

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
MAESTRÍA EN GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



***Propuesta de ordenamiento de las áreas de producción  
agrícola, para reducir deslizamientos en el Municipio de San  
Marcos La Laguna, Sololá.***



*ING. AGR. GAMALIEL ALEXANDER MARTÍNEZ MARROQUÍN*

*GUATEMALA, FEBRERO DE 2012.*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

MAESTRÍA EN GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



***Propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola, para reducir deslizamientos en el Municipio de San Marcos La Laguna, Sololá.***

POR:

**ING. AGR. GAMALIEL ALEXANDER MARTÍNEZ MARROQUÍN**  
gamartinez1@hotmail.com

ASESORADO POR

**M.Sc. Juan Carlos Fuentes Montepeque y**  
**M.Sc. Carlos Fernando López Búcaro.**

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGISTER SCIENTIFICAE / MAESTRO EN CIENCIAS**  
**CON LA ESPECIALIZACIÓN**  
**EN GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2012.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

***JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA***

<i>Decano</i>	<i>Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo</i>
<i>Vocal Primero</i>	<i>Arq. Gloria Ruth Lara de Corea</i>
<i>Vocal Segundo</i>	<i>Arq. Edgar Armando López Pazos</i>
<i>Vocal Tercero</i>	<i>Arq. Marco Vinicio Barrios Contreras</i>
<i>Vocal Cuarto</i>	<i>Br. Jairon Daniel del Cid Rendón</i>
<i>Secretario</i>	<i>Arq. Alejandro Muñoz Calderón</i>

***TRIBUNAL EXAMINADOR***

<i>Decano</i>	<i>Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo</i>
<i>Secretario</i>	<i>Arq. Alejandro Muñoz Calderón</i>
<i>Asesor</i>	<i>MSc. Juan Carlos Fuentes Montepeque</i>
<i>Consultor</i>	<i>MSc. Carlos Fernando López Búcaro.</i>



## ACTO QUE DEDICO

Debo comenzar diciendo que no me resulta fácil exponer mis ideas y sentimientos muy dispares y entremezclados y que se resisten a seguir cualquier orden. En un primer momento pensé: cuántas cosas en tan poco tiempo y a la vez qué poco he hecho en tanto tiempo...

En cualquier caso, entiendo que se aprecia en todos nosotros un pensamiento y hondo sentimiento de gratitud.

A Dios por haberme conservado con vida, con salud, y que me ha guiado y cuidado hasta hoy. Es muy fácil elevar la mirada y pedirle las cosas deseadas a Dios, pero la hora de dar las gracias pocas veces llega... quiero aprovechar este momento para ello.

A mi familia, por su amor, comprensión y ayuda. Gracias por permitirme tener acceso a las más prioritarias de las necesidades humanas: La Educación.

A mis compañeros de maestría, por su simpatía y amistad, por sus bromas que le daban un matiz cálido a nuestra vida estudiantil, en la que no se improvisó; se cultivó, se cinceló y esculpió la amistad cada día.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, fiel a su espíritu fundacional, ha confiado plenamente en cada uno de nosotros y nos ha encargado tareas y cometidos muy dispares (permanentes unos, innovadores otros), pero en los que realmente se aprecia que tanto en los puestos más humildes como en los que pueden parecer de más relevancia, somos importantes. La Universidad de San Carlos de Guatemala, además de llevarla en la cabeza y de ocupar nuestros esfuerzos intelectuales, la llevó en el corazón, en la que entre sus muros, quedamos un fragmento de nosotros, de nuestra historia.

A las instituciones nacionales e internacionales por su colaboración tanto a nivel económico como moral a favor de mis actividades ecdémicas.

Por todo esto y, valiéndome de las palabras del clásico castellano, diría que:

*"Si no puedo pagar las buenas obras que me hacen con otras obras, pongo en su lugar los deseos de hacerlas, y cuando éstos no bastan, las publico; porque quien dice y publica las buenas obras que recibe, también las recompensará con otras, si pudiera"*  
(Don Quijote de la Mancha).

Gracias a todos por todo cuanto hicieron por mí.





## Contenido

1. Resumen .....	1
2. Introducción .....	5
3. Antecedentes .....	7
4. Marco Conceptual .....	9
4.1 El suelo como un recurso natural y su productividad .....	9
4.2 Uso de la tierra, cobertura y uso actual. ....	10
4.3 Conflictos de uso de la tierra e importancia de la clasificación de las tierras .....	11
4.4 El SIG en la evaluación de la capacidad de uso mayor de la tierra. ....	13
4.5 Ordenamiento territorial .....	14
4.6 Deslizamientos .....	15
4.6.1 Susceptibilidad a deslizamientos .....	15
4.6.2 Clasificación de los deslizamientos por el tipo de movimiento (Cruden y Varnes, 1996). .....	15
5. Marco Referencial .....	21
5.1 Estudios relacionados.....	21
5.2 Descripción geográfica. ....	23
5.3 Descripción del suelo (Geológica Taxonómica) .....	23
5.4 Descripción ambiental.....	34
5.5 Descripción de la fauna.....	39
5.6 Aspectos socioeconómicos.....	39
5.6.1 Descripción de la Población.....	39
5.6.2 Nivel de Escolaridad.....	40
5.6.3 Población económicamente activa.....	40
5.6.4 Pobreza y pobreza extrema.....	40
5.6.5 Actividades productivas.....	40
5.6.6 Agua Potable.....	42
5.6.7 Drenajes .....	43
5.6.8 Energía Eléctrica .....	43
5.6.9 Descripción de las viviendas.....	44
5.6.10 Escuelas .....	44
5.6.11 Centro de salud .....	44
5.6.12 Presencia institucional .....	45
5.7 Análisis de Riesgo del municipio de San Marcos La Laguna. ....	46
6. Descripción de la problemática asociada a los deslizamientos.....	49
7. Planteamiento del problema .....	53

8. Objetivos.....	55
9. Justificación .....	57
10. Alcances de la investigación.....	59
11. Metodología .....	61
11.1 Estructuración del marco teórico .....	61
11.2 Capacidad de uso de la tierra.....	61
11.2.1 Elaboración del mapa de unidades fisiográficas geomorfológicas .....	62
11.2.2 Elaboración del mapa de pendientes. ....	63
11.2.3 Mapa de profundidad efectiva del suelo.....	63
11.2.4 Mapa de capacidad de uso de la tierra .....	63
11.3 Mapa de cobertura y uso de la tierra .....	64
11.4 Mapa de conflictividad de uso de la tierra.....	65
11.5 Mapa de susceptibilidad a erosión .....	65
11.5.1 Estimación del índice de susceptibilidad (IS) .....	65
11.5.2 Factor de disparo (FD).....	68
11.5.3 Estimación de las zonas de susceptibilidad relativa .....	68
11.6 Mapa de propuesta de ordenamiento.....	69
12. Resultados .....	69
12.1 Fisiografía.....	69
12.1.1 Ladera San Marcos La Laguna Norte (MJOg3).....	70
12.1.2 Ladera San Marcos La Laguna Noreste (MSOfp1).....	70
12.1.3 Ladera San Marcos La Laguna Noreste-Noroeste (MSOg3) .....	73
12.1.4 Ladera San Marcos La Laguna Central y Suroeste (MQOf3).....	73
12.1.5 Ladera San Marcos La Laguna Noreste (MQOg3) .....	73
12.1.6 Ladera San Marcos La Laguna Este (MQOgp2) .....	74
12.1.7 Planicie aluvio-coluvial San Marcos La Laguna Este (MQYcp1).....	74
12.1.8 Planicie aluvio-coluvial San Marcos La Laguna Sur y Oeste (MQYcp2).....	74
12.1.9 Planicie inclinada Nuevo Barrio Chulema´ (MQGe1) .....	74
12.1.10 Planicie inclinada San Marcos La Laguna Noreste (MSGe1).....	75
12.1.11 Planicie inclinada Sureste (MQGep) .....	75
12.2 Pendientes .....	75
12.3 Capacidad de uso de la tierra.....	79
12.4 Uso de la Tierra. ....	87
12.5 Cobertura forestal .....	91
12.6 Intensidad de uso .....	95
12.7 Mapa de susceptibilidad a deslizamientos.....	99
12.8 Propuesta de ordenamiento.....	103

12.8.1 Sistemas agroforestales (Cultivos anuales - hortalizas- frutales) (1.1).....	107
12.8.2 Bosque mixto denso con café (1.5).....	108
12.8.3 Bosque mixto con agroforestería (Café y sombra 1.4).....	108
12.8.4 Bosque de galerías - gaviones (1.2) .....	109
12.8.5 Bosque de protección (1.3).....	109
12.8.6 Parque regional municipal Cerro Papá (1.9) .....	110
12.8.7 Centro Poblados (1.6,1.7,1.8).....	110
13. Propuesta de proyectos.....	113
13.1 Proyecto de buenas prácticas de conservación del suelo para producción. ....	113
13.2 Proyecto de agricultura permanente con sistemas agroforestales. ....	113
13.3 Proyecto de reforestación y manejo de regeneración para protección .....	114
13.4 Proyecto de manejo forestal para el aprovechamiento de bosque remanente.....	115
13.5 Organización y administración del programa propuesto .....	115
14. Estrategia de conservación del suelo para evitar deslizamientos. ....	116
14.1 Programa de manejo de Bosques y fuentes de agua.....	116
14.2 Programa de valorización cultural .....	116
14.3 Programa gerencial administrativo .....	116
15. Conclusiones .....	117
16. Recomendaciones .....	118
17. Bibliografía.....	119



## Índice de Cuadros

Cuadro 1.Descripción geológica del suelo de San Marcos La Laguna. ....	29
Cuadro 2. Establecimientos educativos San Marcos La Laguna. ....	44
Cuadro 3. Presencia institucional en San Marcos La Laguna.....	46
Cuadro 4. Análisis de riesgo de San Marcos La Laguna. ....	47
Cuadro 5. Datos de deslizamientos de tierra mayores en el período de 1880-1991 para la región Sur Occidente .....	51
Cuadro 6: Matriz de análisis e interpretación fisiográfica-geomorfológica.....	62
Cuadro 7 .Rangos de calificación de la variable factor pendiente del terreno. ....	66
Cuadro 8 .Rangos de calificación de la variable factor litológico del terreno. ....	67
Cuadro 9. Leyenda fisiográfica del municipio de San Marcos La Laguna .....	69
Cuadro 10. Hectáreas por clase de capacidad de uso de la tierra para el municipio de San Marcos La Laguna.....	80
Cuadro 11. Cobertura forestal y uso de la tierra del municipio de San Marcos La Laguna.....	87
Cuadro 12. Cobertura Forestal San Marcos La Laguna .....	91
Cuadro 13. Resumen de susceptibilidad a deslizamientos del municipio de San Marcos La Laguna .....	103
Cuadro 14. Resumen de las características de las unidades cartográficas. ....	105
Cuadro 15. Programa de bosques y fuentes de agua .....	116
Cuadro 16. Programa de valorización cultural .....	116
Cuadro 17. Programa gerencial administrativo .....	116



## Índice de Figuras

Figura 1. Esquema ilustrativo de caída de rocas.....	16
Figura 2. Esquema ilustrativo de volcamiento de rocas.....	17
Figura 3. Esquema ilustrativo de deslizamiento rotacional .....	18
Figura 4. Esquema ilustrativo de deslizamiento traslacional.....	19
Figura 5. Esquema ilustrativo de deslizamiento extensivo (roca – 3) sobre material suave (arcilloso – 2).....	19
Figura 6. Esquema ilustrativo de deslizamiento tipo flujo .....	20
Figura 7. Mapa de ubicación de San Marcos La Laguna.....	25
Figura 8. Mapa de serie de suelos del municipio de San Marcos La Laguna.....	27
Figura 9. Mapa geológico del municipio de San Marcos La Laguna .....	31
Figura 10. Mapa de taxonomía de suelos del municipio de San Marcos La Laguna. ....	35
Figura 11. Mapa de zonas de vida del municipio de San Marcos La Laguna.....	37
Figura 12. Mapa fisiográfico del municipio de San Marcos La Laguna .....	71
Figura 13. Mapa de Pendientes de San Marcos La Laguna.....	77
Figura 14. Mapa de Capacidad de uso de la tierra de San Marcos La Laguna. ....	81
Figura 15. Mapa de cobertura y uso actual de San Marcos La Laguna .....	89
Figura 16. Mapa de cobertura vegetal del municipio de San Marcos La Laguna .....	93
Figura 17. Mapa de Intensidad de uso de la tierra de San Marcos La Laguna.....	97
Figura 18. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos de San Marcos La Laguna.....	101
Figura 19. Mapa de propuesta de ordenamiento territorial de San Marcos La Laguna. ....	111





*Todo el día fue de lluvia*

*Todo el día fue de lluvia,  
al final de la tarde  
la noche venía bajando  
y no pudo seguir su camino  
porque se quedó trabada  
en el lodazal.*

*En el pueblo no hubo noche,  
sólo oscuridad.*

*Humberto Ak'abal*

## **1. Resumen**

Ante la continua amenaza que sufren los recursos naturales en Guatemala, puede identificarse una clara tendencia hacia la fragmentación de los bosques, por efecto de incendios forestales y la tala inmoderada, lo cual provoca la exposición del suelo, reducción la captura e infiltración del agua y aumento la escorrentía superficial, las tasas de erosión y degradación de las tierras.

La erosión del suelo también causa la pérdida de fertilidad y productividad, y aumenta el riesgo de deslizamientos y avalanchas en las laderas y valles, lo cual deriva en problemas de sedimentación en embalses, ríos, lagos y del océano, al igual que la modificación del régimen hidrológico y el aumento de la frecuencia e intensidad de las inundaciones aguas.

De acuerdo con lo anterior este estudio plantea realizar una propuesta de ordenamiento territorial como instrumento de planificación del uso de la tierra según su vocación, para crear nuevas ventajas comparativas y competitivas dentro del contexto de sostenibilidad ambiental y buscar alternativas de aprovechamiento considerando las condiciones económicas y sociales para orientar la selección y adopción de las mejores opciones. Dicho proceso involucro autoridades Municipales, Organizaciones Civiles y población en general en la planificación del uso del suelo y manejo de los recursos naturales.

La metodología seleccionada consistió en la elaboración de los siguientes mapas:  
1.Unidades Fisiográficas 2.Capacidad de uso de la tierra utilizando la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos -USDA-, 3. Cobertura y uso actual del suelo, 4. Conflictividad, 5. Índice de susceptibilidad a erosión y 6. Propuesta de ordenamiento territorial.

De acuerdo con lo anterior se determinó que el municipio de San Marcos La Laguna, pertenece a la región fisiográfica de Tierras Altas Volcánicas, a la sub región fisiográfica Zona montañosa Occidental (Tacanán, Tecpán), al gran paisaje Montaña Volcano Erosional y con elementos de paisaje predominantes de Laderas, Planicie Alocoluvial e inclinadas.

La Capacidad de Uso de la tierra se realizó utilizando la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos -USDA- , con la cual se determinó que 36.46 hectáreas pertenecen a la clase III, 28.11 hectáreas a la clase V, 88.16 hectáreas a la clase VI, 718.27 hectáreas a la clase VII, 48.73 hectáreas a la clase VIII de los suelos de San Marcos La Laguna.

Los usos predominantes que actualmente se le dan los pobladores a la tierra del municipio de San Marcos La Laguna son: 1.- Centros poblados urbanos y rurales, 2.- Frutales de clima templado (café), 3.- Tierras de cultivos anuales (maíz) 4.- Bosque mixto denso con café, 5.- Bosque mixto poco denso, 6.- Bosque mixto poco disperso, 7.-Bosque mixto poco denso con café. 8.- Bosque mixto disperso con jocote, 9.-Matorral y 10.- Cuerpos de agua.

Según el análisis de pendientes, profundidades y características físicas del suelo se determinó que 224.77 hectáreas del municipio de San Marcos La Laguna, están sobre utilizadas, 256.84 hectáreas están subutilizadas y 423.99 hectáreas están siendo utilizadas correctamente.

Utilizando una metodología modificada de Mora Vharson Mora, se estimó que el 43% del área del municipio de San Marcos La Laguna se encuentra en riesgo medio, el 37% en riesgo crítico un 8 % en riesgo alto y un 12% en riesgo bajo a sufrir deslizamientos.

Por último, se presenta una propuesta de ordenamiento territorial, la cual se acompaña de propuestas de proyectos y programas como estrategias de conservación del suelo para evitar deslizamientos.

Es importante mencionar que la elaboración de este estudio, se enmarca dentro del proyecto “Red Universitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América, financiado por la Cooperación Italiana, La Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Escuela de Estudios de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y la Universidad de los estudios de Palermo Italia, el cual presenta un ejercicio de cooperación interinstitucional y que contribuye al fortalecimiento académico nacional y al mejoramiento del bienestar de la población guatemalteca.



## **2. Introducción**

La tierra es un recurso limitado y no renovable y el crecimiento de la población humana determina la existencia de conflictos en torno a su aprovechamiento, por tal motivo es urgente armonizar los diversos tipos de tierras con el aprovechamiento más racional posible, a fin de optimizar la producción sostenible y satisfacer diversas necesidades de la sociedad, conservando al mismo tiempo, los ecosistemas frágiles y la herencia genética. Esta armonización de tipos de tierras con tipos de usos es posible con el ordenamiento de los recursos naturales, partiendo de la evaluación sistemática del potencial de la tierra y agua, de las alternativas de su aprovechamiento, y de las condiciones económicas y sociales que orientan la selección y adopción de las mejores opciones. (FAO 1994).

El desarrollo de estudios de ordenamiento permite generar la información para procesos del ordenamiento territorial de una Cuenca Hidrográfica, Región o Municipio, es el punto de partida para establecer los criterios técnicos que orientaran el desarrollo y manejo de los recursos naturales.

Los Estudios de Capacidad de Uso de la Tierra (ECUT), son una herramienta de toma de decisiones, al considerar los datos aportados como propuestas que permitan reducir el sobre uso del recurso suelo y con ello estabilizar a mediano plazo el manejo del suelo. De acuerdo con lo anterior la propuesta de ordenamiento del uso del suelo permite desarrollar acciones a instituciones de diferentes índoles, programas y proyectos nacionales para orientar el apropiado manejo del recurso tierra.

El presente estudio plantea una “Propuesta de Ordenamiento de las áreas de producción agrícola, para reducir deslizamientos en el Municipio de San Marcos La Laguna Sololá, con el objetivo de determinar las potencialidades de uso del suelo para facilitar el desarrollo de los habitantes, para mejorar el aprovechamiento de la tierra y obtener mejoras la gestión pública, optimizar la organización y atención de

su propia división territorial municipal; así como, orientar las actividades productivas, para que sean compatibles con la capacidad de uso de la tierra en este espacio geográfico.

### **3. Antecedentes**

Según el “Memorial de Sololá”, el pueblo de San Marcos La Laguna fue fundado el 26 de abril de 1584, cuando el misionero franciscano Fray Juan Mendoza celebró la primera misa, siendo conocido inicialmente como San Marcos Paquip. En 1707, en un libro de matrimonios ya se le denomina como San Marcos La Laguna.

Actualmente el municipio lo constituido el casco de la cabecera municipal y su territorio se divide en cuatro barrios, denominados, Barrio I (Xenima abaj), II (Chirij Juyu), III (Chinimaya) localizados al Sur del municipio a orillas del Lago Atitlán y Barrio Nuevo Chulema localizado al Oeste del municipio, los cuales han sido afectados seriamente por terrenos, deslaves y derrumbes en diferentes épocas.

Los deslaves y derrumbes que han sufrido los pobladores de San Marcos La Laguna se deben a que el municipio se construyó en una hondonada<sup>1</sup> que desemboca en el lago de Atitlán, la cual en época de invierno trasporta grandes cantidades de agua y sedimentos por la falta de cobertura vegetal, sobre uso del suelo y deficientes prácticas de conservación, contribuyendo todo esto en el azolvamiento del Lago de Atitlán.

La primera corriente de agua se registró en los libros parroquiales en 1,688, luego se reportó otra en el año de 1,702, después de ésta el Alcalde Mayor de Sololá trato de convencer a los pobladores del área para trasladarse a un lugar más seguro debido a los deslizamientos, pero no lograron encontrar un lugar adecuado.

En el año de 1,724 se produce el tercer corriente, la cual provocó gran cantidad de deslizamientos, en esos años el Alcalde Mayor de Sololá Juan Barreneche, obtuvo el permiso del la Real Audiencia para trasladar el pueblo a otro sitio, los pobladores escogieron el lugar denominado Uacujil, al cual se trasladaron en enero de 1,725.

---

<sup>1</sup> Hondonada: Espacio de terreno hondo, es una depresión, barranco.

A finales de octubre de 1,949 en lo que entonces se consideraba el centro del pueblo, donde se asentaban los edificios públicos (escuela, Municipalidad, cárcel y la iglesia) fueron destruídos por una fuerte corriente de agua quedando únicamente la iglesia que había sido construida pocos años antes. Ante este nuevo desastre, los habitantes se vieron forzados a trasladarse para librarse definitivamente de las “corrientes de agua”, esta vez a las lomas de Chirijuyú y Xenimabaj, lugar donde actualmente permanece (PNUD,SEGEPLAN).

Según el PNUD y SEGEPLAN en el 2011, indican que el cuatro de octubre del año 2,005 San Marcos La Laguna, fue afectada por la Tormenta Tropical STAN provocando el desborde del río Xepapa o la Cañada afectando principalmente al Barrio III, el cual fue inundado totalmente afectando aproximadamente 150 familias. Las autoridades municipales manifestaron que “en la parte alta de la cabecera se encuentra una enorme roca que pueda que se desprenda, por lo que un sector de la población está temeroso por este riesgo” (Centro Nacional de información e Investigación en Desarrollo y Desastres -CENACIDE-, 2006)

Todos estos desastres han provocado gran destrucción dentro del poblado, prueba de ello es que la población se ha visto muchas veces forzada a trasladarse de lugar y se han vuelto a levantar.



#### **4. Marco Conceptual**

##### **4.1 El suelo como un recurso natural y su productividad**

El suelo es un cuerpo tridimensional que ocupa la parte superficial de la corteza terrestre, que posee propiedades diferentes del material de la roca que lo origina como resultado de las interacciones entre el clima, organismos vivientes (incluido el hombre), material parental y el relieve en el transcurso del tiempo. (CUMAT, 1985). Tobías (1997), indica que el suelo es un recurso natural que ocupa un espacio de forma organizado, dinámico y desarrollado a partir de una intemperización y descomposición de las rocas minerales y restos orgánicos, bajo la influencia de los factores formadores del suelo, conteniendo cantidades apropiadas de aire, agua y suministrando los nutrimentos y el sostén que requieren las plantas.

González (1996), menciona que el crecimiento de las plantas terrestres depende del suelo, del agua y de los elementos nutritivos; obteniendo este último a través de sus raíces en forma de cationes y aniones tanto del horizonte superficial y el subsuelo, pero pueden ser afectados por los factores limitantes como pendiente, pedregosidad, erosión e inundación.

