Aplicaciones prácticas: identificación de áreas de interés – 20%; prácticas de conservación de suelos – 20%; así como herramienta que facilita insumos para investigación – 20%

Los otros aspectos a destacar son:

- Obtuvo el estudio porque se informó de la capacitación en el período de 2011 a 2012 – 60%
- Las principales limitantes del estudio son que es muy técnico y no está diseñado para agricultores locales – 20%; muy extenso – 20% y que es que no se cuenta con información actualizada – 20%
- Se considera al estudio una buena herramienta de trabajo – 80%.

## G. Sector municipal

En este sector se entrevistó a 3 personas, equivalentes al 7.7% del total de entrevistas y los aspectos que sobresalen en la entrevista realizada a este sector, indican que la mayoría cuenta con el estudio tanto en versión impresa como digital; el que es utilizado para realizar planes integrales a nivel de microcuenca y como referencia a agricultores para poder realizar cultivos apropiados según el tipo de los suelos. El estudio es utilizado tanto en su parte documental como cartográfica para lo cual se geo referencian a través de los mapas y luego consultan los documentos, aunque la principal aplicación es como consulta referencial.

Otros aspectos a destacar de la entrevista son: a) que cuentan con el estudio debido a que se los enviaron y que se informaron del proceso de proceso de capacitación facilitado por la DIGEGR en el departamento de Chimaltenango en el año 2012; b) las principales limitaciones identificadas son que es muy técnico y no está diseñado para los agricultores locales; por lo que se considera necesario contar con un material “más sencillo y entendible” con el que se pueda capacitar a todos los interesados; c) se considera que el estudio muy bueno y muy completo.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos de las entrevistas relevadas ordenadas conforme a los mayores porcentajes obtenidos:

- Utilización del estudio semidetallado de suelos del departamento – 66.7%.
- Principales usos: planes de desarrollo – 33.3%; consulta para referencia de cultivos – 33.3%.
- Utilización de mapas y documentos – 66.7%
- Aplicaciones prácticas: consulta bibliográfica – 33.3%

Los otros aspectos a destacar son:

- Obtuvo el estudio porque se lo enviaron – 33.3% y porque se informó de la capacitación en el año 2012 – 33.3%

- Las principales limitantes del estudio son es muy técnico y no diseñado para agricultores locales – 33.3%
- La opinión que se tiene del estudio es muy bueno y muy completo – 66.7%.

#### **H. Sector de organizaciones no gubernamentales ONG´s (Asociaciones, Cooperativas y otros)**

En este sector se entrevistó a 30 personas, equivalentes al 76.9% del total de entrevistas

y los aspectos que sobresalen en la entrevista realizada a este sector, indican que la mayoría de entrevistados cuenta con el estudio impreso; el que es utilizado por buena parte de los entrevistados para conocer las características físicas y químicas de los suelos, así como para identificar áreas aptas para producir cultivos rentables. En tanto las causas por las cuales no se utiliza el estudio son debido a que sus funciones son administrativas, falta de capacitación y que el estudio es muy técnico. El estudio es utilizado tanto en su parte documental como cartográfica para lo cual buena parte de los entrevistados se geo referencian a través de los mapas y luego consultan los documentos o viceversa; aunque buena parte de los entrevistados no ha encontrado aplicación del documento; otros entrevistados reportan que lo han aplicado para programas de fertilización, prácticas de conservación de suelos y cultivos de hortalizas.

Otros aspectos a destacar de la entrevista son: a) que cuentan con el estudio debido a que se los enviaron y que se informaron del proceso de capacitación facilitado por la DIGEGR en el departamento de Chimaltenango durante el período del 2011 al 2012; b) las principales limitaciones identificadas son que es muy técnico y no está diseñado para los agricultores locales; además que el estudio se entregó sin que se les facilitara capacitación en el uso del mismo por lo que se considera necesario facilitar capacitación a todos los interesados con un material “más sencillo y entendible”; c) se considera que el estudio es una buena herramienta de trabajo.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos de las entrevistas relevadas ordenadas conforme a los mayores porcentajes obtenidos:

- Utilización del estudio semidetallado de suelos del departamento – 73.3%.
- Principales usos: identificar características de los suelos en áreas de interés – 46.6%
- Utilización de mapas y documentos – 43.3%
- Aplicaciones prácticas: programas de fertilización – 13.3%; prácticas de conservación de suelos – 13.3% y cultivos de hortalizas – 10.0%.