Foth (1975), define la productividad del suelo como la capacidad del suelo para producir una planta específica o secuencia de plantas bajo un sistema determinado de manejo. También se puede decir que la productividad del suelo es básicamente un concepto económico y no una propiedad del suelo, que están implicados tres factores insumos, rendimiento y tipo del suelo, para que un suelo sea productivo por necesidad debe ser fértil y reunir las condiciones de manejo. También señala que la fertilidad del suelo se define como la cualidad que permite a un suelo proporcionar los compuestos adecuados, en la cantidad conveniente y en el equilibrio apropiado, para el crecimiento de determinadas plantas cuando otros factores son favorables.

Por otro lado Calderón (1985), Indica que es la productividad del suelo es la capacidad de un suelo para producir altos rendimientos para un cultivo seleccionado que han permitido la utilizan las tierras con una mínima inversión, frecuentemente los suelos arenosos son usados para áreas de recreo o bosques.

#### **4.2 Uso de la tierra, cobertura y uso actual.**

Durang (1998), establecen que la coincidencia de los límites del uso de la tierra con los límites de los tipos de suelo, generalmente es muy baja en áreas con alta presión poblacional. Además que en períodos largos, el uso de la tierra puede tener un gran impacto en el suelo, tanto en forma constructiva o destructiva, la historia de uso de la tierra puede ser reflejada en su parcelación de la tierra. De ello se resume que el uso de la tierra implica consideraciones de orden agro ecológico y socioeconómico y es expresado por la utilización de la tierra y los conflictos generados de este uso, considerándose dos aspectos importantes uso actual y uso potencial de la tierra.

Los mapas de cobertura y uso actual de la tierra permiten la localización, distribución espacial y cuantificación de las categorías identificadas para una época determinada; la leyenda del mapa cobertura vegetal y uso actual de la tierra está organizada en forma jerárquica en la cual se distinguen categorías. Bocco (1999), indica que la cobertura vegetal está en proceso de cambio, esta y el uso de la tierra generalmente se deben a la degradación del terreno y la intensificación del uso del terreno; una forma de evaluación de estos cambios de uso de la tierra es a partir de los cambios en la cobertura vegetal y no en el vegetal mismo, y se realiza por percepción remota cartografía temática de cobertura.

El uso actual de la tierra, se refiere más bien a la descripción de las características del paisaje en una época determinada y la forma como se ha desarrollado la utilización de sus recursos, sin tomar en consideración su potencial o uso futuro, también permite conocer la utilización efectiva de que es objeto el territorio municipal en sus distintas unidades de paisaje y la forma como se ha desarrollado

el aprovechamiento de los recursos naturales, suelo, agua, vegetación. (Vargas, 1999).

#### **4.3 Conflictos de uso de la tierra e importancia de la clasificación de las tierras**

Quiroga (1984), indica que es importante la clasificación de las tierras a pesar de que persiguen diferentes objetivos, pero sobre todo busca el mejor uso posible de una unidad de tierra conociendo su capacidad y sus limitaciones de los suelos.

Dalence 2001, menciona que la clasificación de las tierras estriba en que permite conocer el potencial y las limitaciones de las mismas, de tal manera que hace posible la planificación adecuada de su uso, proporcionando así, una base sólida para el desarrollo sostenido de las poblaciones dependientes.

La clasificación y evaluación de los suelos son fundamentales para el ordenamiento territorial y la planificación económica de cualquier región y utilizar técnicamente las tierras con vocación agropecuaria, forestal, para una ejecución de proyectos, como agroindustriales y otros planes de desarrollo del sector agropecuario. (CORDECO, 1993, citado por Alvarado, 1998).

Durang (1998), señalan que, la evaluación de tierras es el proceso de evaluación de su rendimiento cuando se la utiliza para fines específicos. Supone la ejecución e interpretación de reconocimientos y estudios de relieve, suelos, vegetación, clima y otros aspectos de la tierra, por lo que la evaluación de tierras debe ser considerada como un proceso integral que debe ser llevado a cabo por un equipo multidisciplinario.

Asimismo (Rossiter 1998), fundamenta que la evaluación de tierra existe para proporcionar las respuestas a las instancias de toma de decisiones, quienes en algún sentido planifican el uso de tierras.

Existen varios métodos de clasificación de tierras por su capacidad de uso, siendo estos los más conocidos internacionalmente los siguientes:

- ✓ Clasificación por capacidad de uso del suelo, USDA, (8 categorías)
- ✓ Capacidad de uso mayor de la tierra, IICA basado en HOLDRIDGE, (9 categorías)
- ✓ Evaluación de tierras, FAO, (8 Categorías)
- ✓ Evaluación de tierras para riego, USBR (6 categorías)

Cada uno de estos sistemas de clasificación poseen ventajas y desventajas de cualidades y limitaciones, generalmente se tienen discrepancias metodológicas y de resultado. FAO (1988), indica que el método creada por T.C.Sheng, (1981), que es aceptada por la FAO y aplicable a países de Latinoamérica en zonas de alta montaña, clasificándolas las tierras por su capacidad de uso mayor tomando ciertos parámetros de evaluación.

Vera (1990), menciona que los criterios técnicos para una clasificación de tierras, existe una diversidad de conceptos tales como capacidad de uso, uso potencial, vocación de uso, aptitud de uso, uso mayor, que dan lugar a una variedad de interpretación, que resulta en confusión y que son necesarios definir:

- ✓ **Capacidad de uso Mayor:** Se entiende por capacidad de uso mayor de la tierra a la capacidad potencial natural de una determinada clase de tierra para prestar sosteniblemente a largo plazo determinados bienes o servicios, incluyendo los de protección y ecológicos. (CUMAT, 1985).
- ✓ **Aptitud de uso de la tierra:** La aptitud de uso de la tierra se refiere a la capacidad de ésta para su aprovechamiento bajo una categoría o tipo de utilización, desde el punto de la producción agropecuaria y /o forestal, en condiciones naturales. (INAB, 1998).

- ✓ **Capacidad versus Aptitud:** La capacidad se refiere a las clases generales de utilización de la tierra (semejante a clases mayores de utilización de la tierra del esquema FAO) en vez de sistemas específicos de utilización de tierras (tipos de utilización de la FAO), para los cuales hablamos acerca de aptitud de áreas de tierra. Por lo tanto no podemos esperar realizar reportes detallados acerca de utilización y manejo de tierras en una clasificación de la capacidad (Rossiter, 1998).
- ✓ **Tierra versus Suelo:** Se define tierra como un área de la superficie terrestre cuyas características incluyen todos los atributos de la biosfera razonablemente estables o reduciblemente cíclicos, ya sea encima o debajo de dicha área; incluyendo aquellos de la atmósfera, el suelo, la geología subyacente, la hidrología, las poblaciones de plantas y animales y los resultados de la actividad humana pasada y presente; en la medida que estos atributos ejerzan una influencia significativa en su uso (FAO,1985).
- ✓ **Sobre uso de la tierra:** Uso de una unidad de tierra a una intensidad mayor a la que soporta en términos físicos (Rossiter, 1998).
- ✓ **Subuso de la tierra:** Uso de una unidad de tierra a una intensidad menor que la que es capaz de soportar en términos físicos (Rossiter, 1998).
- ✓ **Uso correcto de la tierra:** Uso que indica que no hay discrepancia entre la capacidad de uso de la tierra y el uso que actualmente se le está dando (Rossiter, 1998).

#### **4.4 El SIG en la evaluación de la capacidad de uso mayor de la tierra.**

Valenzuela (1989), define a los SIG como un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptores). De acuerdo con especificaciones y requerimientos concretos, también se lo considera como una combinación de software y hardware capaz de manipular entidades que contengan propiedades de localización y atributos.

Pérez (1991), entre las ventajas de esta herramienta SIG están su adaptabilidad a una gran variedad de modelamiento con una mínima inversión de tiempo y dinero; los datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma relacional; gran diversidad de modelos conceptuales en la forma relacional, gran diversidad de modelos conceptuales pueden ser probados rápidamente y repetidos varias veces facilitando su ajuste y evaluación.

#### **4.5 Ordenamiento territorial**

Instrumento de planificación del uso de la tierra según su vocación, que crea nuevas ventajas comparativas y competitivas dentro del contexto de sostenibilidad ambiental y que mediante la evaluación del potencial de la tierra y del agua, busca alternativas para su aprovechamiento y considera las condiciones económicas y sociales para orientar la selección y adopción de las mejores opciones. Este proceso pretende involucrar autoridades Municipales, Organizaciones Civiles y población en general en la planificación del uso del suelo y manejo de los recursos naturales (PAFG, 1998, citado por Tomas L, 2008).

Los ejes de la política del ordenamiento territorial son básicamente la regionalización del territorio, la productividad y competitividad, el desarrollo social con equidad territorial, la sostenibilidad ecológica del desarrollo y la gobernabilidad, mientras que los principios lo constituyen la autonomía, la descentralización, el pluralismo, el equilibrio, la diversidad y la interculturalidad (SEGEPLAN 2006).

También es importante mencionar los objetivos del ordenamiento territorial los cuales se pueden sintetizar de la siguiente manera:

- ✓ Mantener y mejorar la oferta de los recursos naturales para garantizar la sostenibilidad de la producción.
- ✓ Mejorar integralmente el territorio en función de las potencialidades y la dotación adecuada de infraestructura.
- ✓ Introducir los desequilibrios regionales a través de un desarrollo integral.

- ✓ Mantener el país en la dinámica de mercados nacionales a través de una estrategia de competitividad (SEGEPLAN 2006).

De acuerdo con lo anterior el ordenamiento territorial indica la base de recursos naturales que deben permanecer y las áreas que se deben proteger; aporta soluciones en donde existen conflictos en el uso del suelo; señala las áreas expuestas a amenazas naturales, para su respectivo manejo y orienta la planificación de los usos del suelo en los municipios e indica las áreas que requieren de proyectos de adecuación y recuperación de tierras (PAFG, 1998, citado por Tomas L, 2008).

#### **4.6 Deslizamientos**

Según (Cruden, 1991; en Cruden y Varnes, 1996), un deslizamiento es un movimiento de una masa de roca, escombros o suelo a lo largo de una ladera. Este concepto tan amplio no hace énfasis en el tipo de movimiento, no especifica el tipo y características del material involucrado y tampoco proporciona información sobre la distribución espacial o temporal del evento. Es ampliamente utilizado cuando solamente se quiere dar la referencia general de la ocurrencia de un movimiento de ladera.

##### **4.6.1 Susceptibilidad a deslizamientos**

Predisposición del terreno a sufrir un deslizamiento en función de sus condiciones geológicas, topográficas y de humedad propia (Mora y Vahrson, 1994).

##### **4.6.2 Clasificación de los deslizamientos por el tipo de movimiento (Cruden y Varnes, 1996).**

La cinemática de los deslizamientos, es decir, el movimiento que gobierna el desplazamiento de la masa de material, es uno de los principales criterios para su clasificación. Esta visión es congruente con el hecho de que el tipo de movimiento es uno de los principales criterios que deben ser utilizados para el diseño e implementación de las medidas correctivas o de mitigación. Por ejemplo, la caída

de rocas desde la parte alta de una ladera puede ser mitigada con la colocación de barreras de contención a lo largo de la ladera mientras que el volcamiento de esas mismas rocas necesitará medidas de mitigación diferentes como el anclaje.

Los cinco tipos de movimientos que se pueden presentar en un deslizamiento son: caída (fall), volcamiento (topple), deslizamiento (slide), deslizamiento extensivo (spread) y flujo (flow). Estos tipos de movimiento no necesariamente ocurren en forma independiente ya que en muchos eventos pueden encontrarse dos o más diferentes tipos ocurriendo sucesiva o simultáneamente.

#### **a. Caída.**

Un evento de caída de material se inicia con el desprendimiento de suelo o roca desde la parte alta de una ladera empinada y su posterior desplazamiento (cayendo, rodando, rebotando o mixto) a lo largo de la ladera. El identificador principal para este movimiento es que el frotamiento o fricción entre la masa desplazada y la superficie de la ladera es mínimo o nulo. El principal factor que condiciona el tipo de desplazamiento es la pendiente. Se acepta que en pendientes mayores de 76 grados el desplazamiento principal será la caída libre y el rebote mientras que en pendientes menos pronunciadas (45 grados o menos) y de mayor longitud prevalecerá el rodamiento. En ambos casos, la masa desplazada estará expuesta a disgregarse y ese podría ser un factor que modifique el tipo de desplazamiento. La velocidad de ocurrencia de este tipo de movimiento es normalmente entre rápido a extremadamente rápido. En la Figura 1 se muestra un esquema ilustrativo para este tipo de deslizamiento.

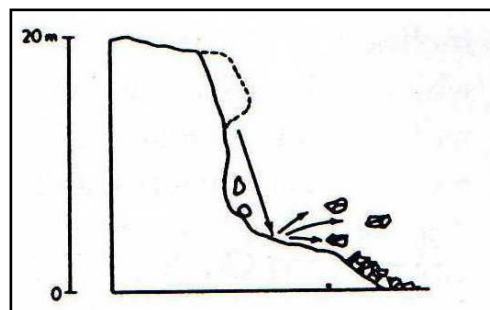


Figura 1. Esquema ilustrativo de caída de rocas.  
Fuente: Cruden y Varnes 1996



### **b. Volcamiento.**

Este tipo de movimiento se define como la rotación hacia el frente y hacia fuera con base en un punto o eje de rotación ubicado bajo el centro de gravedad de la masa desplazada (caída de dominó). En muchas ocasiones, este tipo de movimiento es el detonante para movimientos posteriores de caída o de deslizamiento del material. La velocidad de ocurrencia de este tipo de movimiento varía de extremadamente lento a extremadamente rápido algunas veces acelerándose como producto del propio movimiento. En la Figura 2 se muestra un esquema ilustrativo para este tipo de deslizamiento.

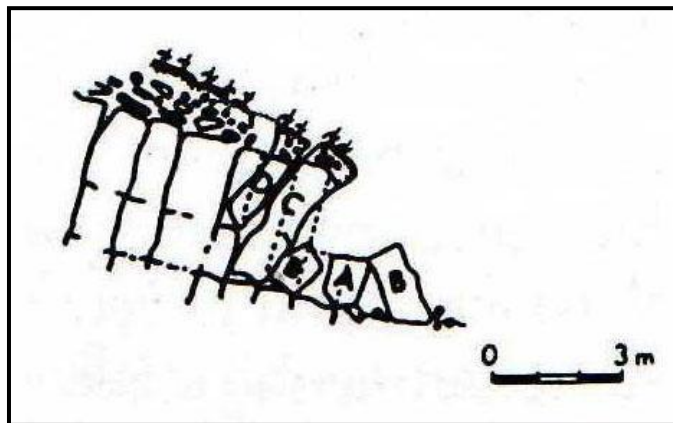


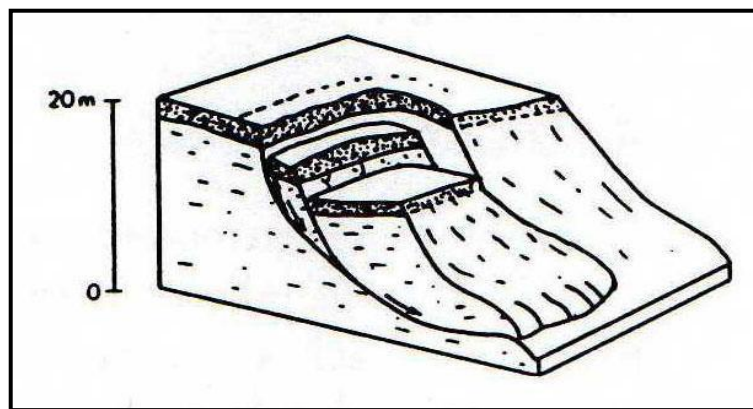
Figura 2. Esquema ilustrativo de volcamiento de rocas

Fuente: Cruden y Varnes 1996

### **c. Deslizamiento.**

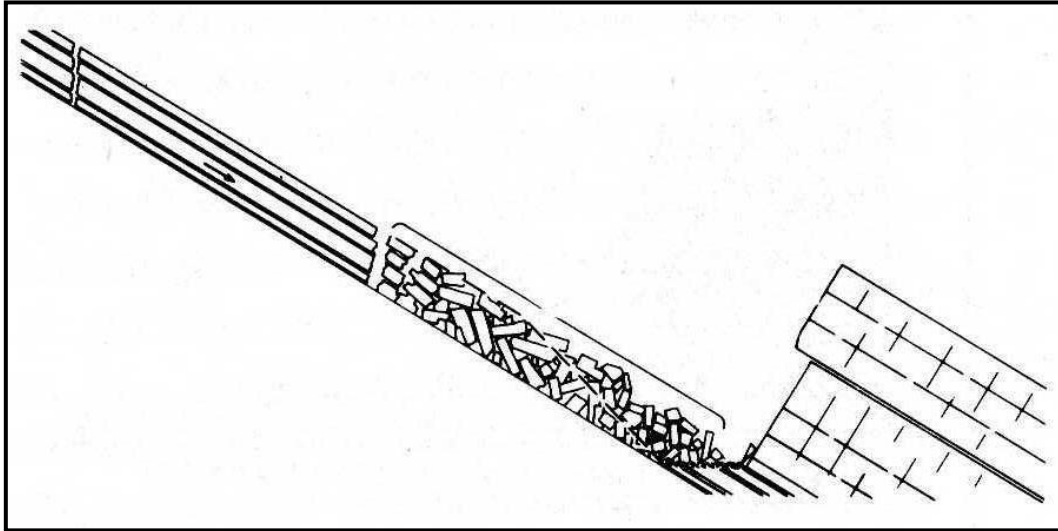
Este tipo de movimiento ocurre cuando una masa de roca o suelo se desliza predominantemente a lo largo de una o varias superficies de ruptura o de una delgada zona de intensa deformación de material. Este movimiento no ocurre inicialmente en forma simultánea sobre lo que eventualmente será dicha superficie de ruptura, sino más bien se inicia en forma local y luego se extiende en una o varias direcciones. Normalmente, los primeros signos para este tipo de movimiento son las fracturas o grietas en superficie en donde luego se podrá formar el escarpe del deslizamiento. Este tipo particular de movimiento está subdividido en dos categorías en función de las características de la superficie de ruptura.

Los deslizamientos rotacionales son aquellos en donde la superficie de ruptura tiene una forma curva y cóncava. Este tipo de movimientos ocurren más frecuentemente en materiales homogéneos. Normalmente, en la zona alta del deslizamiento observamos “gradas” debido al desplazamiento casi vertical de la masa deslizada. Es muy común encontrar acumulaciones de agua en esta parte alta del deslizamiento lo cual mantiene el material con tal contenido de humedad que el movimiento puede perpetuarse en el tiempo. La Figura 3 es un esquema ilustrativo para este tipo de deslizamiento.



**Figura 3. Esquema ilustrativo de deslizamiento rotacional**  
Fuente: Cruden y Varnes 1996

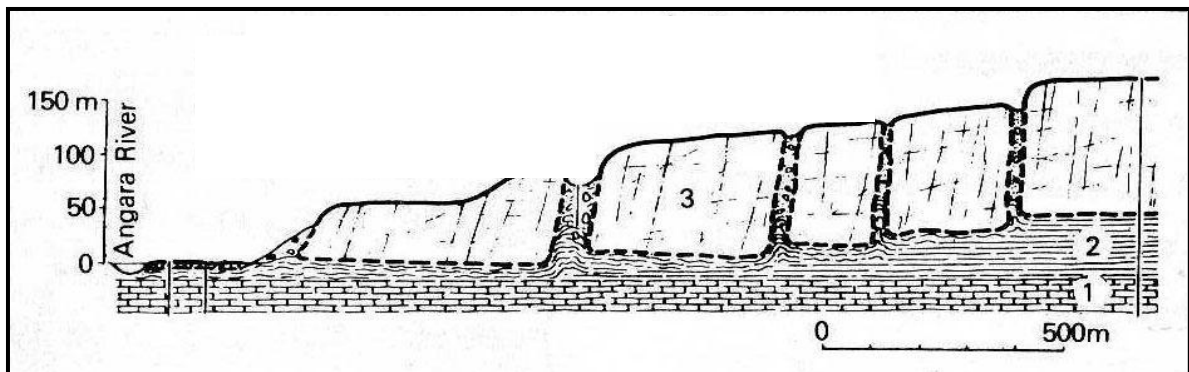
Los deslizamientos traslacionales son aquellos en donde el material se desliza a lo largo de una superficie de ruptura plana u ondulada. Estas superficies de ruptura (o traslado) normalmente coinciden con discontinuidades geológicas como fallas, fracturas o planos de estratificación aunque también es normal que se formen a lo largo del contacto entre el basamento rocoso y la capa superficial de suelo o material residual en cuyo caso tendrán una forma irregular. Tan pronto como el deslizamiento traslacional progresa la masa desplazada puede quebrarse, particularmente si su velocidad o contenido de agua se incrementa, y entonces puede convertirse en un flujo de material.



**Figura 4. Esquema ilustrativo de deslizamiento traslacional**

Fuente: Cruden y Varnes 1996

Los deslizamientos extensivos ocurren en forma de desplazamiento lateral de una masa de material en combinación con el hundimiento sobre una delgada capa de roca suave, húmeda y/o deformable (arena, limo, arcilla, o mixta = “capa mantequilla”). En este tipo de movimiento la superficie de ruptura tampoco sufre un movimiento friccional de intensa deformación. El material superior puede entonces hundirse, moverse por traslación y/o rotación, desintegrarse, o “licuarse” y entonces empezar a fluir. A pesar que este tipo de movimiento es complejo son lo suficientemente comunes en ciertos materiales geológicos que es factible clasificarlos como un tipo de movimiento diferente al traslacional.

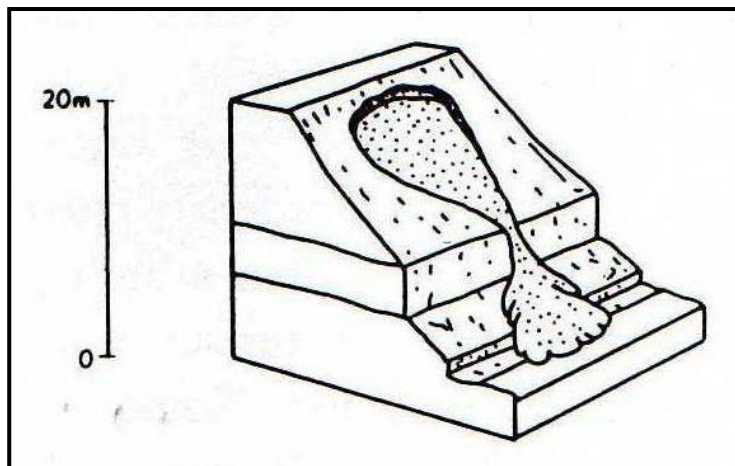


**Figura 5. Esquema ilustrativo de deslizamiento extensivo (roca - 3) sobre material suave (arcilloso - 2).**

Fuente: Cruden y Varnes 1996

#### **d. Flujo.**

Un flujo es un movimiento espacialmente continuo en el cual las superficies de fricción son de corta duración, poco espaciadas y usualmente no preservadas. En muchas ocasiones pueden observarse evoluciones de otros movimientos que se convierten en flujos en función de su contenido de agua y su movilidad y la pendiente del terreno. Normalmente, los flujos de detritos (fragmentos mayores de 2 centímetros) pueden tener velocidades extremadamente altas conforme el material desplazado pierde cohesión, incrementa su contenido de agua o encuentra pendientes más fuertes.



**Figura 6. Esquema ilustrativo de deslizamiento tipo flujo**  
Fuente: Cruden y Varnes 1996.

Los flujos de lodo son los responsables de la mayoría de los eventos más catastróficos en la historia reciente de Guatemala. Según cuenta la historia, fue un flujo de lodo el responsable de la tragedia de doña Beatriz de la Cueva en épocas coloniales en la Antigua Guatemala. Fue un flujo de lodo el responsable de la muerte de más de 600 personas en el cantón Panabaj, Santiago Atitlán durante la tormenta tropical Stan. Y fue un flujo de lodo el responsable de la tragedia del invierno 2007 en la colonia El Edén, zona 5 de Guatemala.

## **5. Marco Referencial**

### **5.1 Estudios relacionados**

La elaboración y presentación del Plan de Desarrollo Municipal (PDM) con enfoque territorial de San Marcos La Laguna, es una importante contribución a la planificación del desarrollo económico, social y ambiental del municipio.

Desde el año 2005 La Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) ha iniciado un proceso para la creación del Sistema Nacional de Planificación Estratégica Territorial (SINPET). De esta manera, SEGEPLAN en coordinación con los Consejos Departamentales de desarrollo (CODEDE), los Consejos Municipales de Desarrollo (COMUDE) y los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE) del país, así como con otras instancias de del gobierno y organizaciones no gubernamentales han impulsado la realización del Plan Estratégico Territorial (PET) de cada departamento y municipio.

Por otro lado la creación del SINPET y PET toman su sostén y justificación legal en lo establecido en la Constitución Política de la República (Artículo 134), la ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural. La Ley Marco de los Acuerdos de Paz, el Código Municipal, la Ley General de Descentralización y la Ley Preliminar de Regionalización. Los Aspectos más importantes citados en dichas leyes se refieren al apoyo y funcionamiento de los Consejos de Desarrollo, la interrelación entre centros urbanos y potencial desarrollo de las regiones , la formulación de las políticas de desarrollo rural, el ordenamiento territorial y el traslado de competencias y recursos al territorio y municipio (SEGEPLAN 2006).

Para el Departamento de Sololá cuenta con un PET Departamental, un plan Estratégico Territorial de la Cuenca del lago de Atitlán y más recientemente un Plan de Desarrollo Municipal con enfoque territorial para cada municipio.

Considerando lo anterior, el presente trabajo pretende realizar una propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola, para reducir los deslizamientos en el municipio de San Marcos La Laguna, Sololá, utilizando la metodología de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica -USDA- utilizando como punto de partida el PET del Departamento de Sololá, el cual propone la formulación de un plan y programa de manejo de los recursos con enfoque de gestión de riesgo. Si bien esta variable fue tratada en el PDM de San Marcos La Laguna, éstas se redujeron a diseños de circuitos ecoturísticos, gestión ambiental y saneamiento, sin atender el tema estructural y de fondo que es la gestión del suelo.

En otras palabras podría indicarse que no se formularon políticas del suelo que contribuyan a la elaboración del POT del municipio para tratar los problemas estructurales de la gestión de riesgo, además de propiciar la autogestión, la autonomía y la sostenibilidad para evitar la degradación ambiental y de suelos por efectos de la tala desmedida, agricultura intensiva e incendios forestales, las cuales aumentan las probabilidades de ocurrencia de desastres naturales, sino también la inseguridad alimentaria, la escasez de agua y el detrimento socioeconómico y humano en la población.

En el año 2005 la Doctora Rosa Sánchez con financiamiento del PNUD y SEGEPLAN, elaboró un Diagnóstico Comunitario desde la Perspectiva del Riesgo del Municipio de San Marcos La Laguna, el cual contiene información gráfica sobre la vulnerabilidad hidrogeológica, susceptibilidad a erosión, amenazas por deslizamientos en la cabecera municipal, amenazas por heladas y sequías incendios.

Para el caso de susceptibilidad a deslizamientos la ONG “Vivamos Mejor” a elaborado mapas con el financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, los cuales evidencian la alta susceptibilidad del municipio a sufrir deslizamientos.

## **5.2 Descripción geográfica.**

El municipio de San Marcos La Laguna está ubicado en la cuenca del lago de Atitlán, en el departamento de Sololá a 172 kilómetros de la ciudad capital y 50 kilómetros de la cabecera departamental (SEGEPLAN, 2009) Su elevación aproximada es de 1500 m.s.n.m. y se sitúa a una latitud de 14° 10' y una longitud de 91° 16' (J.B. Richards 1987). Colindan al Norte con Santa Lucía Utatlán, al Oeste con el municipio San Pablo La Laguna, al Este con Santa Cruz La Laguna y al Sur con el Lago de Atitlán.

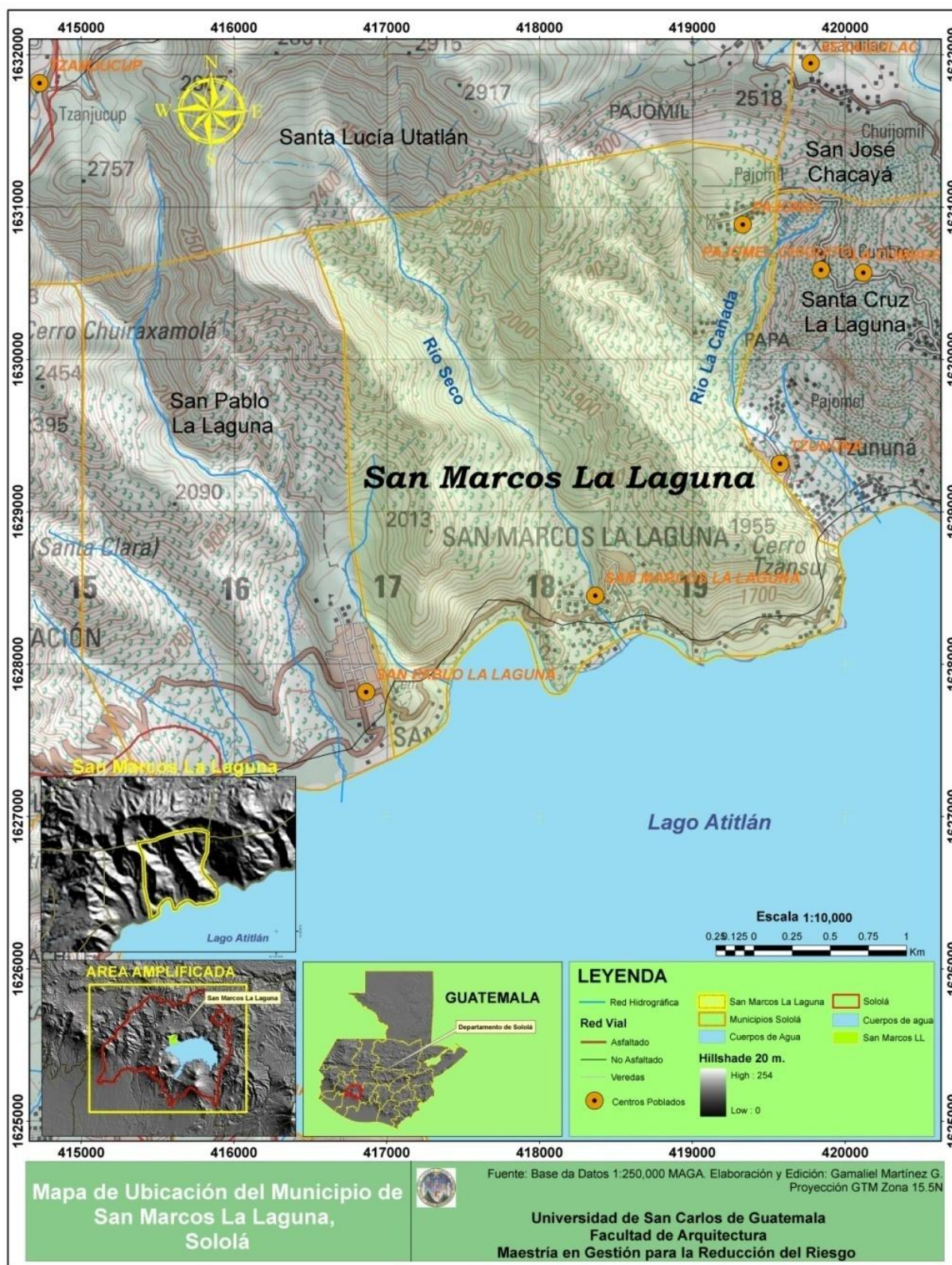
## **5.3 Descripción del suelo (Geológica Taxonómica)**

San Marcos La Laguna es uno de los municipios más pequeños y con mayor escasez de tierras en Guatemala y cuenta con una extensión territorial de 12 doce kilómetros cuadrados, los cuales conforman un valle-arrollo con más de 1,000 metros de zona vertical (M. Richards 1987).

Según el Plan de Desarrollo Municipal los suelos dominantes son de tres tipos: Los suelos Totonicapán (Tp) que conforman 3.81 Km<sup>2</sup> de municipio, Camanchá (Cm) 3.44 Km<sup>2</sup> y Tolimán (Tn) 1.94 Km<sup>2</sup>. (SEGEPLAN, 2009).







**Figura 7. Mapa de ubicación de San Marcos La Laguna**





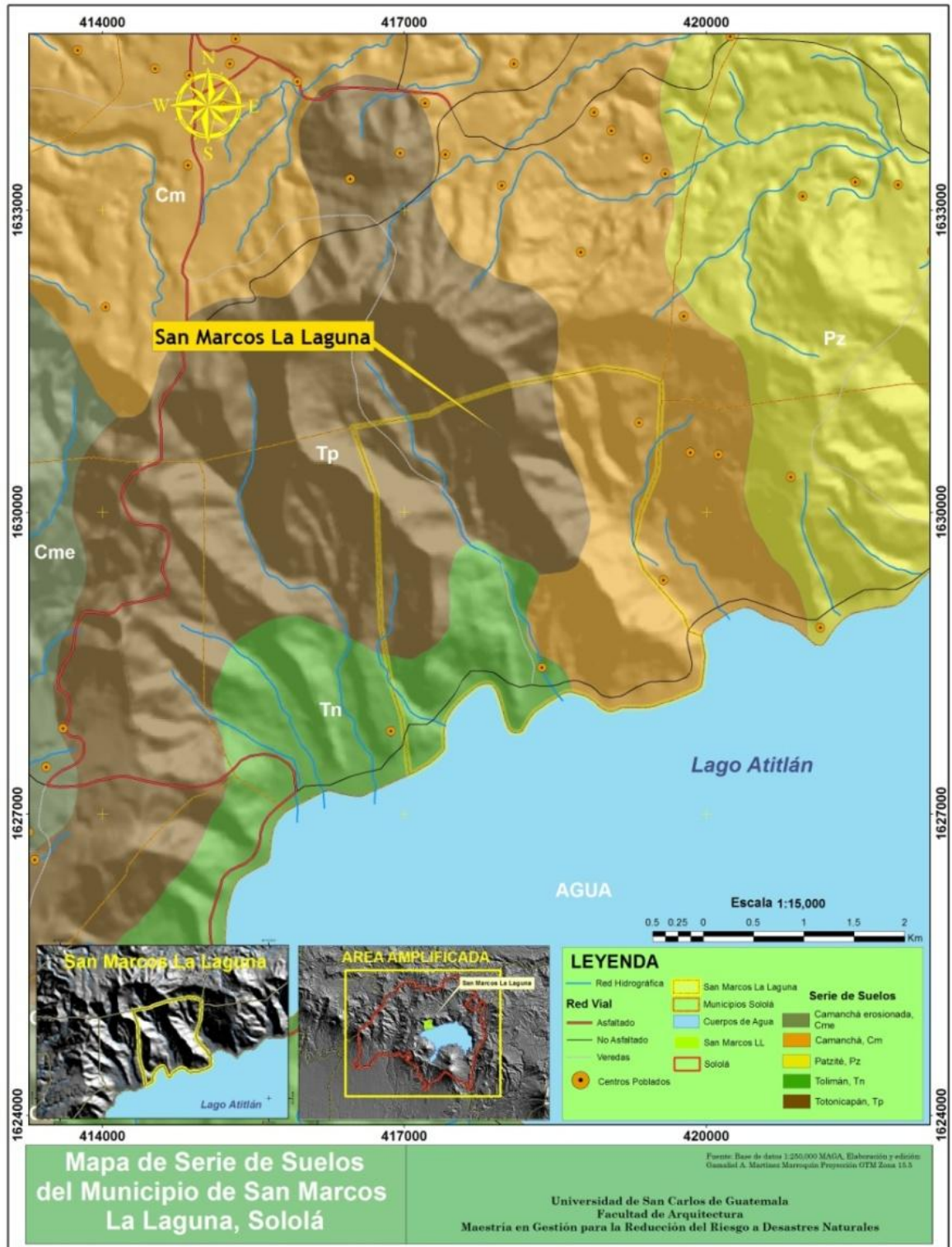


Figura 8. Mapa de serie de suelos del municipio de San Marcos La Laguna.



La geología del municipio de San Marcos La Laguna es de origen volcánico. Se cree que hubo tres ciclos de crecimiento volcánico hace 14 millones de años, en donde se formaron estratovolcanes, hubo erupciones cataclísmicas que provocaron la desaparición de algunos volcanes, y nuevas formaciones hasta dejar la situación actual con el lago de Atitlán y los volcanes relativamente jóvenes de San Pedro (60,000 años), Tolimán y Atitlán (entre 30,000 y 40,000 años).

Hace cerca de un millón de años, se formaron los estratovolcanes, tales como, Paquisís, Tecolote y San Marcos. Luego hubo una serie de erupciones voluminosas con flujo de cenizas silíceas formando depósitos de los cuales el más conocido es el de los Chocoyos con una edad alrededor de 85 mil años. Este último libero 270 Km<sup>3</sup> de sedimentos, produjo la caldera del presente lago de Atitlán. Al mismo tiempo desaparecieron los conos de San Marcos, dejando los remanentes que vemos hoy en día. En el año 2011 Geólogos del Mundo con la ONG Vivamos Mejor publicaron el mapa geológico del departamento de Sololá a escala 1:2500.00, el cual indica que para el municipio de San Marcos La Laguna presenta la siguiente litología:

**Cuadro 1. Descripción geológica del suelo de San Marcos La Laguna.**

Descripción	Litología	Simbología
Depósitos asociados a abanicos aluviales, formados por arenas, limos y arcillas con cantos, gravas y bloques poligénicos (de tamaños hasta decimétricos).	Arenas, limos, arcillas, cantos, gravas y bloques (Abanicos aluviales).	Qal1
Toba semiconsolidada conglomerática, con bloques, cantos y gravas de andesitas, dentro de una matriz de color gris claro y textura gruesa con vidrio y feldespato.	Toba conglomerática (Toba San Pablo)	Tspt
Conglomerados, areniscas y limos. Los clastos y bloques (en su mayoría angulosos) son en su principalmente de la toba de María Tecún. La fracción gruesa aparece en la base y la fina hacia techo.	Conglomerados, areniscas y limos (Sedimentos de relleno de caldera I)	Tcf1
Depósitos asociados llanuras de inundación y depósitos de canal recientes, formados por gravas, cantos y arenas (cuarzofeldespáticas), limos y arcillas (pomáceos) y bloques poligénicos.	Gravas, cantos, arenas, limos, arcillas y bloques (Depósitos de canal recientes).	Qal4
Depósitos coluviales asociados al piedemonte de las laderas, compuestos por bloques poligénicos, cantos, gravas, arenas, limos y arcillas pomáceas.	Bloques, cantos, gravas, arenas, limos y arcillas pomáceas resedimentadas (Coluvión).	Qcol2
Depósitos pomáceos de al menos cinco erupciones silíceas posteriores a Los Chocoyos. Se trata de ceniza volcánica de blanca a café, de grano fino (con apariencia de rotura por desecación).	Pómez (Depósitos piroclásticos Post Los Chocoyos)	Qpa4
Flujos de lavas, lodos y piroclastos de composición mayoritariamente andesítica. También aparecen litologías básicas e intermedias (pe.andesita horblándica-piroxénica, andesitas basálticas).	Flujos de lavas, lodos y piroclastos andesíticos asociados a complejos estratovolcánicos terciarios-cuaternarios.	QTa
Areniscas, lutitas y pizarras estratificadas. Pueden aparecer intercalaciones de conglomerados con matriz pomácea.	Areniscas con intercalaciones de lutitas y pizarras estratificadas (Sedimentos de relleno de caldera II)	Tcf2
Depósitos asociados a conos de deyección, formados por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas con bloques poligénicos (de tamaños hasta decimétricos).	Cantos, gravas, arenas, arcillas y bloques (Cono de deyección).	Qal2

Fuente: Vivamos Mejor 2011.



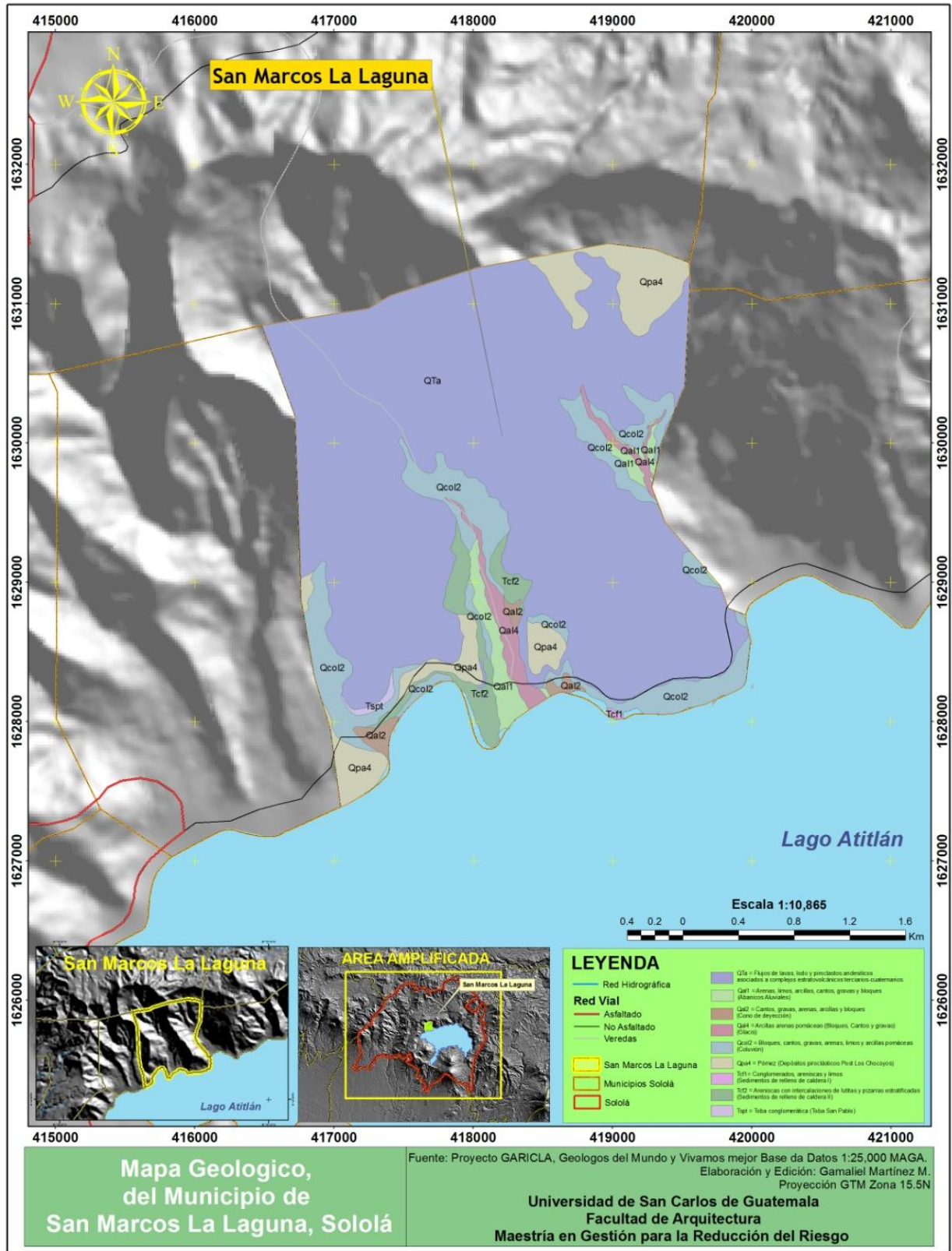


Figura 9. Mapa geológico del municipio de San Marcos La Laguna





De acuerdo al proyecto de taxonomía de suelos de la República de Guatemala, que actualmente realiza el MAGA, para el municipio de San Marcos La Laguna, reportan las siguientes familias de suelos:

- **Typic Haplustands, familia medial, isomésica (1.1):** Suelos del orden Andisoles, de clima frío húmedo localizados en un rango altitudinal de 2178 a 2898 msnm, con un rango de temperatura de 12<sup>0</sup> a 15.2<sup>0</sup> centígrados, presentan un régimen de humedad Ustico y de temperatura isomésico, el material parental son piroclásticos no consolidados (tefras, ceniza y pómez)
- **Typic Haplustands, familia medial, isotérmica (1.2):** Suelos del orden Andisoles, de clima semifrío húmedo localizados en un rango altitudinal de 1882 a 2363 msnm, con un rango de temperatura de 12<sup>0</sup> a 14.7<sup>0</sup> centígrados, presentan un régimen de humedad Ustico y de temperatura isotérmico, el material parental son piroclásticos no consolidados (tefras, ceniza y pómez)
- **Typic Haplustands, familia fina, isotérmica (1.3):** Suelos del orden Inceptisoles, de clima templado subhúmedo localizados en un rango altitudinal de 1727 a 1953 msnm, con un rango de temperatura de 16.4<sup>0</sup> a 17.7<sup>0</sup> centígrados, presentan un régimen de humedad Ustico y de temperatura isotérmico, el material parental son depósitos superficiales clásticos gravigénicos.
- **Typic Ustifluvents, familia esquelética-arenosa, isotérmica (1.4):** Suelos del orden Entisoles, de clima templado Subhúmedo localizados en un rango altitudinal de 1554 a 1721 msnm, con un rango de temperatura de 16.8<sup>0</sup> a 18.6<sup>0</sup> centígrados, presentan un régimen de humedad Ustico y de temperatura isotérmico, el material parental son depósitos superficiales aluvio-coluviales.
- **Vitrandic Ustorthents, familia ceniza sobre esquelética-medial (1.5):** Suelos del orden Entisoles, de clima templado Subhúmedo localizados en un rango altitudinal de 1554 a 2126 msnm, con un rango de temperatura de 14.4<sup>0</sup> a 18.5<sup>0</sup> centígrados, presentan un régimen de humedad Ustico y de