Los otros aspectos a destacar son:

- Obtuvo el estudio porque se lo enviaron – 56.7% y porque se informaron de la capacitación– 30%
- Las principales limitantes del estudio son es muy técnico y no diseñado para agricultores locales – 33.4%; se entregó el estudio sin que se les facilitara capacitación 16.7%
- Se considera que el estudio es una buena herramienta de trabajo – 73.4%.

### **3.3.5.1 CONCLUSIONES**

A continuación se presentan las conclusiones de los resultados presentados anteriormente.

#### **A. Encuestas**

En todos los sectores la mayoría de encuestados manifiesta que cuentan con el estudio de suelos en versión impresa, siendo el principal uso la identificación de áreas de interés; los cuales varían en cada sector; asimismo, todos los encuestados han recibido la capacitación y en su mayoría no han tenido dudas para el manejo del estudio; sin embargo, dicha capacitación no ha sido replicada. Y aunque no se cuenta con información complementaria de suelos, el estudio a la fecha de la encuesta, no ha sido aplicado para la expansión de áreas de cultivos ya que las aplicaciones prácticas identificadas en el estudio son mayoritariamente la referencia general de suelos y la identificación de áreas de interés, las cuales varían en cada sector.

Es importante resaltar que el estudio es considerado una herramienta útil para varios fines; sin embargo, también se le considera una herramienta de difícil interpretación, no apta para agricultores, segmento de la población que fue sugerido por la mayoría para ser capacitado en el uso del estudio. Asimismo, se manifiesta que facilitando un material más sencillo y capacitaciones dirigidas y especializadas para personal técnico de instituciones así como capacitaciones dirigidas a agricultores, el estudio puede ser entendido por todos los segmentos de la población y especialmente por los agricultores en general.

La mayoría de los encuestados no cuentan con programas de información geográfica ni con capacitación en el uso de dicha herramienta; sin embargo un grupo de encuestados manifestaron, que la capacitación facilitada por la DIGEGR-MAGA, también les instruyó en el software de GvSig, pero argumentan que han tenido problemas con dicho software para su instalación y que el software es de operatividad lenta, lo que se asocia a la capacidad del equipo de cómputo.

Un aspecto importante de resaltar es que dentro de las causas por las cuales no utilizan el estudio en el sector gubernamental es debido a que las autoridades anteriores sustrajeron los estudios, caso que no ocurriera con el sector de las organizaciones no gubernamentales; asimismo se reporta que no se ha entendido el estudio debido a la corta duración de la capacitación en el uso del mismo.

Por lo anteriormente expuesto se pone de manifiesto que las capacitaciones facilitadas al momento, no han segmentado a grupos de técnicos y grupos de agricultores, lo cual facilitaría la comprensión en el uso del estudio a los agricultores ya que sus niveles de comprensión son desiguales; asimismo, la durabilidad de las capacitaciones para ambos segmentos no debería de ser necesariamente igual. Además, es notorio que no hay un canal establecido de comunicación con los capacitados y la DIGEGR-MAGA al momento de surgir dudas en el uso del estudio; su aplicabilidad práctica en el campo y el uso del programa de información geográfica GvSig.

## **B. Entrevistas**

En todos los sectores la mayoría de entrevistados cuentan con el estudio en versión impresa; siendo el principal uso para la identificación de áreas de interés, los cuales varían en cada sector y a pesar que es considerado una buena herramienta; no se ha identificado aplicación práctica en su mayoría y se le cataloga como un material muy técnico no diseñado para agricultores sino para personas con nivel técnico, lo que podría superarse con la elaboración de guías populares diseñadas para agricultores y capacitaciones en el uso del estudio.

Dentro de las causas por las cuales no se utiliza el estudio por los entrevistados, figuran que no es parte de sus atribuciones, la falta de capacitación, falta de tiempo y que el estudio es muy técnico; por lo que no es conveniente facilitar copia de los estudios sin capacitación en el uso de los mismos; ya que muchos de los usuarios manifestaron que lo utilizan, pero no en la forma que es instruida por el personal técnico de la DIGEGR-MAGA; asimismo no se debe mezclar a técnicos de campo con agricultores en las capacitaciones; ya que los niveles de comprensión son desiguales y el estudio es considerado muy técnico y no diseñado para agricultores, quienes en su mayoría no tienen acceso a computadora para realizar las prácticas del programa de información geográfica que se facilita en la capacitación.