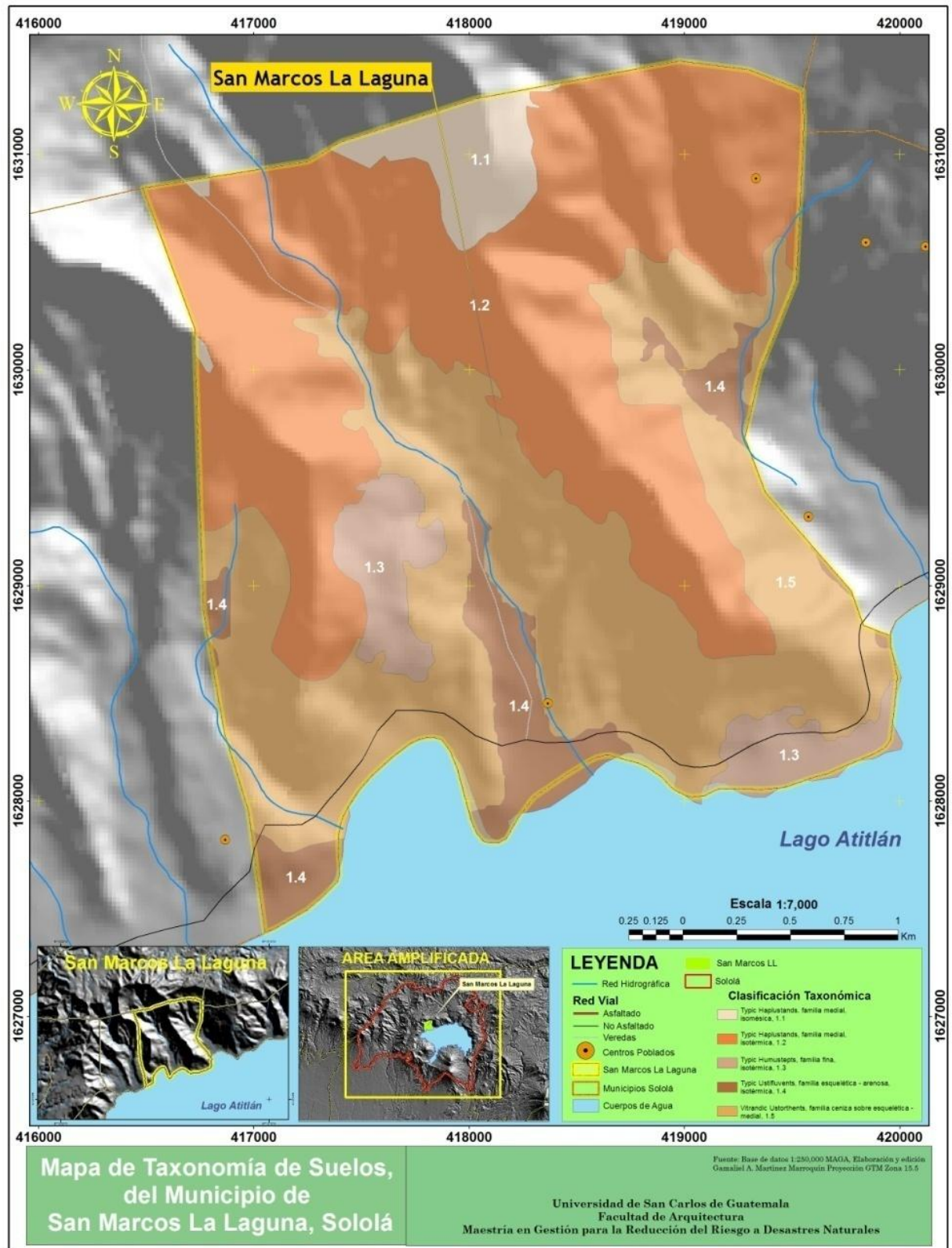
temperatura isotérmico, el material parental son piroclásticos no consolidados (tefras, cenizas y pómez) sobre rocas ferromagnesianas basaltos y/o andesitas.

#### **5.4 Descripción ambiental**

Las características fisiográficas del área han creado variedad de microclimas que permiten el crecimiento y desarrollo de varias especies de flora y fauna. En el municipio se diferencian dos zonas de vida principales, siendo estas: 1-. La zona de vida de Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical y 2 -. La zona de vida Bosque muy Húmedo Montano Bajo Subtropical.

La precipitación anual varía de más de 4500 mm en Santa Bárbara, Suchitepéquez y Cerro Cabeza de Burro hasta menos de 1000mm al sotavento de los Volcanes Tolimán y Atitlán y 1400mm en María Tecún. La temperatura promedio anual varía desde los 10<sup>0</sup>C en el extremo Noroeste de Sololá hasta 25<sup>0</sup>C en el lado Sur del volcán Atitlán. En los conos volcánicos esta temperatura puede alcanzar niveles de 0<sup>0</sup>C.

El mayor aporte de humedad proviene del océano Pacífico y de la transpiración de la vegetación en la Costa Sur del país. La gran barrera que representan los volcanes Atitlán, Tolimán y San Pedro, provoca que al centro del área especialmente dentro de la cuenca del Lago de Atitlán, la humedad sea relativamente baja, mientras que al Sur de la cadena volcánica la humedad es muy alta.



**Figura 10. Mapa de taxonomía de suelos del municipio de San Marcos La Laguna.**





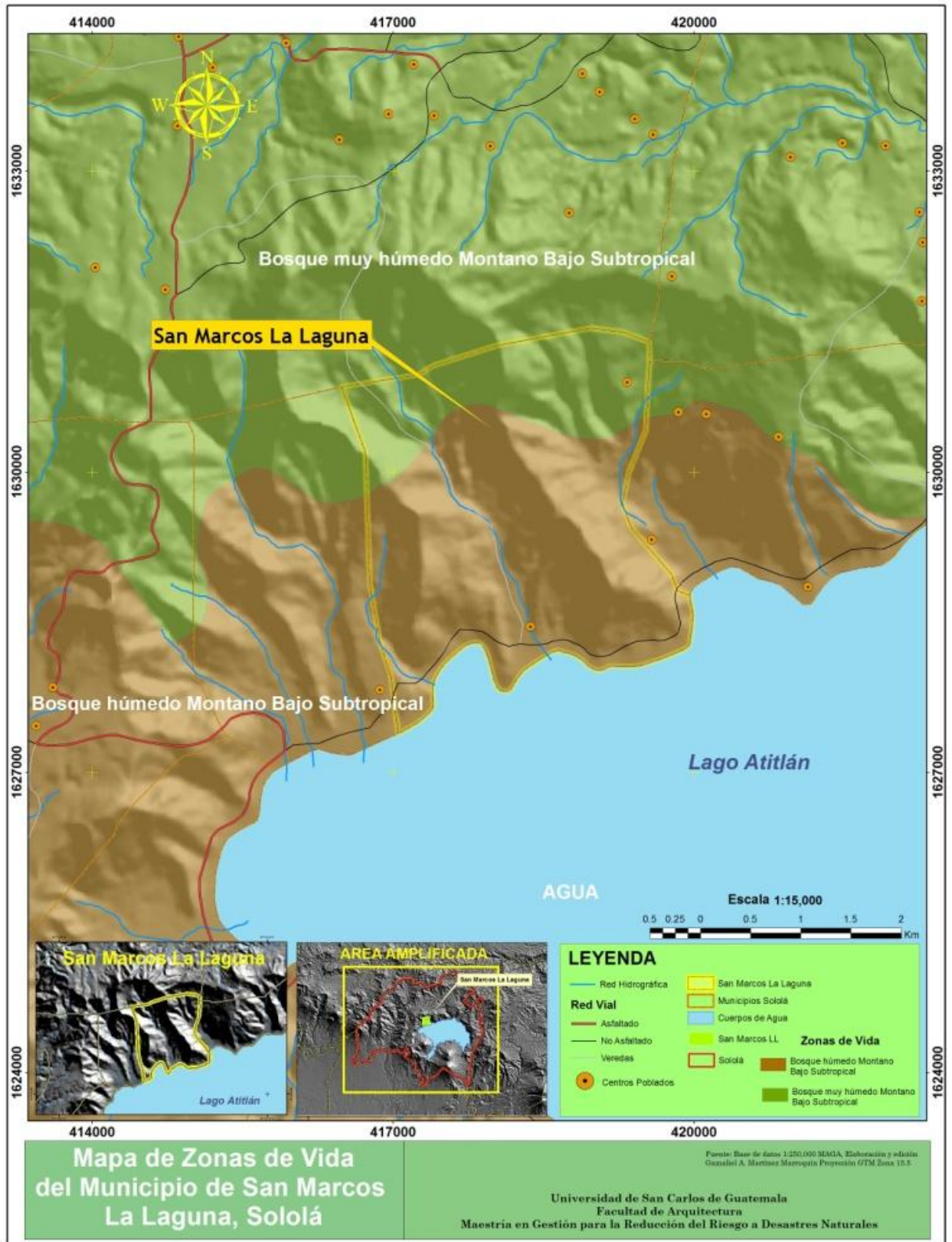


Figura 11. Mapa de zonas de vida del municipio de San Marcos La Laguna



## **5.5 Descripción de la fauna.**

No existe un estudio específico sobre la fauna del municipio de San Marcos La Laguna, pero en la RUMCLA se encuentra el 30% de las especies de lagartijas, 40% de culebras, 36% de anfibios que han sido registradas para Guatemala. Hay 6 especies de reptiles y 6 especies de anfibios endémicas de Guatemala. En el caso de las aves, en esta región se encuentra el 60% de aves que viven en el altiplano occidental, dentro de las cuales se encuentran varias que presentan una distribución muy restringida como el caso del pavo de cacho (*Oreophasis derbianus*) o el chipe cabeza rosada (*Ergaticus versicolor*) las cuales están restringidas a los conos volcánicos. Asimismo, en esta área se encuentra el ave símbolo de Guatemala, el Quetzal (*Pharomachrus mocinno*).

## **5.6 Aspectos socioeconómicos**

### **5.6.1 Descripción de la Población**

Según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), reportó en el año 2002, una población de 2,238 habitantes en San Marcos La Laguna. Para el año 2007 la Oficina Municipal de Planificación-OMP-, reportó una población de 2,585 habitantes 1,206 hombres, 1,379 mujeres del municipio de San Marcos. En relación a la composición étnica, se puede indicar que el 99.5% de los vecinos de San Marcos La Laguna son indígenas, pertenecientes a los tres grupos mayas con presencia en el departamento de Sololá. Los habitantes del municipio son del idioma Kaqchiquel. En un mínimo porcentaje habitan personas de diferentes nacionalidades que en los últimos diez años se han quedado a vivir en San Marcos por su belleza, área de mucha vegetación y el encanto del Lago de Atitlán.

La edad predominante de la población de San Marcos La Laguna oscila entre 18 a 59 años reportándose un dato de 1008 habitantes seguidos de los que oscilan entre 0 a 6 años.

### **5.6.2 Nivel de Escolaridad**

El 71.45% de la población en edad escolar sabe leer y escribir, que lo coloca como el porcentaje más alto con una diferencia de 46.04 % sobre la población que no sabe leer representada por un 25.04%

### **5.6.3 Población económicamente activa**

Con los datos obtenidos del censo del 2002, se estimo que la población económica activa -PEA- fue del 35.30% del total de la población, la participación femenina fue del 8.18 %, muy baja comparada con la del hombre que reporta una participación del 27.12%, la mayor cantidad de población activa por categoría ocupacional trabaja como empleado o empleada privada, otro gran porcentaje trabaja por cuenta propia, y el resto en diferentes actividades, se reporta un 42.67 % de población inactiva, esto debido a que en la población son escasas las fuentes de trabajo.

### **5.6.4 Pobreza y pobreza extrema**

La pobreza general equivale a 82.27% y la pobreza extrema corresponde a 26.23%. La inclusión oficial de la niñez a partir de los 7 años en el grupo de la PEA, evidencia el deterioro social de la población de San Marcos La Laguna, debido a que ese grupo, por ingresar al mercado de trabajo, a temprana edad, tendrá limitada su capacidad de aspirar a ingresos que le permitan satisfacer sus necesidades y tener una mejor calidad de vida. De persistir esta situación, en el plazo de 30 años, el fenómeno se multiplicará 8 veces, el territorio del municipio y los recursos naturales serán insuficientes para satisfacer las necesidades de la población, lo que podría determinar el colapso del municipio.

### **5.6.5 Actividades productivas**

De los recursos y actividades que actualmente han sido explotados con el fin de obtener ingresos en el municipio de San Marcos, están las siguientes.



✓ **Producción agrícola:**

En San Marcos La Laguna, la población tiene fuertes vínculos con la producción agrícola, esto a pesar de la topografía del terreno que no es adecuada para tal fin. En general los pequeños productores realizan la producción agrícola tradicional, de manera que por la práctica no adecuada y la pendiente de los suelos, los rendimientos de los cultivos son bajos, pero aún son suficientes para el autoconsumo de las familias, principalmente el maíz, el frijol y pequeños huertos con naranja, plátano, jocote y Pithaya (fruto silvestre) la cual se recolecta para el autoconsumo y para vender a intermediarios locales.

✓ **Turismo:**

El turismo es otro de los elementos de potencial económico, llega atraído por la belleza del lago, al desembarcar en el muelle, inmediatamente inician con recorridos por varios senderos flanqueados de cafetales, encontrando a lo largo del recorrido pequeños restaurantes, tiendas convencionales, hoteles con tres o cuatro bungalow, centros de meditación y escuelas de español – inglés.

Los turistas llegan al municipio, buscando espacios naturales – culturales con fines de recreación, entre las alternativas de espacios naturales se encuentran: el Cerro Paracujil, desde cuyo punto más alto se aprecia toda la cabecera del municipio y una hermosa vista del Lago de Atitlán; las rocas ubicadas en las riberas del lago, el Cerro San Marcos, etc.

✓ **Producción artesanal:**

Entre los productos artesanales que se fabrican en el municipio, tanto para uso doméstico como para la venta en diferentes lugares destacan:

- Pelotas típicas (boliches), los pobladores de San Marcos con considerados grandes productores de este tipo de artesanías (tejida a mano), que se destina a la venta, tanto localmente como fuera del país por medio de intermediarios.

- Güipiles, morrales y manteles típicos, aunque no existe información del volumen de la producción y de los ingresos por venta de este tipo de mercancías, se asume que son bajos en función del potencial productivo y la relativa cercanía a mercados importantes para estos productos.

✓ **Forestal / maderero**

Uno de los potenciales económicos importantes es el generado por la venta de madera, de una muestra tomada en el 2002 se obtuvo que la venta representaba un 25%, de los ingresos para los habitantes de San Marcos La Laguna.

✓ **Pesquero**

La pesca es otra de las actividades a las que se dedican generalmente, por muy poco tiempo, durante la mañana y en un porcentaje muy reducido, aproximadamente el 1% de la población.

✓ **Otras actividades comerciales**

Una de las fuentes que forman parte importante en el potencial económico del área en estudio es el atractivo turístico que tiene, la de los hoteles, que existen dependiendo del tipo de servicio que se requiere, se pueden encontrar desde los más caros hasta los más económicos, funcionan un total de 11 hoteles, lo que ha representado hasta el momento una opción de economía local.

### **5.6.6 Agua Potable**

El 97.35 % de la población cuenta con este servicio que ofrece la Municipalidad de forma gratuita, el 2.65 % de la población aún no cuenta con este servicio, concentrándose el mayor porcentaje en el Barrio II.

San Marcos La Laguna también cuenta con tres lavaderos públicos, uno en cada barrio localizado en puntos estratégicos, de estos actualmente ninguno está prestando el servicio.

San Marcos posee cinco microlugares de los cuales se capta el agua para la población, denominados Pacuah, Chuabaj, Tzanjuyu, Chuabaj 2 y Barrio 1, que nacen en la parte media y en la parte alta del Cerro San Marcos, los cuales son conducidos a los tanques para luego distribuirlos al municipio.

Hasta septiembre de 1995 el total aforado de agua que se utilizaba para consumo humano era de 1.44 LPS equivalente a 124.42 M<sup>3</sup>/día. Diversos estudios consideran que en una cabecera municipal se consumen 100 litros/habitante por día. Puesto que 1995 la población del municipio era de 2120 habitantes se necesitaba una disponibilidad de agua de 2.45 LPS, Esto al compararlo con el caudal aforado de 1.44 LPS revela que el recurso agua era deficiente o escaso para responder a la demanda de ese entonces.

#### **5.6.7 Drenajes**

La cabecera municipal no dispone de sistemas de drenajes, por lo que no ha sido fácil este servicio para la evacuación de aguas servidas. Según el XI censo de población y VI de habitación realizada en el 2002, muestra un total de 429 viviendas que disponen de servicio de evacuación de aguas servidas de distintas maneras, predominando la población que cuenta con fosas sépticas, con un total de 163, la mayoría ubicadas en el Barrio III, el otro sistema de evacuación de aguas servidas es el pozo ciego, la mayoría de estos se encuentran ubicados en el Barrio I y II, también se presenta la población que no cuenta con este servicio y que es el predominante, de 429 viviendas registradas 289 disponen de servicio sanitario que representa un 67.36 %, y un 32.63% no posee ningún tipo de servicio de evacuación.

#### **5.6.8 Energía Eléctrica**

El 91 % de las viviendas de San Marcos La Laguna, poseen energía eléctrica, el 83.67% de este resultado pertenece a viviendas con energía eléctrica propia y un 7.33% de estas viviendas poseen este servicio por medio de algún vecino o familia.

Existe un déficit de servicio de un 9% respecto a las viviendas que no poseen energía eléctrica, presentándose mayor cantidad de viviendas sin este servicio ubicados en el Barrio I, seguido por el Barrio II y por último el Barrio III.

La empresa que se encarga de distribuir la energía eléctrica a este municipio es DEOCSA, siendo su servicio bastante irregular.

#### 5.6.9 Descripción de las viviendas

Los datos registrados en el XI censo de población y VI de habitación en el año 2002, el INE reporta 517 viviendas, las cuales se clasifican en tres niveles de calidad: bueno, regular y mala representadas en el municipio por el 12.38%, 64.73%, 14.12 % respectivamente y un 8.77 % que no pudieron ser identificados los materiales.

#### 5.6.10 Escuelas

En el área urbana existen tres establecimientos educativos, dos de ellos son de orden público y uno de orden privado, cubriendo los niveles educativos de la siguiente manera.

Cuadro 2. Establecimientos educativos San Marcos La Laguna.

Establecimiento	Nivel	No. Alumnos
Vivamos mejor	Preprimaria	31
Pedro Molina	Preprimaria y Primaria	1068
IMEBC	Básico.	52

Fuente. Instituto Nacional de Estadística -INE- 2002

#### 5.6.11 Centro de salud

Las instalaciones o alternativas para prestar el servicio en materia de salud son las siguientes:

- ✓ Puesto de Salud Tipo “B”.

Ubicado en el barrio I, cerca de la Municipalidad, es la encargada de brindar asistencia médica a los pobladores de este municipio, ofrece atención en medicina

preventiva, vacunación desparasitación y educación de higiene, una enfermera graduada, comadronas y un estudiante de medicina que realiza su práctica de Ejercicio Profesional Supervisado EPS, son los encargados de prestar el servicio permaneciendo de lunes a viernes en la comunidad.

El Puesto de Salud presenta un área de construcción de 90.25 m<sup>2</sup>., en un terreno de 326.76 m<sup>2</sup>., que no se encuentra circulado lo que ha contribuido al deterioro de sus instalaciones.

#### **5.6.12 Presencia institucional**

Existen instituciones gubernamentales y del sector privado de Servicios de Educación, Salud, Seguridad, Desarrollo Social, Medio Ambiente y de Turismo y Producción Agrícola y Pecuaria. Como también existen un considerable número de organizaciones locales, apoyando al municipio en Educación, Salud, Desarrollo Comunitario, Infraestructura, Religión, Cultura y Deportes.

Dentro de los grupos comunitarios destacan dos, el Consejo Comunitario de Desarrollo –COCODE- y el Consejo Municipal de desarrollo –COMUDE-. Los miembros de la primera organización son representantes del pueblo, electos democráticamente en Asamblea General por los mismos habitantes de los Tres Barrios que compone el municipio. El COMUDE, está integrado por el Concejo Municipal, el órgano de coordinación de COCODE, representantes de entidades públicas y por los representantes de entidades civiles existentes en San Marcos.

La función principal de esta organización es presentar propuestas y alternativas de soluciones de los problemas y necesidades del municipio de San Marcos La Laguna ante el Concejo Municipal para que este último las priorice en las dependencias correspondientes.

**Cuadro 3. Presencia institucional en San Marcos La Laguna.**

<b>Organización</b>	<b>Nombre</b>
Comunitaria	Comité Luna Kaqchiquel
Comunitaria	Comité Mujeres Maya Kaqchiquel
Comunitaria	Comité Jun Mocaj Achi'a
Comunitaria	Comité Jun Mocaj Ixoq'i
Comunitaria	Comités Jóvenes Mayas Kaqchiqueles
Comunitaria	Comité de Albergue Ojer Tijobal
Comunitaria	Comité de Biblioteca Comunal
Comunitaria	Comité de Emergencia
Comunitaria	Comité de Comadronas
Comunitaria	Comité Asociación de Reconstrucción
Comunitaria	Comité Mujeres Marquenses. Lago de Atitlán
Entidades civiles locales	Asociación Sembrando Esperanza
Entidades civiles locales	Asociación Vivamos Mejor
Entidades civiles locales	Asociación Cotz'ij ya'
Entidades civiles locales	Asociación Mujeres Estrella Tzutujil
Entidades civiles locales	Asociación de Estudiantes
Entidades civiles locales	Asociación Municipal de Fútbol
Entidades civiles locales	Asociación Municipal de Básquetbol
Entidades civiles locales	Iglesia Católica
Entidades civiles locales	Iglesia Asamblea de Dios
Entidades civiles locales	Instituto Mixto de Educación Básico por Cooperativa
Entidades civiles locales	Oficina Municipal de la Mujer
Entidades Públicas	Juzgado de Paz
Entidades Públicas	Puesto de Salud
Entidades Públicas	Policía Nacional Civil
Entidades Públicas	Tribunal Supremo Electoral
Entidades Públicas	CONAP. Guarda Recursos
Entidades Públicas	Centro de administración De Justicia. (CAJ)
Entidades Públicas	Programa de Seguridad Alimentaria PESA-MAGA
Entidades Públicas	Escuela Oficial Urbana Mixta Dr. Pedro Molina

Fuente: Plan director de agua y saneamiento de San Marcos La Laguna.

### **5.7 Análisis de Riesgo del municipio de San Marcos La Laguna.**

Según el Plan de respuesta para la atención de emergencias, contingencias y desastres en el municipio de San Marcos La Laguna, elaborado por la Asociación Vivamos Mejor, indica que los deslizamientos, inundaciones, desbordamiento de ríos y terremotos son los eventos que presentan alto riesgo para los pobladores del municipio tal como se indica en la siguiente tabla.

**Cuadro 4. Análisis de riesgo de San Marcos La Laguna.**

No.	Evento	Amenaza A	Vulnerabilidad B	Probabilidad C	Historial D	Riesgo Total (A+B+C+D)	Gradación del riesgo	
						TOTAL	PROM	
1	Deslizamientos	9.00	8.75	8.75	8.75	35.25	8.8125	<b>A</b>
2	Inundación y desbordamientos	6.50	7.00	5.50	6.50	22.25	6.8125	<b>A</b>
3	Terremoto	7.00	8.50	7.00	4.75	27.25	6.8125	<b>A</b>
4	Incendios forestales	6.00	5.25	6.75	6	27.25	5.6875	<b>M</b>
5	Fenómenos hidrometeorológicos	5.25	6.75	5.25	5.75	23.00	5.75	<b>M</b>
6	Heladas	4.25	5.00	4.50	5.25	19.00	4.75	<b>M</b>
7	Vientos	2.50	3.00	3.00	3.50	12.00	3.00	<b>M</b>
8	Sequía	2.75	4.00	2.50	1.75	11.50	2.875	<b>B</b>
9	Epidemias	1.25	2.00	1.50	1.25	6.00	1.50	<b>B</b>
10	Erup. volcánicas	1.75	1.75	0.50	0.25	4.25	1.062	<b>B</b>
11	Seiche (Tsunami)	0.50	1.00	0.75	0.75	3.00	0.75	<b>B</b>
12	Granizo	0.50	0.50	0.50	0.75	2.25	0.563	<b>B</b>
B = (1 - 3) Bajo      M = (4-6) Moderado    A = (7-9) Alto								

Fuente: Plan de respuesta para la atención de emergencias, contingencias y desastres en el municipio de San Marcos La Laguna 2005.





## **6. Descripción de la problemática asociada a los deslizamientos**

San Marcos La Laguna se encuentra en un área topográficamente quebrada, con pendientes de hasta 64%, sus suelos son de vocación forestal e inapropiados para producción de cultivos anuales.

La agricultura es una fuerte actividad económica dentro del municipio y las áreas de cultivo se encuentran en las partes altas del municipio con altas pendientes, además se emplean deficientes técnicas para la conservación del suelo. Existen fincas privadas y parcelas pequeñas de propietarios locales. La frontera agrícola se observa muy extendida en hacia el Norte del municipio, lugar en donde la totalidad del territorio es utilizado para el cultivo de maíz, frijol, café, frutales entre otros, quedando bosque únicamente en las partes más elevadas del municipio.

La extracción de leña es la fuente energética más utilizada para cocinar en toda la región, por lo que es, además de la agricultura, uno de los factores preponderantes de reducción del área forestal.

Derivado del efecto de la pérdida de la cobertura, por las causas mencionadas anteriormente, se produce erosión. La erosión del suelo a pesar de ser un proceso natural, por medio del cual la tierra es movilizada a otros lugares por medio del agua o el viento está afectando significativamente en el municipio de San Marcos La Laguna. Lo anterior provoca que algunos suelos queden inhabilitados para uso agrícola, aumentando el costo del laboreo del suelo. Además el suelo transportado se azolva en los cauces del río, limitando la ejecución de obras hidráulicas y provocando inundaciones en la parte baja del municipio, lugar donde se encuentra asentada la cabecera municipal.

A parte de la agricultura, otro sector afectado por la erosión, son los pescadores quienes enfrentan a la escasez de peces derivada, en parte, de la contaminación del agua por el uso indiscriminado de pesticidas para producción agrícola así como desechos sólidos y líquidos.

Aunque en forma aproximada, se ha estimado que en ciertas zonas del país se pierden anualmente unas 1,416.74 toneladas de tierra por kilómetro cuadrado. Las principales razones de lo anterior son: remoción de la cubierta forestal, prácticas inapropiadas en el uso de la tierra, empleo de tecnología inadecuada o mal uso de la tecnología en la agricultura, la susceptibilidad a la erosión propia de algunos suelos y a la combinación de estos factores. Debe recordarse que el 65% del territorio nacional se clasifica como de una susceptibilidad a la erosión de grande o alta, a muy grande o muy alta.

Si se hace un análisis histórico, se puede constatar que los deslizamientos que se han dado, han sido calificados de menor magnitud si se comparan con los de otros municipios del mismo departamento. Si bien son frecuentes en la época lluviosa, sólo han afectado algunas áreas de cultivo y han interrumpido algunos accesos. Si bien la población está consciente del peligro de los deslizamientos, su referente en términos de amenaza, es el deslizamiento ocurrido en 1949, el cual provocó daños materiales y de personas, e, incluso, se señala como la causa para haber tomado medidas de mitigación como lo fue la división en barrios, y la ubicación de las nuevas áreas de asentamiento en las partes un poco más altas y a las orillas del área afectada por ese deslizamiento.

No obstante esa decisión vinculada a la amenaza de deslizamiento, se empezó a formar un nuevo barrios conocido como el barrio III, el cual se ubica precisamente en el área que fue muy dañada por el deslizamiento de 1949. Aún cuando se cree que, si ocurre otro fuerte deslizamiento en el mismo lugar, parte del Barrio 3 desaparecerá, las personas siguen asentándose en el área.

La ubicación de una roca en la cima de la montaña denominada San Marcos, causa especulación y temor dentro de los pobladores que residen en el Barrio I, porque creen que al momento de ocurrir un terremoto o un temblor muy fuerte, esta tienda a deslizarse y ocasionar daños en del barrio.

En la siguiente tabla como indicador, se muestra el número de deslizamientos de tierras ocurridos durante el lapso de 1880-1991. Esto servirá como un indicador para determinar cuáles son las áreas que tienden a sufrir un mayor efecto de la erosión.

**Cuadro 5. Datos de deslizamientos de tierra mayores en el período de 1880-1991 para la región Sur Occidente**

<b>Departamento</b>	<b>No. Movimientos de ladera</b>
Quetzaltenango	80
Totonicapán	18
Sololá	54
San Marcos	39
Suchitepéquez	12
Retalhuleu	9
Guatemala	202

Fuente: Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 1992

San Marcos La Laguna también se ve afectado por la sequía, por efecto del cambio climático, a esto también se agregan los derivados de una deforestación que se ha intensificado en los últimos años. La mayor parte de áreas para cultivar se encuentran en la parte alta de la comunidad sin acceso a fuentes de agua utilizables para el riego, resultando vulnerables en época de verano.

Los incendios también representan una amenaza para la comunidad, ya que están eliminando el área boscosa, acelerando la degradación del ecosistema y ocasionando algunos daños en las áreas de cultivo; éstos están vinculados a la quema de rastrojo. En el año 2005 se presentó un incendio que duró aproximadamente un mes, y ocasionó, incluso, la muerte de una persona.



## **7. Planteamiento del problema**

Puede identificarse una clara tendencia hacia la fragmentación de los bosques en la región Centroamericana; solamente el 10% de los bosques permanecen originales y cerca del 80% de estos se consideran en peligro (Mohan, 1998).

Cuando los bosques son talados, se expone el suelo, se reduce la captura e infiltración del agua, y aumenta la escorrentía superficial, las tasas de erosión y degradación de las tierras. Se sabe que alrededor del 75% del incremento en la escorrentía puede asociarse directamente con la deforestación (Kramer, *et al*, 1997). De ahí se derivan los problemas de sedimentación en embalses, ríos, lagos y del océano, al igual que la modificación del régimen hidrológico y el aumento de la frecuencia e intensidad de las inundaciones aguas abajo (Calder, 1998). La erosión del suelo también causa la pérdida de fertilidad y productividad, y aumenta el riesgo de deslizamientos y avalanchas en las laderas y valles (Bonilla, 2008).

Como señala el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD-, “... las condiciones de riesgo a desastres que se presentan en el Departamento de Sololá están determinadas principalmente por sus características biofísicas y socioeconómicas, en donde la explotación inadecuada de los recursos naturales, la pobreza y la degradación ambiental reflejan la falta de planificación y ordenamiento en el uso y manejo de los recursos naturales (suelo, bosque y agua)...” (PNUD, 2009). Se estima que aproximadamente el 70% de su superficie es de vocación forestal y actualmente presenta un sobre uso de la tierra de manera generalizada (INAB, 2008).

El municipio de San Marcos La Laguna, presenta un escenario de riesgo en el uso de la tierra, por deslizamientos y derrumbes, influenciado por varios factores relacionados con la vulnerabilidad física del territorio, compuesto por laderas escarpadas y altamente escarpadas; suelos de origen volcánico altamente susceptibles a deslizamientos, erosión y riesgos por inundación (MARN, 2009). La

dinámica de uso de los recursos naturales de las partes altas y medias de la microcuenca está caracterizado por la degradación de los suelos, influenciado por las prácticas de cultivos limpios en altas pendientes, el avance de la frontera agrícola en laderas pronunciadas, la presión por los recursos energéticos que ha generado disminución de la cobertura vegetal y densidad de las zonas boscosas.

Lo anterior descrito limita el desarrollo sostenible de las poblaciones, puesto que pone en riesgo no solamente la vida de sus pobladores, sino también su seguridad alimentaria, su salud y actividades económicas-productivas.

Por lo tanto, la realización de una propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola en San Marcos La Laguna es de utilidad para reducir el riesgo a deslizamientos, debido a que los agricultores reaccionan abandonando la tierra una vez esta degradada, pues ya no les alcanza para producir y cubrir sus necesidades básicas de supervivencia. Este círculo vicioso se ve reforzado por la fuerte lluvia tropical y los extremos cambios climáticos, lo que da lugar a una mayor probabilidad de amenazas naturales devastadoras incrementadas por el ser humano.

## **8. Objetivos**

### **General**

- ✓ Propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola para reducir los deslizamientos en el municipio de San Marcos La Laguna, Sololá.

### **Específicos**

- ✓ Establecer la capacidad del suelo en el municipio de San Marcos La Laguna.
- ✓ Determinar los tipos de cobertura y uso actual del municipio de San Marcos La Laguna.
- ✓ Determinar las zonas de conflicto de uso del suelo en el municipio de San Marcos La Laguna.
- ✓ Elaborar mapa de susceptibilidad a deslizamientos en el municipio de San Marcos La Laguna.
- ✓ Elaborar una propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola de San Marcos La Laguna.





## **9. Justificación**

La mayoría de la literatura apoya la afirmación de que la vegetación ayuda a estabilizar laderas y taludes (Macdonald y Witek, 1994), ya que principalmente la vegetación leñosa provee al suelo un refuerzo sorprendente, (Gray y Leiser 1982), tanto en la superficie, protegiéndole y sujetándole, como en profundidad, al incrementar la resistencia y la cohesión de los terrenos (León, 2001).

También, la vegetación cumple un importante papel en términos de la prevención de movimientos en masa, de manera especial, con relación a los deslizamientos superficiales en laderas (González y López). Por eso, a medida que se elimina la vegetación, se pierde la fuerza del suelo, aumenta la presión por efectos del agua en los poros del suelo y aumenta la susceptibilidad a desprendimientos (Greenway 1987).

De acuerdo con lo anterior en el presente estudio se plantea el “ordenamiento de las áreas de producción agrícola (áreas sin cobertura vegetal) en el municipio de San Marcos La Laguna para reducir deslizamientos”, considerando: 1.- La vulnerabilidad ambiental en Guatemala tiene su mayor manifestación en suelos sobre utilizados<sup>2</sup> (Buch y Turcios 2003) y 2.-Las pendientes pronunciadas con las que cuenta el municipio (Sajcabún M.), con el objetivo de lograr un equilibrio con la naturaleza y disminuir el riesgo a deslizamientos catastróficos en el país, lo cual ha dejado una secuela de más de 650 personas fallecidas y millones de quetzales en pérdidas materiales. Entre estos eventos sobresalen los flujos de lodo ocurridos

---

<sup>2</sup> La actividad agropecuaria en Guatemala utiliza 65.3% de la superficie del país, pero solamente 26% de las tierras son aptas para la agricultura sin restricciones, lo cual implica que 39.3% de los suelos se encuentran sobreutilizados. Los altos índices de erosión reportados, y que a su vez repercuten en problemas en las partes bajas de las cuencas con efectos como contaminación y gran acumulación de sedimentos, se han reportado niveles de erosión superiores a 680 Ton/km<sup>2</sup>/año en algunas cuencas de la vertiente del pacífico; más de 880 ton/km<sup>2</sup>/año para la cuenca del río Motagua y niveles de 5 Ton/Km<sup>2</sup>/año para el río La Pasión en la vertiente del Golfo de México. Considerando que el 63% de los suelos poseen susceptibilidad alta o muy alta a la erosión, el riesgo de la misma abarca más de 60,000 Km<sup>2</sup>. (Buch y Turcios 2003).

en los años 2,000 y 2,005 en la cabecera municipal de Senahú, Alta Verapaz en donde fallecieron alrededor de 34 personas; el flujo de lodo en la aldea El Porvenir, San Lucas Tolimán en el 2,002 en donde fallecieron 23 personas; el catastrófico flujo de lodo que sepultó gran parte del cantón Panabaj en Santiago Atitlán durante la tormenta tropical Stan en octubre del 2,005 con una fatídica cauda de más de 600 personas fallecidas y, más recientemente, el deslizamiento-flujo de lodo en la colonia El Edén, zona 5 de la Ciudad de Guatemala, en septiembre 2007 con un saldo de 5 personas fallecidas y más de 100 viviendas destruidas (Barillas Manolo 2009).

Ante tal situación, se hace cada vez más necesaria e impostergable la incorporación de la variable de gestión para la reducción de riesgo a desastres en la planificación del desarrollo, ordenamiento del territorio y en políticas y presupuestos públicos y privados. En ese contexto, la apropiada demarcación de las zonas susceptibles a deslizamientos en una determinada región contribuirá grandemente a la correcta toma de decisiones y planificación en general.

## **10. Alcances de la investigación**

- **Conceptual**

La propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola, consistirá en la evaluación y en establecer criterios y parámetros generales preliminares de ordenamiento, utilizando la metodología de clasificación de tierras por capacidad de uso de USDA. Finalmente, como propuesta específica se propondrá el ordenamiento de las áreas de producción agrícola como una herramienta para mejorar las condiciones de vida de la población de de San Marcos La Laguna y que la misma sea utilizada para actualizar el Plan Maestro del Área Protegida Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del lago de Atitlán RUMCLA.

- **Espacial**

Se determinará la división política administrativa en que está comprendida el área objeto de estudio a nivel departamental. Específicamente, el estudio se desarrollará en toda el municipio de San Marcos La Laguna, que comprende un área aproximada de 12 Km<sup>2</sup>.

Dicha propuesta se enfoca exclusivamente en mejorar los medios productivos de los habitantes en armonía con el medio ambiente, por lo que los siguientes estudios deberían estar encaminados en propuestas de expansión territorial, planes de monitoreo de variables hidrometeorológicas y estudios de hidrología urbana, para la definición y/o delimitación de áreas propensas a inundaciones.

- **Tiempo**

Se analizará en forma general el municipio de de San Marcos La Laguna, enfocando puntos de importancia de las causas del surgimiento de tendencias de crecimiento y desarrollo urbano y se plantearán propuestas de ordenamiento de las áreas de producción agrícola. De acuerdo con lo anterior el presente análisis conservará validez a partir de su publicación.



## **11. Metodología**

El diseño de la propuesta de ordenamiento comprendió tres etapas básicas de trabajo, las cuales incluyen revisión de información bibliográfica, actividades de campo y de análisis de la información, a continuación se describen las acciones llevadas a cabo para el desarrollo de la misma.

### **11.1 Estructuración del marco teórico**

Se recopiló, analizó y procesó la información existente, enmarcando las condiciones actuales de la región: localización geográfica, ubicación político-administrativa, acceso, datos de superficie, clima y zonas de vida, hidrología, geología, fisiografía y otra información biofísica importante. La información se obtuvo a través de consultas bibliográficas y consultas a información cartográfica disponible empleando además la Hoja Topográfica del área a escala 1:50,000, cartografía nacional escala 1:250,000 y fotos digitales georeferenciadas (ortofotos) que se utilizaron para elaborar los mapas preliminares y distinta información técnica.

Además, esta etapa incluye consultas de información, con visitas a distintos centros de documentación

### **11.2 Capacidad de uso de la tierra.**

Para la elaboración de la capacidad de uso de la tierra fue necesario realizar los siguientes mapas:

Para la clasificación por capacidad de uso de la tierra, para el municipio de San Marcos La Laguna, utilizando la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norte América, -USDA-, fue necesario previamente realizar lo siguiente:

### 11.2.1 Elaboración del mapa de unidades fisiográficas geomorfológicas

- Mediante técnicas de interpretación cartográfica o aerofotográfica, se definieron y delimitaron unidades de mapeo, las cuales constituyen la base del muestreo en la fase de campo. La definición de estas unidades se basó en una interpretación fisiográfica de las tierras, es decir, en un análisis del paisaje.
- El análisis mediante el cual se definen las unidades de mapeo, toma en cuenta los componentes de geología, clima, topografía, suelos, hidrografía.
- La separación de unidades de tierra es posible trabajarla a nivel de campo por caminamientos y observaciones visuales y/o auxiliados de hojas cartográficas o fotografías aéreas; es decir, que el análisis del paisaje a través de técnicas de interpretación cartográfica y fotoidentificación fueron un auxiliar importante.
- Se realizó la interpretación fisiográfica-geomorfológica para la construcción de las unidades fisiográficas (unidad mínima de mapeo 6.25 ha.) en base fotointerpretación digital. Se utilizaron Ortofotos de tamaño de pixel de 0.5 \* 0.5 cm. con una precisión de 1 metro, en el proceso de interpretación se identificaron geoformas detalladas a nivel de elementos del paisaje, análisis fisiográfico - paisajista (Villota, 1992). Con el objetivo de delimitar las unidades de mapeo.

Cuadro 6: Matriz de análisis e interpretación fisiográfica-geomorfológica

Región Fisiográfica	Región Bioclimática	Gran Paisaje	Paisaje	Sub-paisaje	Elementos de Paisaje	Código

Fuente: elaboración propia

### **11.2.2 Elaboración del mapa de pendientes.**

- El mapa de pendientes se realizó con un modelo de elevación digital a partir de las curvas a nivel de la República de Guatemala a una escala 1:50,000 y un espaciamiento entre curvas cada 20 metros con el apoyo del Sistema de Información Geográfica -Arc Gis 9.3-.
- Luego con el apoyo de la función 3D Analyst Tools se consideró como primer paso un TIM, el cual representó un modelo en 3 dimensiones del relieve
- Con el apoyo de la herramienta Topo tu raster se realizó la interpolación de los datos de las curvas a nivel.
- Como resultado de la interpolación se obtuvo un Raster, con la información de las curvas interpoladas.
- Luego se realizó el corte de la información de interés, municipio de San Pedro La Laguna con la aplicación Extract by Mask.
- Luego se reclasificaron los rangos de pendientes de acuerdo con los establecidos en el Estudio de Capacidad de Uso de la Tierra de USDA.

### **11.2.3 Mapa de profundidad efectiva del suelo**

- Para la elaboración del mapa se obtuvo información de las mediciones realizadas en perfiles de suelo, calicatas y barrenamientos por el MAGA-IGAC en el marco del proyecto “Mapa de taxonomía de suelos y capacidad de uso de la tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala”.

### **11.2.4 Mapa de capacidad de uso de la tierra**

- Ya obtenidas las pendientes y profundidades para cada elemento de paisaje, se procedió a la unión o desagregación de unidades dependiendo el comportamiento de las variables mencionadas.

- Luego fue sobre puesto el mapa de pendientes y profundidades sobre el mapa fisiográfico, para delimitar nuevamente unidades ya definidas considerando como limite los mapas de pendientes y profundidades.
- A cada unidad identificada en el proceso anterior fue asignada una categoría de capacidad de uso De acuerdo con lo establecido en la metodología de ECUT de USDA, con pendiente y profundidad específica.

En esta etapa se corrigieron los mapas que fueron verificados en campo, en este caso, el mapa de cobertura y uso de la tierra, el mapa de unidades fisiográficas. Con la información recopilada en el trabajo de campo y en el muestreo de suelos, se derivan otros mapas, como el de pendientes y el de profundidades efectivas, mapas que sirvieron de base para la elaboración del mapa de capacidad de uso

### **11.3 Mapa de cobertura y uso de la tierra**

- El mapa de cobertura y uso de la tierra se realizó utilizando ortofotos a escala 1:10,000. para delimitar unidades puras de uso, tomando en cuenta la unidad mínima de mapeo hasta donde fue factible y en otros casos se realizó por medio de consociaciones de uso (más del 70% del territorio) y en último caso, asociaciones de uso. La estructura preliminar de la leyenda de uso de la tierra, fue la siguiente: (Alvarado Gilberto)

1. Tierras con infraestructura (viviendas y usos asociados)
2. Tierras de cultivos
  - ✓ Cultivos anuales
  - ✓ Cultivos estacionales y/o matorrales
3. Matorral y/o tierras con cultivos estacionales
4. Tierra con bosque
5. Bosque denso
6. Bosque secundario (matorral y monte bajo)
7. Rocas expuestas o bancos de arena y tierras improductivas



La leyenda de uso de la tierra fue ajustada a la nomenclatura que establece la Unión Geográfica Internacional -UGI-. Los mapas elaborados en este estudio se generaron en un Sistema de Información Geográfica ArcGis 9.3.

#### **11.4 Mapa de conflictividad de uso de la tierra.**

- Para la elaboración del mapa de conflictividad fue necesaria la superposición de los mapas de capacidad de uso de la tierra y cobertura y uso actual.
- Luego se delimitaron unidades de tierra considerando si el uso o la cobertura existente fue o no acorde a la capacidad de uso del suelo.

#### **11.5 Mapa de susceptibilidad a erosión**

Para la elaboración de este mapa se utilizó la metodología de Mora y Vharson, en la cual se consideraron tres parámetros críticos para la ocurrencia a deslizamientos: 1. Pendiente, 2. Geología y 3. Humedad propia del suelo, seguidamente se incorporó la lluvia como factor de disparo de deslizamientos utilizando la información de lluvia mensual acumulada de estaciones meteorológicas en los alrededores del área de estudio.

Cabe mencionar que este mapa se realizó con apoyo de la ONG Vivamos Mejor, la cual proporcionó los datos meteorológicos y de suelos para estimar el índice de susceptibilidad, los cuales únicamente podrán ser consultados en la sede de dicha ONG.

##### **11.5.1 Estimación del índice de susceptibilidad (IS)**

Para la estimación del Índice de Susceptibilidad es necesario considerar los tres factores críticos mencionados anteriormente: la pendiente, las unidades litológicas (geología) y la humedad propia del terreno. De acuerdo con lo anterior el mapa de IS resulta de la multiplicación entre el  $FP*FL*FH$

- a. Factor pendiente del terreno (FP):** El mapa de pendiente es derivado del Modelo Digital como ya se indicó, el cual a su vez es la representación de las altitudes del terreno. Los valores de pendiente se agrupan en clases y a

cada una se le asigna un “factor de peso relativo”. Idealmente, los rangos de clases se asignan con base a lo observado en el inventario histórico de deslizamientos dándole los mayores pesos relativos a las pendientes en donde más recurrentemente suceden los eventos.