### **3.3.5.2 RECOMENDACIONES**

Con base a las respuestas obtenidas de las encuestas y de las entrevistas, se realizan las siguientes recomendaciones:

- Realizar más capacitaciones para instruir a personal técnico de los cuatro sectores facilitando copias electrónicas del estudio de suelos e instrucción en el programa de sistemas de información geográfica GvSig.
- Realizar capacitaciones dirigidas a agricultores en el uso del estudio semidetallado de suelos del departamento de Chimaltenango, facilitando copias impresas, debido a que este sector difícilmente cuenta con equipo de cómputo.

- Contemplar más duración en tiempo para las capacitaciones del uso del estudio semidetallado de suelos del departamento de Chimaltenango.
- Promover a través de la página web de la DIGEGR un espacio para realizar consultas y resolución de dudas, sobre el uso del estudio semidetallado de suelos
- Facilitar los enlaces con las personas que hayan sido capacitadas, así como las personas que cuenten con el estudio, con el objetivo de aclarar dudas.
- Realizar un manual dirigido a agricultores con base al estudio semidetallado de suelos del departamento de Chimaltenango.
- Realizar campaña divulgativa promoviendo la demanda y uso del estudio de suelos en el departamento de Chimaltenango.

#### **3.3.5.1 Evaluación**

Se logró encuestar a un total de 45 usuarios capacitados en el uso del Estudio Semidetallado de Suelos del departamento de Chimaltenango distribuidos en el sector agroexportador 7 personas; en el sector gubernamental 14, en el municipal 2 y en ONG´S 22 personas. En tanto a las personas no capacitadas en el uso del estudio, se entrevistó a un total de 39 personas; distribuidas en el sector agroexportador, 1 persona; en el sector gubernamental 5, en el municipal 3 y en ONG´S 30 personas.

## 1. BIBLIOGRAFÍA

1. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos, GT). 2012. Informe de resultados de consulta sobre utilización del estudio semidetallado de los suelos del departamento de Chimaltenango a entidades empresariales, gubernamentales, municipales y asociativas. Guatemala. 18 p.
2. \_\_\_\_\_. 2015. Historia de la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos –DIGEGR- (en línea). Guatemala. Consultada 24 ene 2014. Disponible en: <http://www.sigmaga.com.gt>
3. Soil Survey Staff, US. 2010. Keys to soil taxonomy. 11 ed. Washington, D.C., US, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 333 p.



## 2. ANEXOS



Dirección de Información Geográfica,  
Estratégica y Gestión de Riesgos DIGEGR-MAGA

## Entrevista Semiestructurada para personas que poseen documento de Estudio de Semidetallado de Suelos

### I. Información General

1.1 Fecha: \_\_\_\_\_ 1.2 Departamento: \_\_\_\_\_

1.3 Municipio: \_\_\_\_\_

1.4 Nombre de persona entrevistada: \_\_\_\_\_

1.5 No. De Teléfono: \_\_\_\_\_ 1.6. Correo electrónico: \_\_\_\_\_

1.7 Tipo de institución que representa: Gubernamental: \_\_\_\_\_ Municipal: \_\_\_\_\_ ONG \_\_\_\_\_

Agro-exportador \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

### II. Información referente al Documento

2.1 La copia del Estudio de Semidetallado de Suelos que cuenta es Impresa: \_\_\_\_\_ o Digital: \_\_\_\_\_ Desde cuándo la tiene \_\_\_\_\_

2.2 Cómo obtuvo el estudio: \_\_\_\_\_

2.3 Utiliza el estudio? No \_\_\_\_\_ Si \_\_\_\_\_ (Si la respuesta es no, por qué no lo utiliza? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.4 Para qué lo utiliza? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.5 Cómo lo utiliza?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.6 Ha aplicado en el campo algo de lo que dice el estudio semidetallado de suelos: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.7 En caso de dudas del contenido del documento o los mapas, a quién acude para resolverlas? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.8 Qué limitaciones ha encontrado al estudio? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.9 Cómo cree usted que pueden superarse dichas limitaciones en el estudio? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.10 Qué opina del estudio: \_\_\_\_\_

		Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos <u>DIGEGR-MAGA</u>	
<b>Encuesta del Estudio Semidetallado de Suelos</b>			
<b>I. Información General</b>		1.1 Fecha: _____	
1.2 Departamento: _____		1.3 Municipio: _____	
1.4 Nombre de persona entrevistada: _____			
1.5 No. De teléfono: _____			
1.6 Dirección de correo electrónico: _____			
1.7 Nombre de Institución que representa:			
<input type="checkbox"/> Gubernamental : _____		_____	
<input type="checkbox"/> Municipal: _____		_____	
<input type="checkbox"/> ONG's : _____		_____	
<input type="checkbox"/> Agro-exportador: _____		_____	
Otros: _____			
<b>II. Información referente al Documento</b>			
2.1 En qué fecha recibió la capacitación para el uso del estudio semidetallado de suelos? _____			
2.2 Cuenta con el estudio semidetallado de suelos del departamento?		No <input type="checkbox"/>	
Por qué no cuenta con el documento? _____			
Si <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Impresa <input type="checkbox"/> Digital <input type="checkbox"/> Ambas	
2.3 Utiliza el estudio semidetallado de suelos del departamento?		No <input type="checkbox"/>	
Si <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Impresa <input type="checkbox"/> Digital <input type="checkbox"/> Ambas	
2.4 Para qué utiliza el estudio semidetallado de suelos del departamento? _____ _____			
2.5 Cómo obtuvo el estudio semidetallado de suelos del departamento? _____ _____			
2.6 Qué instrumentos utiliza del estudio de suelos:			
<input type="checkbox"/> Documento o documentos (Capítulo 1 al 7)		_____	
<input type="checkbox"/> Mapa de Zonificación de Tierras		_____	
<input type="checkbox"/> Mapa de Suelos		_____	
<input type="checkbox"/> Mapa de Capacidad de Uso de la tierra		_____	
<input type="checkbox"/> Otros: _____			
2.7 Cómo utiliza el estudio de suelos?			
<input type="checkbox"/> Lee los documentos y luego consulta los mapas		_____	
<input type="checkbox"/> Consulta los mapas y luego lee los documentos		_____	
<input type="checkbox"/> Solo consulta mapas		_____	
<input type="checkbox"/> Solo consulta documentos		_____	
<input type="checkbox"/> Otra: _____			

 <p>Gobierno de Guatemala Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación</p>	<p>Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos <b>DIGEGR-MAGA</b></p>
<p>2.8 Qué aplicaciones prácticas identifica en el documento?</p> <hr/> <hr/>	
<p>2.9 Si ha utilizado el estudio para expandir áreas de cultivo, en qué cultivo _____      Qué prácticas realiza que antes de aplicar el estudio no hacía? _____      _____      Cuánto cosechaba antes de tomar en cuenta el estudio _____ cuanto cosecha ahora _____      Qué fórmula de fertilizante utilizaba: _____ Qué fertilizante utiliza ahora: _____      Cuánto compraba antes de fertilizante: _____ Cuanto compra ahora: _____</p>	
<p>2.10 Cuenta con información complementaria el estudio semidetallado de suelos? No <input type="checkbox"/></p> <p>Si <input type="checkbox"/> Cuál?: _____</p>	
<p>2.11 En caso de dudas para utilizar el material o aplicación del estudio, a quién acude?</p> <hr/> <hr/>	
<p>2.12 Qué limitaciones ha encontrado en el uso del estudio semidetallado de suelos del Departamento?</p> <hr/> <hr/>	
<p>2.13 Cómo cree usted que pueden superarse las limitaciones antes mencionadas?</p> <p><input type="checkbox"/> Capacitación del uso del Estudio Semidetallado de suelos del Departamento</p> <p><input type="checkbox"/> Proveer de material impreso</p> <p><input type="checkbox"/> Proveer de material electrónico</p> <p><input type="checkbox"/> Otra: _____</p>	
<p>2.14 Se ha replicado la capacitación recibida a otros sectores y grupos de la población? No <input type="checkbox"/></p> <p>Si <input type="checkbox"/> Quiénes?: _____</p>	
<p>2.15 A qué otros grupos de la población cree usted que deben de capacitarse?</p> <hr/> <hr/>	
<p>2.16 Cuenta con un Software para información geográfica? No <input type="checkbox"/></p> <p>Si <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> GvSig</p> <p><input type="checkbox"/> ArcGis</p> <p><input type="checkbox"/> Otro: _____</p>	
<p>2.17 Cuenta con capacitación para utilizar un software de información geográfica? No <input type="checkbox"/></p> <p>Si <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> GvSig</p> <p><input type="checkbox"/> ArcGis</p> <p><input type="checkbox"/> Otro: _____</p>	
<p>2.18 Cómo utiliza la información digital y para qué aplicaciones?</p> <hr/> <hr/>	