Para obtener el mapa de factor pendiente del terreno es necesario realizar una recategorización del mapa de pendientes el cual anteriormente se explicó cómo realizar, considerando los siguientes rangos de pendientes y pesos.

**Cuadro 7 .Rangos de calificación de la variable factor pendiente del terreno.**

Valor de la pendiente	Clase	Peso
<12°	Muy baja	1
12° - 20°	Baja	2
20° - 28°	Moderada	3
28° - 40°	Alta	4
> 40°	Muy Alta	5

Fuente: Barrillas, Manolo

**b. Factor litológico (FL):** Para el cálculo de este factor se necesitaron los mapas digitales geológicos (rocas) o edafológicos (suelos). Las bases de datos debieron contener la descripción de cada una de las unidades rocosas o de suelo, ya que fue el insumo principal para la clasificación y pesado.

Los factores de peso para cada unidad litológica se asignaron con base a lo observado en el inventario histórico de deslizamiento dándole los mayores pesos relativos a aquellas unidades que muestran mayor recurrencia a deslizarse. De no contar con un inventario histórico se sugieren considerar los criterios de la siguiente tabla.

**Cuadro 8 .Rangos de calificación de la variable factor litológico del terreno.**

Litología	Clase	Peso
Aluvión o rocas poco consolidadas, permeables, carbonatos permeables, intrusiones poco fracturadas, basaltos, ignimbritas o gneiss; bajo nivel de alteración, agua subterránea profunda, fracturas limpias y rugosas, resistencia a cizalla	Baja	1
Mayor grado de alteración de las rocas, menor resistencia a la cizalla y fracturas deformadas	Moderada	2
Rocas volcánicas, metamórficas, intrusivas y sedimentarias considerablemente alteradas; suelos residuales arenosos, mayor fracturamiento, agua subterránea fluctuante	Media	3
Rocas muy meteorizadas y alteradas, fuertemente fracturadas, rellenos de arcilla en las fracturas, piroclastos y suelos fluvio-lacustres pobremente compactados, agua subterránea superficial	Alta	4
Rocas extremadamente alteradas, coluviones y suelos residuales con baja resistencia a la cizalla, agua subterránea muy superficial	Muy Alta	5

Fuente: MAGA

La metodología indica que el inventario de deslizamientos puede construirse a partir de registros históricos normalmente disponibles en las Zonas Viales de Caminos, Municipalidades, Universidades, recortes de prensa, etc. Algunas veces es posible recuperar la información de los deslizamientos ocurridos en el último invierno con la ayuda de los comités organizados en las comunidades. En cualquiera de los casos, se necesita recopilar al menos las siguientes variables:

- Tipo dominante de movimiento (traslacional, caída, flujo, etc.),
- Fecha de ocurrencia, y
- Ubicación geográfica (coordenadas con GPS) como punto o como polígono. En caso de marcarlo como polígono considerar solamente el área de iniciación del deslizamiento y no la zona de transporte y acumulación del material.

**c. Factor humedad del suelo (FH):** Para el caso de la humedad del suelo se utilizaron valores mensuales de lluvia como indicadores del factor de

humedad propia del suelo, o también pueden utilizarse balances hidrológicos estimados en diferentes estudios o por la División de Hidrología del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

#### **11.5.2 Factor de disparo (FD)**

Luego de definido el Índice de Susceptibilidad se evaluó la influencia de la lluvia como factor desencadenante de posibles deslizamientos. Para dicha evaluación, Mora y Vahrson (1994) han asumido que los deslizamientos que involucran depósitos superficiales o suelos residuales son comúnmente producidos por precipitaciones de tipo convectivo de corta duración pero de gran intensidad. Basado en esa presunción, se pueden utilizar los datos de lluvias máximas históricas mensuales para determinar las zonas que presentan los mayores índices de precipitación pluvial durante los meses de invierno. Como en los pasos anteriores, se asigna un “peso relativo” con los mayores valores en aquellas zonas con mayores precipitaciones mensuales. Esta información histórica se obtuvo de la base de datos del INSIVUMEH la mayoría de las cuales se encuentra en formato digital.

#### **11.5.3 Estimación de las zonas de susceptibilidad relativa**

Luego de estimado el Índice de Susceptibilidad (IS) y el Factor de Disparo (FD) se realiza la multiplicación de dichos mapas para la determinación del nivel de susceptibilidad relativa. Los valores del IS pueden variar entre 1 y 125 unidades. El valor máximo es posible únicamente en el caso que el Factor de Pendiente del terreno, Factor Litológico y Factor de Humedad del suelo hubiesen tenido valores máximos de 5 ( $5 \times 5 \times 5 = 125$ ). Debido a que, posteriormente, el mapa de Índice de Susceptibilidad es multiplicado por el mapa de Factor de disparo por lluvias fuertes el máximo valor posible en el mapa final de susceptibilidad relativa es de 625 unidades.

## 11.6 Mapa de propuesta de ordenamiento

El mapa de propuesta de ordenamiento se basó específicamente en las recomendaciones de uso vertidas en el manual de capacidad de uso de la tierra de USDA y el manual de susceptibilidad a deslizamientos Mora y Vharson.

## 12. Resultados

### 12.1 Fisiografía

La región fisiográfica del municipio de San Marcos La Laguna, son Tierras altas volcánicas, Subregión fisiográfica es una zona montañosa Occidental (Tacaná-Tecpán). El gran paisaje es la Caldera del Lago Atitlán y se ubica dentro del Paisaje de Montaña Volcano-Erosional (M), posee un clima Frío Húmedo, Semifrío húmedo y Templado subhúmedo se caracteriza por tener un tipo de Relieve de Filas y Vigas, Lomas, Vallecito, Glacis. Sus elementos del paisaje son laderas, planicies aluvio-coluvial y planicie inclinada.

Cuadro 9. Leyenda fisiográfica del municipio de San Marcos La Laguna

Región Fisiográfica	Sub región Fisiográfica	Gran Paisaje	Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Elementos del Paisaje	Código
Tierras Altas Volcánicas	Zona Montañosa Occidental (Tacaná-Tecpán)	Caldera del Lago Atitlán	Montaña Volcano erosional (M)	Frío-Húmedo	Filas y Vigas	Ladera	MJOg3
				Semifrío Húmedo		Ladera	MSOfp1
						Ladera	MSOg3
						Ladera	MQOf3
						Ladera	MQOg3
					Lomas	Ladera	MQOgp2
				Templado Subhúmedo	Vallecito	Planicie aluvio-coluvial	MQYcp1
						Planicie aluvio-coluvial	MQYcp2
						Planicie aluvio-coluvial	MQYcp2
					Glacis	Planicie Inclinada	MQGe1
						Planicie Inclinada	MSGe1
						Planicie Inclinada	MQGep

Fuente: Elaboración propia con apoyo de MAGA

Los relieves que presenta son: **1.-Glacís** (Superficie ligeramente inclinada formada por la coalescencia de abanicos o por aplanamiento denudativo local), **2. Lomas** (Tipo de relieve de disección, de altura media, con circunferencia basal alargada y relieve formado de dos vertientes que se inclinan en dirección opuesta. Elevación

de terreno de poca altura (menor de 300 m), configuración alargada y cima redondeada) 3.- **Filas y Vigas** (Tipo de relieve que se asemeja a la estructura de un techo, con un eje axial. Las vigas alternan con vallecitos de torrentes) y 4.- **Vallecito**: Incisión angosta formada por una pequeña corriente de agua que deposita los materiales en sentido longitudinal, limitada por terrenos más altos. (Codazzi, 2010).

#### **12.1.1 Ladera San Marcos La Laguna Norte (MJOg3)**

Ocupa una extensión de 36.14 hectáreas y representa el 4.10% de la superficie total del municipio. Presenta suelos profundos y bien drenados, con una pendiente media mayor al 32% la cual aumenta a mayor altura, extendiéndose de esta forma a lo largo de toda la unidad.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad es homogénea, existe bosque mixto denso con Café y bosque mixto poco denso. La vegetación predominante es Encino (*Quercus* sp.), Pino (*Pinus* sp.) y cipres (*Cupresus lusitánica*). La clasificación taxonómica del suelo es Typic Haplustands y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, metodología USDA pertenece a la clase VIII-ec.

#### **12.1.2 Ladera San Marcos La Laguna Noreste (MSOfp1)**

Ocupa una extensión de 17.14 hectáreas y representa el 1.94% de la superficie total del municipio. Son suelos poco profundos y erosionados, con una pendiente media mayor al 32%.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad es variada, existe bosque mixto disperso, incluyendo Café y existen áreas con cultivos de Maíz. La clasificación taxonómica es del suelo es Typic Haplustands y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, metodología USDA pertenece a la clase VIII-es.

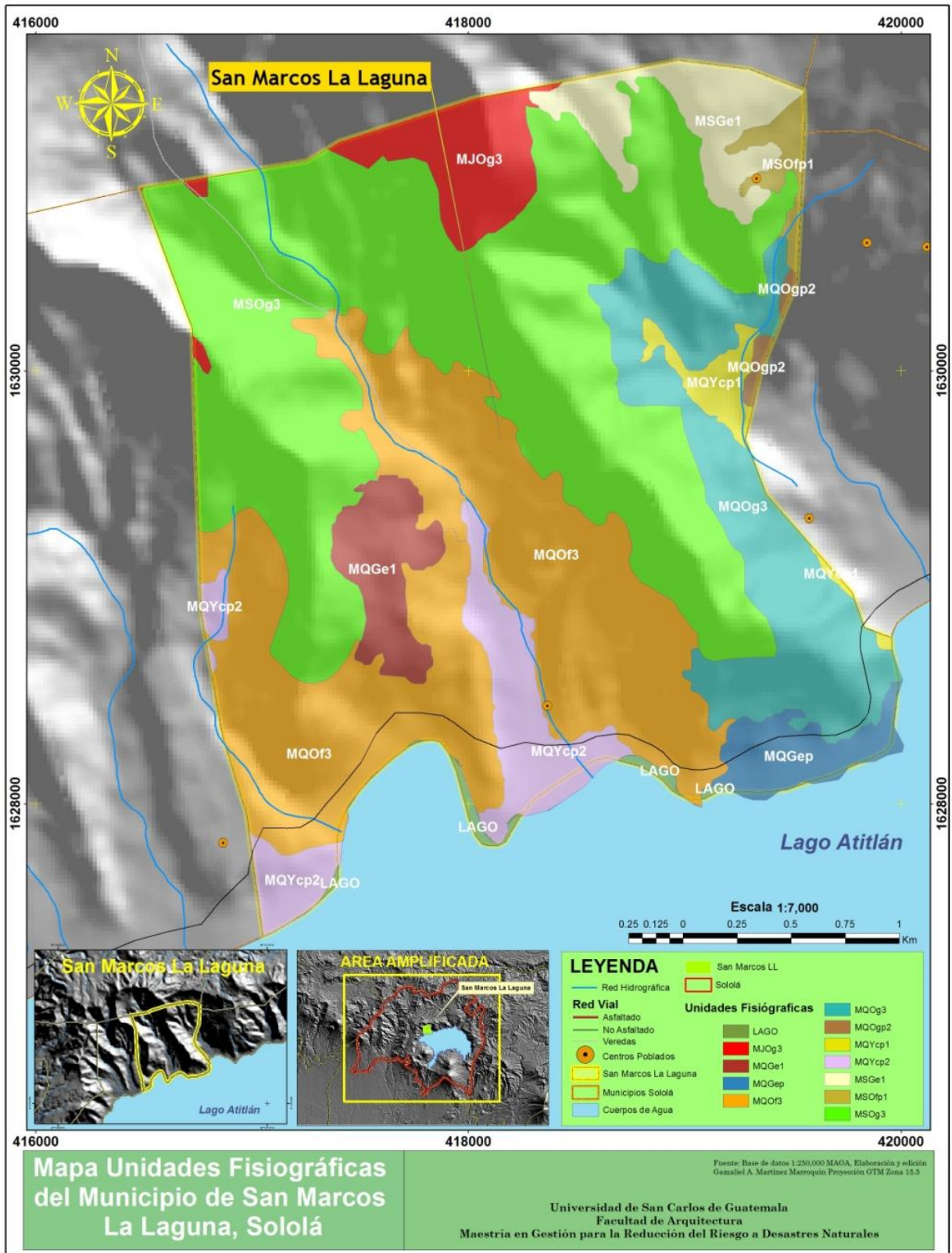


Figura 12. Mapa fisiográfico del municipio de San Marcos La Laguna





### **12.1.3 Ladera San Marcos La Laguna Noreste-Noroeste (MSOg3)**

Ocupa una extensión de 318.47 hectáreas y representa el 36.18% de la superficie total del municipio. Son suelos poco profundos y en la parte oeste presenta severa erosión, la pendiente media es mayor al 32%.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad es variada, existe bosque mixto denso con café, tierras de cultivo anual, bosque mixto poco denso con Jocote. La clasificación taxonómica del suelo es Typic Haplustands y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenece a la clase VII-e.

### **12.1.4 Ladera San Marcos La Laguna Central y Suroeste (MQOf3)**

Ocupa una extensión de 263.05 hectáreas y representa el 29.88% de la superficie total del municipio. Son suelos profundos pero en la mayoría de la unidad son poco profundos degradados por la erosión con una pendiente media mayor al 32%.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad es variada, existe bosque mixto denso con Café, tierras con cultivo anual, centros poblados rurales, bosque mixto poco denso con Café, bosque mixto disperso con Jocote. La clasificación taxonómica del suelo es Vitrandic Ustorthents y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenece a la clase VII-e.

### **12.1.5 Ladera San Marcos La Laguna Noreste (MQOg3)**

Ocupa una extensión de 137.53 hectáreas y representa el 15.62% de la superficie total del municipio. Son suelos ligeramente profundos y mal drenados, con una pendiente media mayor al 32%.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad predomina el bosque mixto denso con Café, cultivos anuales y bosque mixto disperso con Jocote. La clasificación taxonómica del suelo es Typic Haplustands y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenece a la clase VII-e.

#### **12.1.6 Ladera San Marcos La Laguna Este (MQOgp2)**

Ocupa una extensión de 6.62 hectáreas y representa el 0.75% de la superficie total del municipio, Son suelos mal drenados con una pendiente media mayor al 32%.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad predomina el bosque mixto poco denso. La clasificación taxonómica del suelo es Typic Haplustands y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenece a la clase VIII-es.

#### **12.1.7 Planicie aluvio-coluval San Marcos La Laguna Este (MQYcp1)**

Ocupa una extensión de 12.99 hectáreas y representa el 1.47% de la superficie total del municipio. Son suelos profundos y bien drenados, presenta un relieve de vallecito, con una pendiente entre los 8-12%.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad es de bosque mixto disperso con Jocote y una pequeña parte con tierra de cultivo anual. La clasificación taxonómica es Typic Ustifluvents y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenece a la clase V-s.

#### **12.1.8 Planicie aluvio-coluval San Marcos La Laguna Sur y Oeste (MQYcp2)**

Ocupa una extensión de 21.77 hectáreas y representa el 2.47% de la superficie total del municipio. Son suelos arenosos y con pedregosidad mayor al 80%.

La cobertura y uso de la tierra en estas unidades son los centros poblados. La clasificación taxonómica es Typic Ustifluvents y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenecen a la clase V-s.

#### **12.1.9 Planicie inclinada Nuevo Barrio Chulema' (MQGe1)**

Ocupa una extensión de 20.74 hectáreas y representa el 2.35% de la superficie total del municipio. Son suelos muy poco profundos y mal drenados con un relieve glasis que presenta una pendiente media entre 24 y 32%.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad predomina el bosque mixto poco denso con café. La clasificación taxonómica es Typic Humustepts y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenece a la clase VI-e.

#### **12.1.10 Planicie inclinada San Marcos La Laguna Noreste (MSGe1)**

Ocupa una extensión de 25.73 hectáreas y representa el 2.92% de la superficie total del municipio. Son suelos profundos, con buen drenaje y tienen una pendiente entre el 24 y 32%.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad son cultivos anuales. La clasificación taxonómica es Typic Haplustands y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenece a la clase VI-e.

#### **12.1.11 Planicie inclinada Sureste (MQGep)**

Ocupa una extensión de 20.02 ha. Y representa el 2.27% de la superficie total, son suelos profundos con mal drenaje una pedregosidad arriba del 80% con una pendiente media entre el 24 y 32%, extendiéndose a lo largo de la orilla del lago.

La cobertura y uso de la tierra en esta unidad es de bosque poco denso y la mayor parte de esta unidad es de vivienda y de turismo. La clasificación taxonómica es Typic Humustepts y según la clasificación por capacidad de uso de la tierra, Metodología USDA pertenece a la clase VIe.

### **12.2 Pendientes**

La estimación de las pendientes para el municipio de San Marcos La Laguna se realizó utilizando los rangos establecido en la Metodología de Clasificación por capacidad de Uso de la Tierra propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos -USDA- el cual establece los siguientes rangos de pendientes: Menor de 4%, 4-8%, 8-12%, 12-24%, 24-32% y Mayor de 32%.



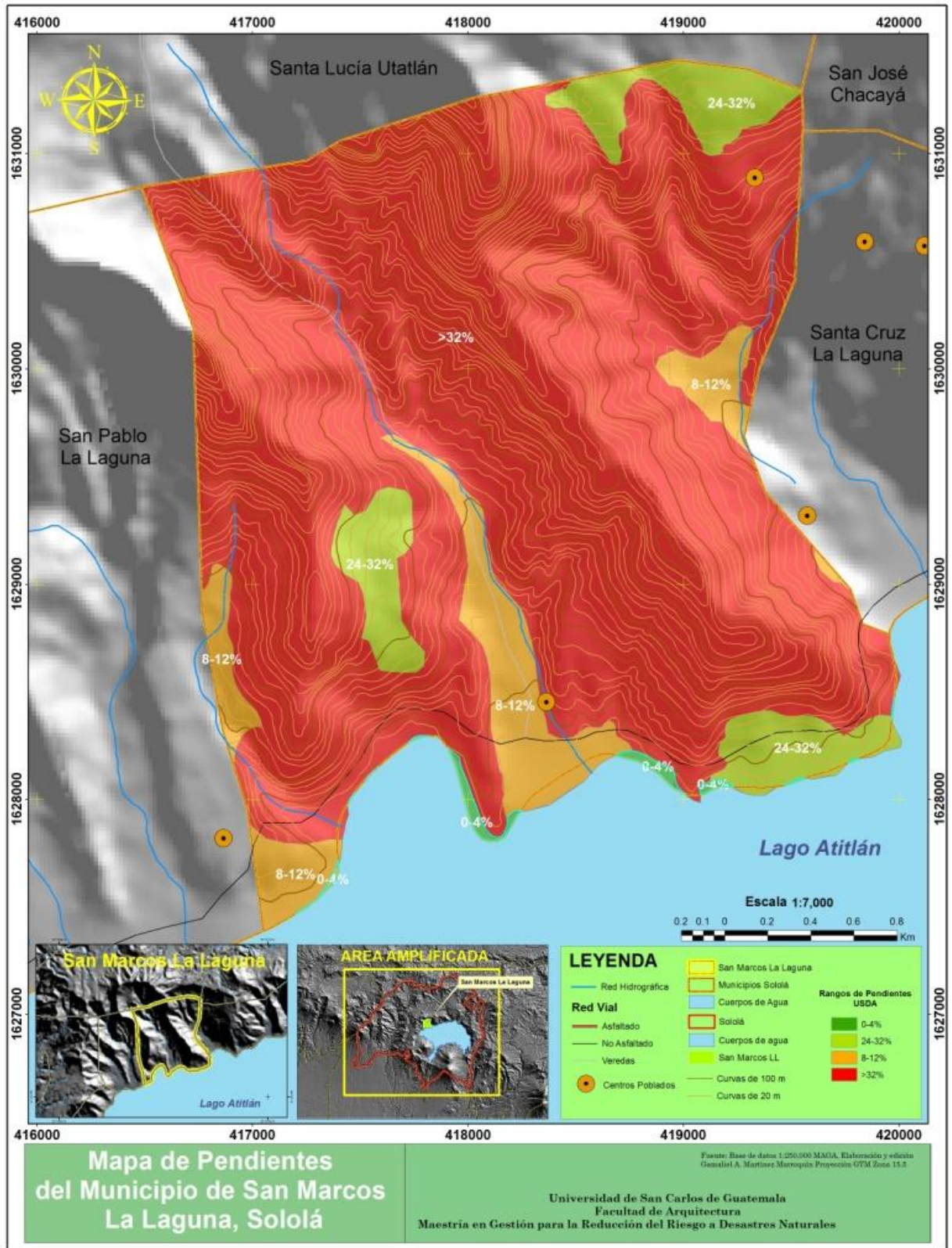


Figura 13. Mapa de Pendientes de San Marcos La Laguna



Del análisis de pendiente realizado se pudo determinar que en San Marcos La Laguna existen cuatro categorías de pendientes, Lo cual se debe a que el municipio se encuentra ubicado en la caldera de Atitlán.

- Menor a 4%: Representa el 0.47% del municipio equivalente a 4.38 hectáreas
- 8 a 12%: Representa el 8.14% del municipio equivalente a 75.29 hectáreas.
- 24 a 32%: Representa el 7.37% del municipio equivalente a 68.29 hectáreas.
- Mayor a 32%: Representa el 84.01% del municipio equivalente a 776.58 hectáreas.

### **12.3 Capacidad de uso de la tierra.**

Para determinar la capacidad de uso de la tierra del municipio de San Marcos La Laguna se realizó utilizando la Metodología de Clasificación por capacidad de Uso de la Tierra propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos -USDA-, la cual establece las siguientes categorías de Clase y Subclase:

#### **a. Clase**

- ✓ Tierras con limitaciones en su uso, generalmente no apropiadas para cultivo
  - CLASE I. Tierras con pocas limitaciones que restringen su uso.
  - CLASE II. Tierras que tienen algunas limitaciones que reducen la selección de plantas o requieren moderadas prácticas de conservación de suelos
  - CLASE III. Tierras que tienen severas limitaciones que reducen la selección de plantas o requieren prácticas especiales de conservación de suelos.
  - CLASE IV. Tierras que tienen muy severas limitaciones que restringen la selección de plantas y requieren de un cauteloso cuidado de manejo.
- ✓ Tierras con limitaciones en su uso, generalmente no apropiadas para cultivo
  - CLASE V. Tierras que no presentan erosión o muy pequeña, pero que tienen otras limitaciones no prácticas de removerse, que limiten el uso continuo y prolongado de pastos.



- CLASE VI. Tierras con severas limitaciones, que las hacen generalmente no utilizables para cultivos; pero son apropiadas para praderas, pastizales, bosques maderables o alimento para vida silvestre y cubierta vegetal.
- CLASE VII. Tierras que tienen muy severas limitaciones que los hacen restringen su uso principalmente para pastoreo, bosque maderable o vida silvestre.
- CLASE VIII. Tierras y paisajes (geoformas) que no reportan beneficios locales tangibles. Su mejor uso será para mantenimiento de habitats de vida silvestre, protección de cuencas altas y recreación.

**b. Subclase**

- Peligro de erosión (e)
- Exceso de agua (w)
- Limitaciones en las zonas radicales (s)
- Limitaciones climáticas (c)

De acuerdo al análisis realizado se pudo establecer el área en hectáreas por clase y subclase de capacidad de uso de la tierra tal como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 10. Hectáreas por clase de capacidad de uso de la tierra para el municipio de San Marcos La Laguna.**

Clase-Subclase	Hectáreas	Porcentaje
III-es	36.46	3.95
Lago	4.40	0.48
<b>VIII-ec</b>	<b>36.50</b>	<b>3.95</b>
<b>VIII-es</b>	<b>12.22</b>	<b>1.32</b>
<b>VII-e</b>	<b>718.27</b>	<b>77.72</b>
<b>VI-e</b>	<b>66.24</b>	<b>7.17</b>
<b>VI-s</b>	<b>21.92</b>	<b>2.37</b>
V-s	28.11	3.04

Fuente: Elaboración propia



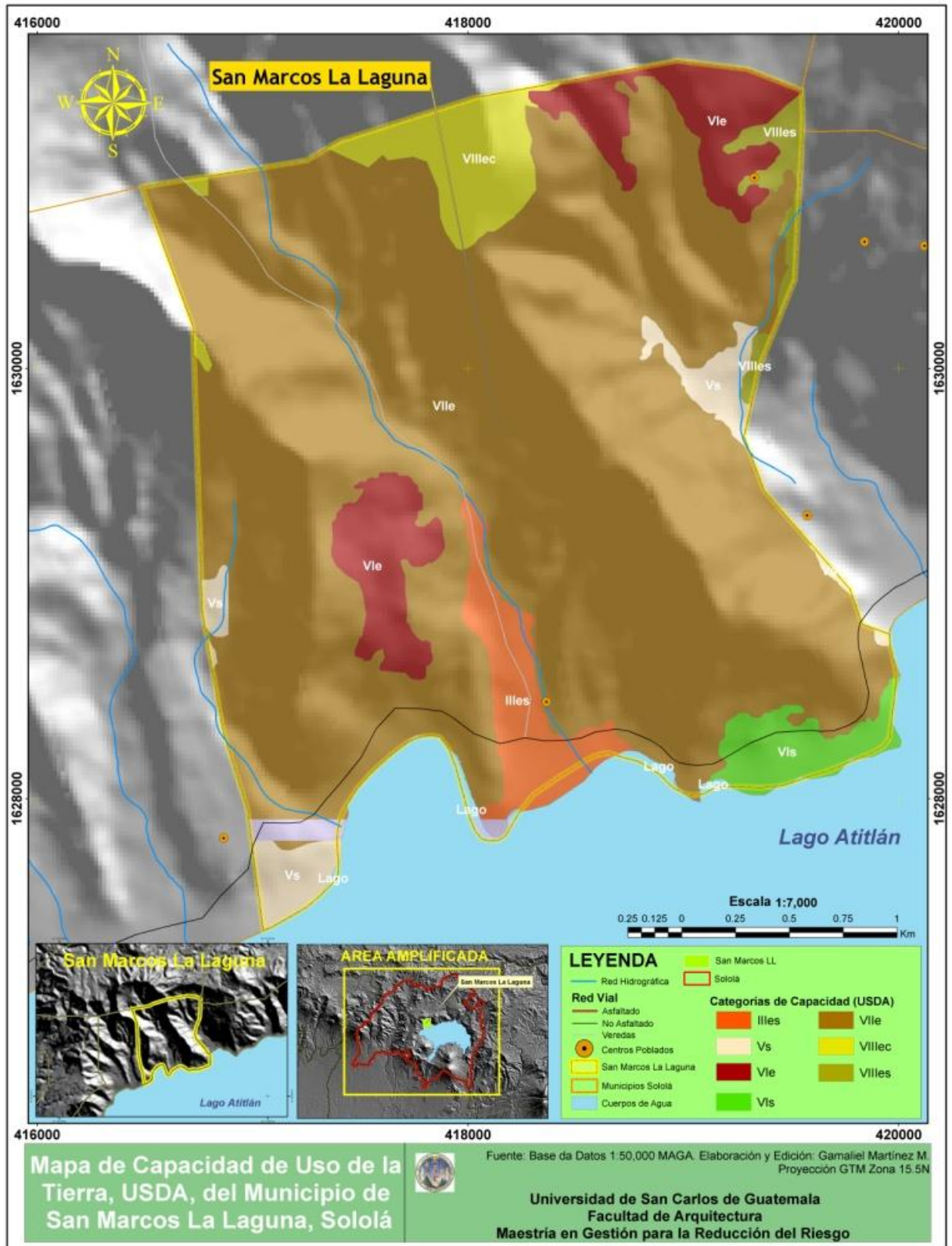


Figura14. Mapa de Capacidad de uso de la tierra de San Marcos La Laguna.



El 77.72% del municipio de San Marcos La Laguna equivalente a 718.27 hectáreas presenta una capacidad de uso VII-e que indica que el suelo tiene las siguientes características:

- Con peligro de erosión
- Muy poco profundos (menos de 25 cm)
- Textura en estratos compactados desde la superficie o muy gruesa, con grava, en todo el perfil.
- Impermeables (menos de 0.024 cm/hora) o libremente permeables (más de 6 cm/hora)
- Pendiente mayor de 32%
- Relieve ondulado fuerte, quebrado o escarpado.
- Estructura degradada, débiles o macroestructuras generalmente de tipo blocoso.

La clase de capacidad de uso VI está representada en 88.16 hectáreas equivalentes a 9.54% del municipio de San Marcos La Laguna, las cuales presentan las siguientes características:

- Suelos muy poco profundos (menos de 25 cm).
- Textura en estratos compactados desde la superficie o muy gruesa en todo el perfil. Permeabilidad: impermeables (menos de 0.024 cm/hora) libremente permeables (más de 6 cm/hora).
- Pendiente de 24 a 32%.
- Relieve ondulado fuerte o quebrado.
- Estructura: generalmente son estructuras grandes o pequeñas débilmente desarrolladas.
- Erosión de severa a muy severa del 80 al 100% del horizonte "A" ha sido removido. Se presenta en forma de surcos y cárcavas severas.

- Drenaje superficial o interno muy deficiente. Son áreas sujetas a inundaciones, avenidas y torrentes, coeficiente de densidad mecánica de 5 a 6.
- Zona de restricción: puede presentar estratos compactados desde los 25 cm de profundidad.
- Pueden presentar cantidades excesivas de sales disueltas.
- Pueden presentar niveles excesivos de sodio de tal punto que se pueda manifestar como suelos salino sódico, por otra parte, también es posible que se trate de suelos muy ácidos.
- Materia orgánica: bajo contenido.
- Capacidad de retención de fertilidad baja
- Capacidad de retención de humedad baja
- No apta para mecanizar.

El 5.27% del municipio de San Marcos La Laguna equivalente a 48.72 hectáreas presenta suelos con una clase capacidad de uso VIII, la cual indica que el suelo tiene las siguientes características:

- Unidades de tierra que tienen tales limitaciones que únicamente pueden ser utilizadas para recreación o vida silvestre, abastecimiento de agua o propósitos estéticos.
- Presenta limitaciones para su uso e incluyen los efectos individuales o combinados de: Erosión o peligro de erosión, clima severo (extremo), suelo excesivamente húmedo pedregosidad y baja capacidad de retención de humedad exceso de salinidad y/o sodio.

El 3.95% del municipio de San Marcos La Laguna se encuentran suelos de clase de capacidad de uso III con peligro de erosión (e) y limitaciones en la zona radicales (s). En general los suelos de esta categoría presentan las siguientes características:

- Suelos poco profundos (25 a 50 cm)
- Textura arena franca o arcillosa pero permeable
- Permeabilidad: lentamente permeables (1.2 a 2.4 cm/hora) o libremente permeables (más de 6 cm/hora)
- Pendientes hasta un 12% en superficies planas, no debiendo exceder del 8% en superficies irregulares.
- Relieve inclinado fuerte u ondulado fuerte.
- Estructura: bloques subangulares o prismáticas.
- Erosión: de moderada a severa, un promedio del 60% del horizonte "A" ha sido removido, alta susceptibilidad a la erosión por agua y viento. Se presenta en forma laminar y en surcos.
- La esorrentía de drenaje externo está compuesta por corrientes perennes y efímeras. La densidad mecánica del drenaje está entre 3 y 4. El peligro de inundación es ocasional o poco frecuente.
- Salinidad: moderada, después de los 60 cm. El contenido total de sales no
- Pueden ser usada para cultivos anuales, pastos, praderas, cultivos perennes y bosques. Requieren de prácticas intensivas de manejo y conservación como cultivo en contorno, cultivos en rotación, abono verde, fertilización, incorporación de materia orgánica, nivelación, control de erosión mediante barreras de gramíneas y eventualmente muros de contención en cárcavas en formación.
- Hay moderadas limitaciones a la mecanización, la labranza de estos suelos puede producir amasamiento y ocasionar daños permanentes a la estructura del suelo, especialmente si se trabajan al estar mojados.

Para el caso de la clase V de capacidad de uso de la tierra está representada por 28.11 hectáreas que representan el 3.04% del área del municipio de San Marcos La Laguna. Los suelos de esta categoría presentan las siguientes características:

- Suelos profundos (50 a 90 cm) o poco profundos (25 a 50 cm)
- Textura generalmente fina en todo el perfil aunque puede ser mediana o gruesa en algunos casos.
- Permeabilidad generalmente impermeable o lentamente permeable.
- Pendiente pueden tener hasta un máximo de 24%, aunque es frecuente encontrar suelos de esta clase con pendiente casi plana.
- Relieve plano, inclinado y ondulado.
- Estructura en bloques, columnares o degradada.
- Erosión: tiene pocos problemas de erosión, tanto histórica como actual.
- Drenaje: son suelos muy pobremente drenados con muy alta susceptibilidad a la inundación, son con frecuencia suelos pantanosos con drenajes externos e internos muy deficientes. Pueden estar sujetos a avenidas o torrentes. Puede tratarse de suelos pantanosos o encharcados.
- Puede presentar estratos compactados desde los 50 cm de profundidad.
- Salinidad: severa.
- Alcalinidad: con pH menores de 6.5 a mayores de 8.0 con alto contenido de sodio intercambiable (hasta 15% de las sales disueltas), pueden ser suelos con alto nivel de oxidación de reducción.
- Materia orgánica: media o baja.
- Capacidad de retención de fertilidad: de media a baja.
- Capacidad de retención de humedad: excesiva.
- Uso de la tierra: pueden dedicarse a praderas o bosques. Los costos de su desarrollo son tan elevados que no se le puede tomar en consideración para usos culturales. Puede pensarse en siembra de especies con alto cociente de transpiración o en especies hidrófilas, también puede ensayarse algún sistema de drenaje.
- Son suelos no mecanizables.

## 12.4 Uso de la Tierra.

El mapa de uso de la tierra se realizó con las ortofotos del año 2006, escala 1:10,000 siendo la escala de trabajo 1:50,000, luego se verificó en campo el uso determinado en gabinete.

En los bosques de San Marcos La Laguna puede encontrarse gran variedad de plantas medicinales y alimenticias que son consumidas de forma cotidiana. Las plantas son recolectadas, las tienen sembradas y también son comercializadas en los mercados. El aguacate es abundante en la zona y grandes extensiones de árboles se encuentran tanto en fincas como pequeños terrenos de pobladores del área. Otras plantas de interés son el sauco (*Sambucus spp*) el macuy (*Solanum nigrescens*), la pitahaya, (*Hylocereus undatus*) y el amaranto, (*Amaranthus spp*).

Cuadro 11. Cobertura forestal y uso de la tierra del municipio de San Marcos La Laguna

Cobertura/uso	Hectáreas	%
Centros poblados urbanos	49.58	5.38
Centros poblados rurales	53.67	5.83
Frutales de clima templado (Café)	2.72	0.30
Tierra de cultivos anuales (Maíz)	160.82	17.46
Cobertura Forestal	627.09	68.08
Matorrales	12.60	1.37
Cuerpos de agua	14.63	1.59
<b>Total</b>	<b>924.12</b>	<b>100</b>

El centro poblado urbano ocupa un área de 49.58 hectáreas, lugar donde actualmente se encuentra San Marcos La Laguna equivalente a un 5.38% del total del municipio También se encuentran tres centros poblados rurales que ocupan 53.67 hectáreas del área total del municipio equivalente a 5.83%.

Para la producción de maíz se determinó que el 17.46% del total del municipio de San Marcos La Laguna equivalente a 160.82 hectáreas esta siendo utilizado para la producción de maíz, 2.72 hectáreas para producción de frutales de clima templado como el café y 12.60 hectáreas de matorrales.

Los cuerpos de agua que se encuentran en el municipio de San Marcos La Laguna, ocupan un área de 14.63 hectáreas.





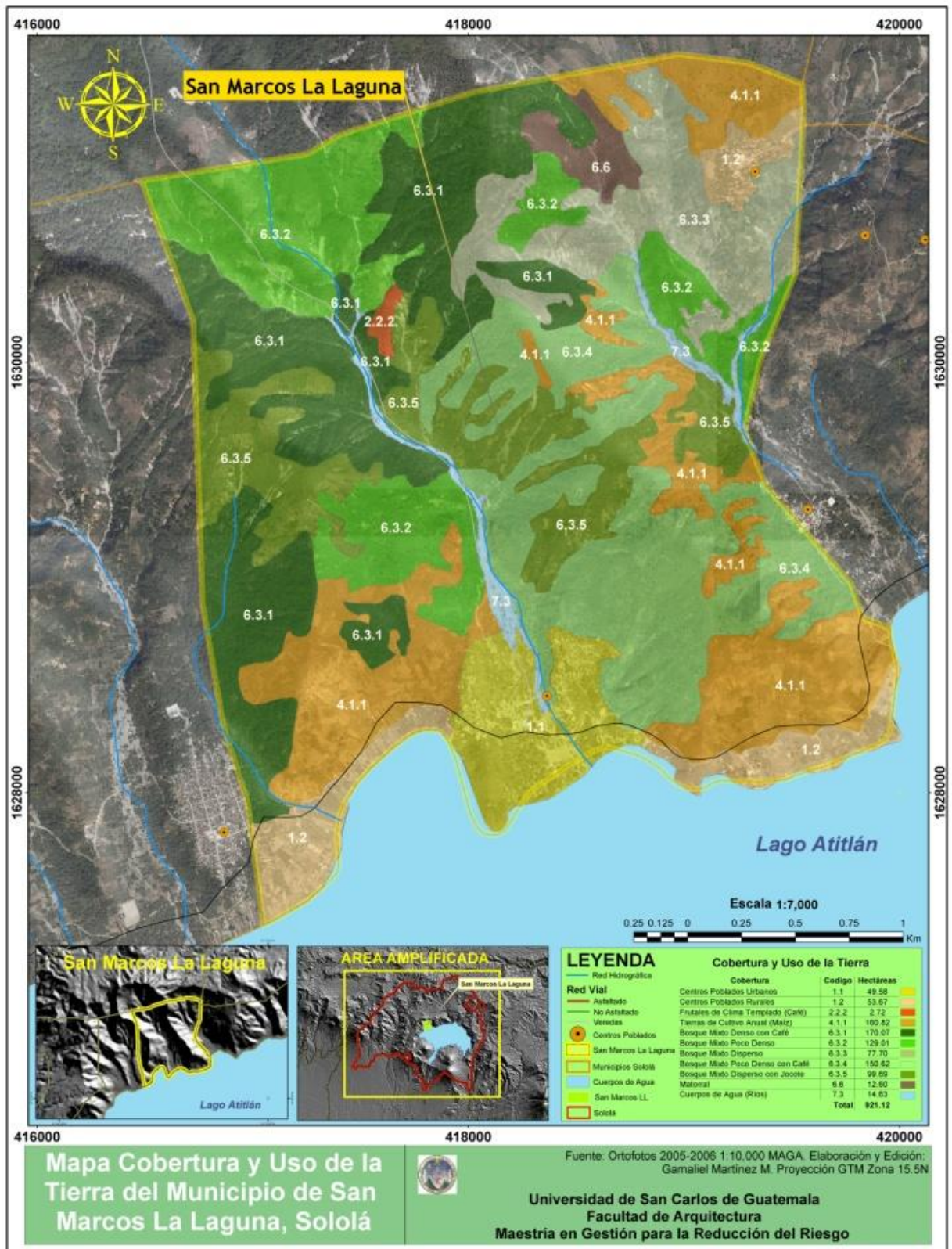


Figura 15. Mapa de cobertura y uso actual de San Marcos La Laguna



## 12.5 Cobertura forestal

En el análisis de cobertura forestal del el municipio de San Marcos La Laguna se identificaron cinco tipos de bosque en los que se determinaron las siguientes especies forestales: Pino (*Pinus ayacahuite*), Cipres (*Cupressus sp*), Canoj (*Nectandra sp* ó *Phoebe sp*), Granadilla (*Terminalia longia*), Aguacate (*Persea sp*), Cushin (*Inga sp*), Encino (*Quercus sp*). (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2007)

Cuadro 12. Cobertura Forestal San Marcos La Laguna

Tipo de bosque	Hectáreas	%
Bosque denso mixto con café	170.07	27.12
Bosque mixto poco denso	129.01	20.57
Bosque mixto disperso	77.70	12.39
Bosque mixto poco denso con café	150.62	24.02
Bosque mixto disperso con Jocote	99.69	15.90
<b>Total</b>	<b>627.09</b>	<b>100</b>

Fuente elaboración propia.

- **Bosque Cerrado ó Denso:** Árboles mayores de 5 metros de altura, con sus copas traslapadas entre sí, generalmente con una cubierta arbórea entre 60 y 100%.
- **Bosque poco denso:** Árboles mayores a 5 metros de altura, generalmente con una cubierta arbórea entre 40 y 60%.
- **Bosque disperso:** Árboles mayores a 5 metros de altura, generalmente con una cubierta arbórea menor al 40%.
- **Bosque de coníferas:** Se denomina al bosque en el que las especies de coníferas predominan en el 75% del área.
- **Bosque de latifoliado:** Se denomina al bosque en el que las especies latifoliadas predomina en el 75% del área.
- **Bosque mixto:** Bosque en el cual ni coníferas, ni latifoliadas, ni palmeras o bambúes representan más del 75 por ciento de la cobertura total del área. (FAO, 1998)





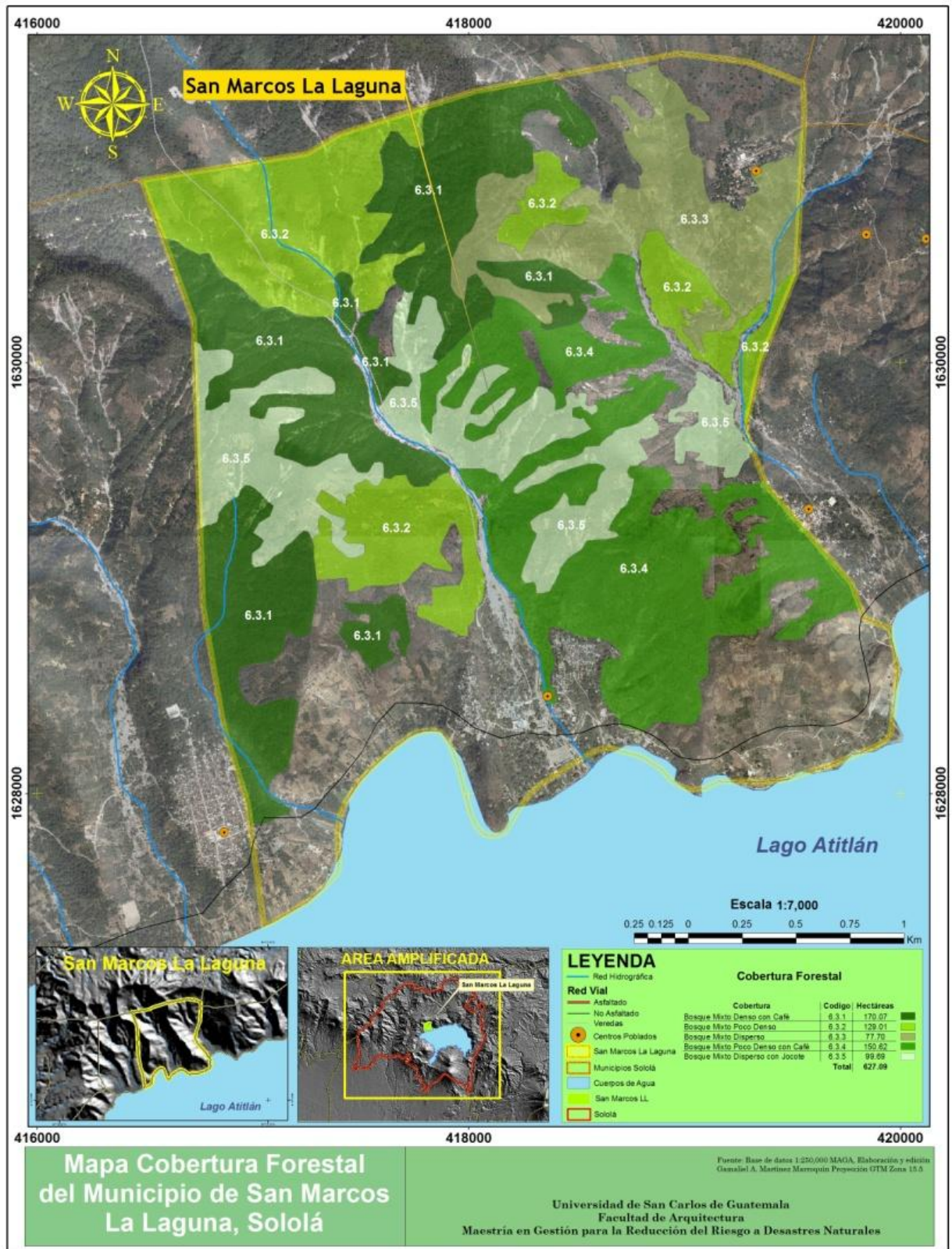


Figura 16. Mapa de cobertura vegetal del municipio de San Marcos La Laguna



## **12.6 Intensidad de uso**

Para determinar las categorías de intensidad de uso del suelo fue necesario sobreponer el mapa de cobertura y uso de la tierra con el mapa de capacidad de uso de la tierra del municipio de San Marcos La Laguna.

De acuerdo con lo anterior se estimó que 423.99 hectáreas equivalente al 46.07% del área total del municipio están siendo utilizadas correctamente, 256.84 equivalente a al 27.91% están siendo sub utilizadas y 224.78 hectáreas equivalente a 24.43% del municipio está siendo sobre utilizada.

De las áreas sobre utilizadas en el municipio de San Marcos La Laguna se estimó que 160.82 hectáreas equivalente al 71.54% de estas áreas, están siendo utilizadas para la producción de Maíz.

Parte del casco urbano del municipio de San Marcos La Laguna que corresponde a 12 hectáreas equivalente al 5.33 % del área que se encuentra sobre utilizada, lo los poblados urbanos también se encuentran en áreas sobreutilizadas que corresponden a 19.70 hectáreas equivalente a 8.76% de las áreas que se encuentran sobreutilizadas.

Otros usos que se le están dando al uso por encima de su capacidad son: bosques mixtos dispersos con jocote, bosque mixto poco denso y bosque mixto disperso, que corresponde a 32.26 hectáreas, equivalente a 14.37% del total de las áreas sobreutilizadas.





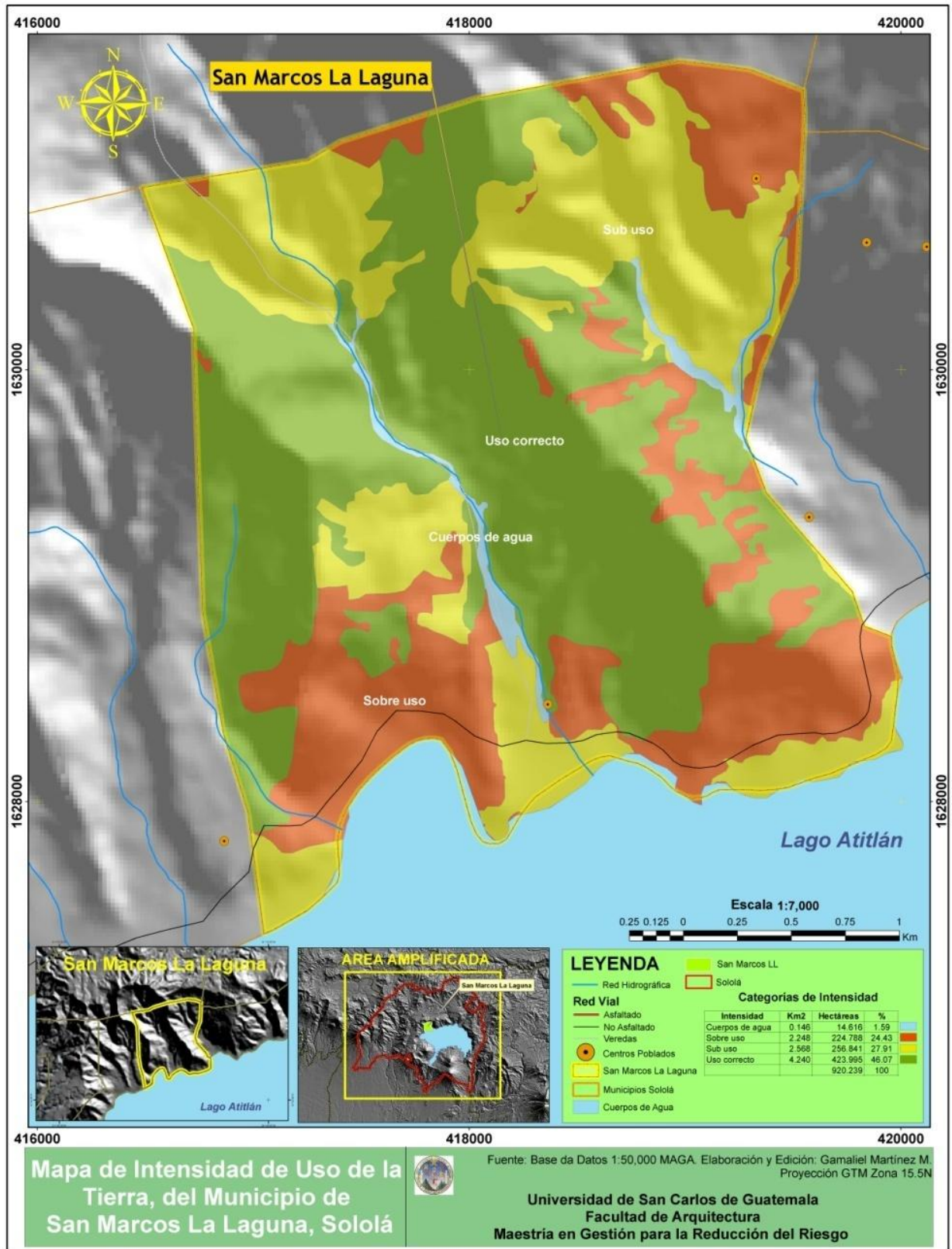


Figura 17. Mapa de Intensidad de uso de la tierra de San Marcos La Laguna



## **12.7 Mapa de susceptibilidad a deslizamientos**

Es importante indicar que según el mapa de susceptibilidad a deslizamientos a realizado con apoyo de la ONG Vivamos Mejor, indica que aproximadamente el 43% del área del municipio de San Pedro La Laguna se encuentra en riesgo medio, el 37% en riesgo crítico un 8 % en riesgo alto y un 12% en riesgo bajo a sufrir deslizamientos.

De acuerdo con los resultados de las zonificaciones de amenazas estos serán utilizados para la elaboración de planes y normas de ordenamiento territorial, códigos de construcción y guías y manuales de información pública.

En general, aquellas zonas que muestren los niveles más altos de amenaza a sufrir algún evento dañino (deslizamientos, inundaciones, etc.) no deberían ser utilizadas para el desarrollo de infraestructura o para la implementación de actividades productivas. En su lugar, estas áreas de alta amenaza deberían ser utilizadas como áreas verdes, zonas de reforestación, manejo ambiental o cualquier otro uso que no represente peligro para las personas o sus bienes.

Aquellas zonas con niveles críticos de amenaza podrían ser utilizadas para actividades productivas siempre y cuando se implementen las medidas de mitigación apropiadas. En el caso de zonas con niveles críticos de amenaza ante deslizamientos, se deberá realizar una evaluación geotécnica de mayor detalle para determinar el diseño, extensión y características de tales medidas de mitigación. Estas pueden variar desde medidas relativamente simples como la reconfiguración de la ladera (para disminuir la pendiente) hasta muros de contención o anclaje de rocas. Muchas veces, el manejo adecuado de las aguas de lluvia a través de canalizaciones y cunetas y la protección de los taludes más críticos (con muros tipo gavión, barreras vivas, electro-malla, etc.) son medidas muy efectivas y de bajo costo. En cualquier caso, estos estudios y análisis geotécnicos deberían ser parte integral del proyecto de desarrollo y considerarse dentro del estudio de impacto ambiental (EIA).



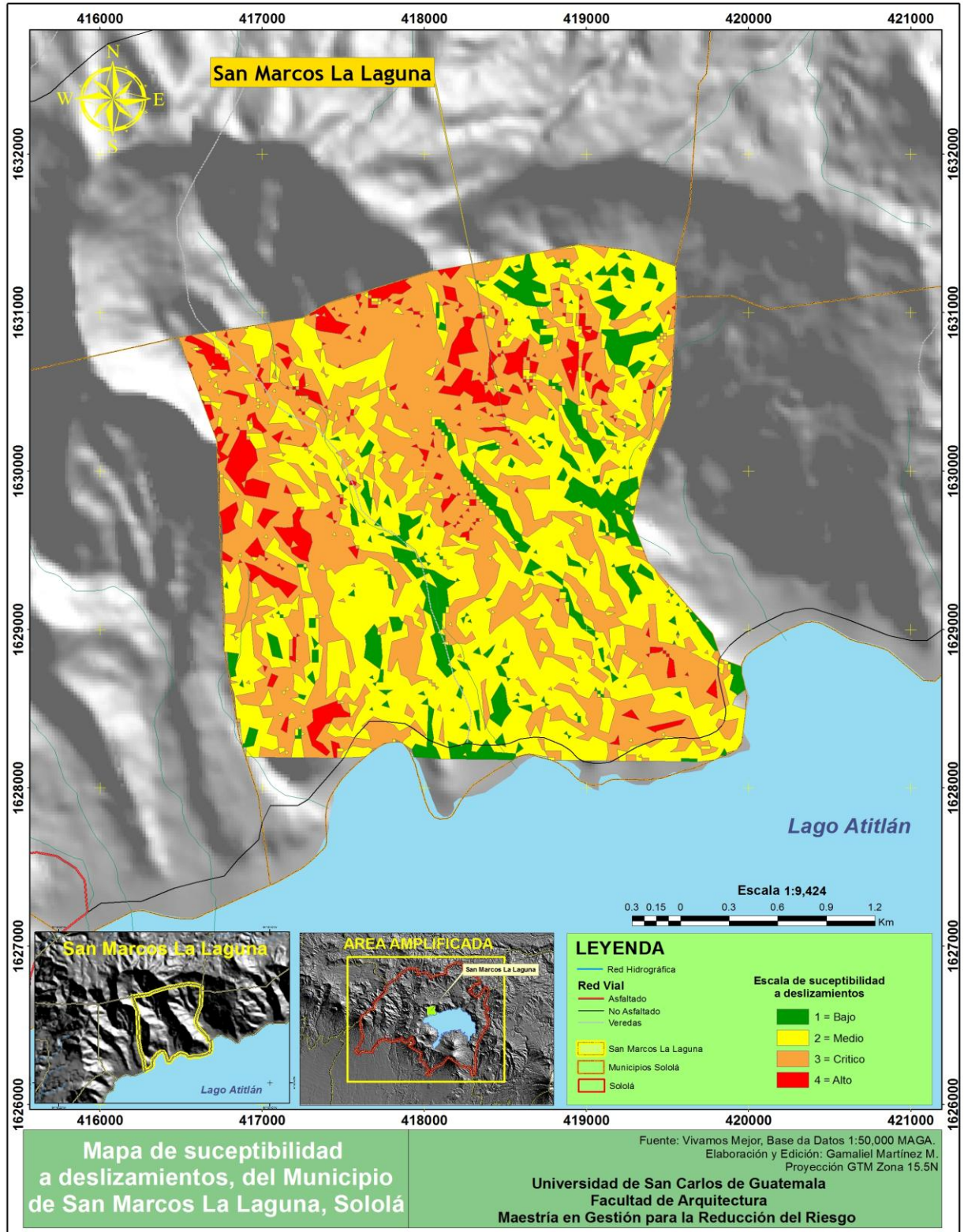


Figura 18. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos de San Marcos La Laguna





Finalmente, aquellas áreas que sean definidas como de baja amenaza podrán ser utilizadas para actividades productivas y de desarrollo en general siempre enmarcándose en los planes municipales de ordenamiento del territorio.

**Cuadro 13. Resumen de susceptibilidad a deslizamientos del municipio de San Marcos La Laguna**

<b>Categoría</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>%</b>	<b>Descripción/uso</b>
Bajo	110.88	12	Actividades productivas agrícolas o constructivas.
Medio	397.32	43	Actividades productivas agrícolas con prácticas de conservación de suelo
Critico	341.88	37	Actividades productivas agrícolas-forestales con las medidas de mitigación necesarias. Evaluación geotectónica para determinar las medidas de medidas de mitigación.
Alto	74.04	8.01	No debiera ser utilizada para infraestructura e implementación de actividades productivas. Zonas conservación
Total	924.12	100	

Fuente: Mora C., S., & Vahrson, W. (1994).

## **12.8 Propuesta de ordenamiento**

Esta propuesta de ordenamiento territorial se refiere a un conjunto de acciones concertadas emprendidas por la región y las entidades territoriales, para orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos, buscando su desarrollo socioeconómico y teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio y la armonía con el medio ambiente”. A continuación se describen los resultados obtenidos del proceso de modelación espacial de ordenamiento del territorio.

Las categorías de propuesta de ordenamiento territorial, fueron desarrolladas De acuerdo con los criterios de conflictos de uso del territorio, uso a capacidad, sobreuso del suelo y subuso del suelo. A continuación, se presentan las categorías de ordenamiento del territorio, las cuales responden a criterios socioeconómicos y biofísicos, tomando en cuenta los criterios de desarrollo

sostenible, para garantizar la permanencia de los recursos naturales en el tiempo, que permita el desarrollo de las poblaciones existentes en el territorio.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la taxonomía de suelos, la capacidad de uso, el uso actual y la propuesta de ordenamiento para cada unidad fisiográfica.



**Cuadro 14. Resumen de las características de las unidades cartográficas.**

No.	Código de la Unidad	Unidad	Área (ha.)	Taxonómica de Suelos	CUT/USDA	Cobertura y Uso de la Tierra	Propuesta de ordenamiento
1	MJOg3	Ladera San Marcos La Laguna Norte	36.14	Typic Haplustands	VIII-ec	✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Bosque mixto poco denso	✓ Parque regional Municipal Cerro Papa ✓ Parque regional Municipal Cerro Papa
2	MSOfp1	Ladera San Marcos la Laguna Noreste	17.14	Typic Haplustands	VIII-es	✓ Bosque mixto disperso ✓ Tierras de cultivo anual ✓ Centro poblado Rural ✓ Cuerpos de agua	✓ Bosque de protección ✓ Agroforestería (Anuales, Hortalizas, Frutales) ✓ Centro poblado Rural ✓ Bosque de galería
3	MSOg3	Ladera San Marcos La Laguna Norte	318.47	Typic Haplustands	VII-e	✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Tierras de cultivo anual ✓ Bosque mixto poco denso ✓ Bosque mixto disperso con Jocote ✓ Cuerpos de agua	✓ Parque regional Municipal Cerro Papa ✓ Agroforestería (Anuales, Hortalizas, Frutales) ✓ Parque regional Municipal Cerro Papa ✓ Bosque mixto con agroforestería (Café y sombra) ✓ Bosque de galería
4	MQOf3	Ladera San Marcos La Laguna Central y Suroeste	263.05	Vitrandic Ustorthens	VII-e	✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Tierras de cultivo anual ✓ Centros poblados rurales ✓ Bosque mixto poco denso con Café ✓ Bosque mixto disperso con Jocote ✓ Bosque mixto poco denso ✓ Cuerpos de agua	✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Agroforestería (Anuales, Hortalizas, Frutales) ✓ Centros poblados rurales ✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Bosque mixto con agroforestería (Café y sombra) ✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Bosque de galería
5	MQOg3	Ladera San Marcos La Laguna Este	137.53	Typic Haplustands	VII-e	✓ Boque denso con Café ✓ Tierras de cultivo anual ✓ Bosque mixto poco denso con Café ✓ Bosque disperso con Jocote ✓ Bosque mixto poco denso ✓ Bosque mixto disperso	✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Agroforestería (Anuales, Hortalizas, Frutales) ✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Bosque mixto con agroforestería (Café y sombra) ✓ Bosque mixto denso con Café ✓ Bosque mixto denso con Café
6	MQOgp2	Ladera San Marcos La Laguna Este	6.62	Typic Haplustands	VIII-es	✓ Bosque mixto poco denso ✓ Cuerpos de agua	✓ Bosque de protección ✓ Bosque de galería
7	MQYcp1	Planicie aluvio-coluvial San Marcos La Laguna Este	12.99	Typic Ustifluvents	V-s	✓ Bosque mixto disperso con Jocote ✓ Bosque mixto poco denso ✓ Cuerpos de agua ✓ Tierras de cultivo anual	✓ Bosque mixto con agroforestería (Café y sombra) ✓ mixto denso con Café ✓ Bosque de galería ✓ Agroforestería (Anuales, Hortalizas, Frutales)
8	MQYcp2	Planicie aluvio-coluvial San Marcos La Laguna Sur	16.77	Typic Ustifluvents	V-s	✓ Centros poblado urbano ✓ Centro poblado rural ✓ Bosque mixto denso con café ✓ Cuerpos de agua	✓ Centro poblado urbano ✓ Centro poblado turístico ✓ Bosque mixto denso con café ✓ Bosque de galería
9	MQYcp2	Planicie aluvio-coluvial San Marcos La Laguna Oeste	5	Typic Ustifluvents	V-s	✓ Centros poblados rural ✓ Cuerpos de agua ✓ Bosque mixto denso con café	✓ Centro poblado turístico ✓ Bosque de galería ✓ Bosque mixto denso con café
10	MQGe1	Planicie Inclinada Nuevo Barrio Chulemá	20.74	Typic Humustepts	VI-e	✓ Bosque mixto poco denso ✓ Bosque denso con café ✓ Tierras de cultivo anual	✓ Bosque mixto denso con café ✓ Bosque mixto denso con café ✓ Agroforestería (Anuales, Hortalizas, Frutales)
11	MSGe1	Planicie Inclinada San Marcos La Laguna Noreste	25.73	Typic Haplustands	VI-e	✓ Tierras de cultivo anual ✓ Centro poblado rural	✓ Agroforestería (Anuales, Hortalizas, Frutales) ✓ Centro poblado rural
12	MQGep	Planicie Inclinada San Marcos La Laguna Sureste	20.02	Typic Humustepts	VI-s	✓ Tierras de cultivo anual ✓ Centros poblados urbanos	✓ Agroforestería (Anuales, Hortalizas, Frutales) ✓ Centro Poblado turístico

**Fuente: Elaboración propia**

Gamaliel A. Martínez Marroquín  
Gamartinez1@hotmail.com

### **12.8.1 Sistemas agroforestales (Cultivos anuales - hortalizas- frutales) (1.1)**

Actualmente las áreas utilizadas para producción de maíz (*Zea Mays* L.) (160.82 Ha) cuentan con pendientes mayores a 32%, De acuerdo con la metodología de clasificación de tierras por capacidad de uso de -USDA-, son suelos propensos a erosión debido a que no cuentan todo el tiempo con cobertura vegetal, poseen severas limitaciones para uso agrícola debido a que no pueden ser arados. Dicha metodología recomienda que este tipo de suelos sean utilizados para, bosques de producción y/o cultivos permanentes.

Para evitar que estos suelos sigan presentando riesgos por deslizamientos a los pobladores por encontrarse en la periferia de los centros poblados del municipio de San Marcos La Laguna, es necesaria la restitución de la vegetación a través del establecimiento de sistemas agroforestales. Dichos sistema se refieren al manejo de cultivos permanentes (Café, pino encino), cultivos anuales agrícolas propios del área (Hortalizas) que pueden generar beneficios económicos a la población y actividades pecuarias (Aves de corral) con el propósito de generar sinergismo entre los componentes de productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales, no-comerciales y sociales.

Es importante mencionar que los sistemas agroforestales se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente, alterando al mínimo la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, como consecuencia, mejorar el nivel de vida de la población rural. En consecuencia, persiguen objetivos tanto ecológicos como económicos y sociales (Renda, 1997).

### **12.8.2 Bosque mixto denso con café (1.5)**

Una de las actividades productivas principales del municipio de San Marcos La Laguna es la producción de café en asocio con especies maderables leñosas de la familia Fabaceae (Ingas spp) que sirven de sombra para que el cultivo se desarrolle adecuadamente y que en el sean una alternativa de bosques energéticos.

Actualmente la producción de café se realiza en áreas en donde el bosque es mixto con cobertura densa y poco densa, por lo tanto en las áreas en donde el bosque sea mixto poco denso y se esté o no cultivando café se recomienda realizar un enriquecimiento con especies forestales de sombra para café para lograr que la cubierta arbórea aumente entre el 60 y 100% con el objetivo de minimizar el riesgo a deslizamientos que puedan afectar a la población del municipio de San Marcos La Laguna, considerando que una parte de los bosques poco densos circundan las áreas pobladas del municipio.

Esta propuesta a parte de promover el establecimiento del cultivo de café en el bosque poco denso para mejorar las condiciones económicas de los pobladores del lugar, también estamos garantizando el abastecimiento de combustible (leña) a los pobladores al momento que realicen las practicas silviculturales que correspondan, además de promover el desarrollo de cubierta vegetal a través de actividades productivas para evitar que se degrade el suelo por efectos de la erosión hídrica.

### **12.8.3 Bosque mixto con agroforestería (Café y sombra 1.4)**

La propuesta productiva para esta área es impulsar un sistema de agroforestería, el cual consiste en diversas prácticas del uso de la tierra en la que en las que se combinar árboles con cultivos en función del tiempo y del espacio.

Actualmente esta área cuenta con bosque mixto disperso con jocote, De acuerdo con lo anterior se propone realizar un enriquecimiento del área con árboles maderables comerciales, aumentar la densidad del cultivo de jocote, u otro frutal como aguacate y café para aumentar la cobertura vegetal de bosque mixto disperso a bosque mixto denso, con el objetivo que el suelo no se siga degradando, garantizar el suministro de la energía necesaria (leña) para la familias del municipio a través de podas y raleos realizados a los árboles maderables o frutales y con la obtención de estos productos mejorar economía de la familia a través de una producción más diversificada.

#### **12.8.4 Bosque de galerías - gaviones (1.2)**

Los bosques de galería son bosques distribuidos a lo largo de los ríos y que tienen como objetivo de proteger las riveras de los ríos. Esta propuesta se baso en los lineamientos técnicos para la Administración forestal en áreas protegidas, el cual establece que para ríos se deben dejar 20 metros de cobertura forestal a cada lado de los ríos en toda su longitud, que equivale en este caso a 14.61 hectáreas.

También se propone la construcción de gaviones en las riveras de los ríos Seco y La Cañada que atraviesan el municipio de San Marcos La Laguna, para evitar que por efectos de erosión hídrica se pierdan capas fértiles de suelo, se trasporten materiales y derrumbes en los márgenes del río, además de proteger a la población contra crecientes e inundaciones.

#### **12.8.5 Bosque de protección (1.3)**

El objetivo de esta propuesta es garantizar la protección de la parte alta del municipio de San Marcos La Laguna contra los deslizamientos. En esta área solo se permitirá para mantenimiento de hábitats de vida silvestre y recreación.

### **12.8.6 Parque regional municipal Cerro Papá (1.9)**

La propuesta de manejo se basa en el acuerdo Municipal 006-2002 de la Municipalidad de San Marcos La Laguna, el cual establece crear el Parque Regional Municipal denominado “Papá”. (The nature conservancy TNC, Asociación patronato Vivamos Mejor, Agencia de Estados Unidos para el desarrollo Internacional, 2005)

Actualmente el parque regional ya cuenta con un estudio técnico el cual ya fue ingresado a CONAP para que se lleve a cabo el proceso de inscripción y declaratoria de área protegida para que lo ingresen al SIGAP

Dicho acuerdo tiene como objetivo la preservación del recurso hídrico el cual es importante para la población, debido a que se encuentra en la parte alta del municipio, el cual es considerado por los pobladores una zona de alta captación hídrica, además de promover el ecoturismo en el parque para beneficio de las comunidades y valorar y conservar los lugares sagrados.

### **12.8.7 Centro Poblados (1.6,1.7,1.8)**

Esta propuesta está encaminada en mejorar la infraestructura del municipio de San Marcos La Laguna (Calles, Muelle, Sistema de agua potable) para mantener y mejorar las condiciones para el turismo, ya que una buena parte de la población percibe recursos económicos de esta actividad.

También es importante que la Municipalidad de San Marcos La Laguna, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP- impulse el manejo de desechos sólidos, aguas grises y negras para mejorar las condiciones de salud de la población.

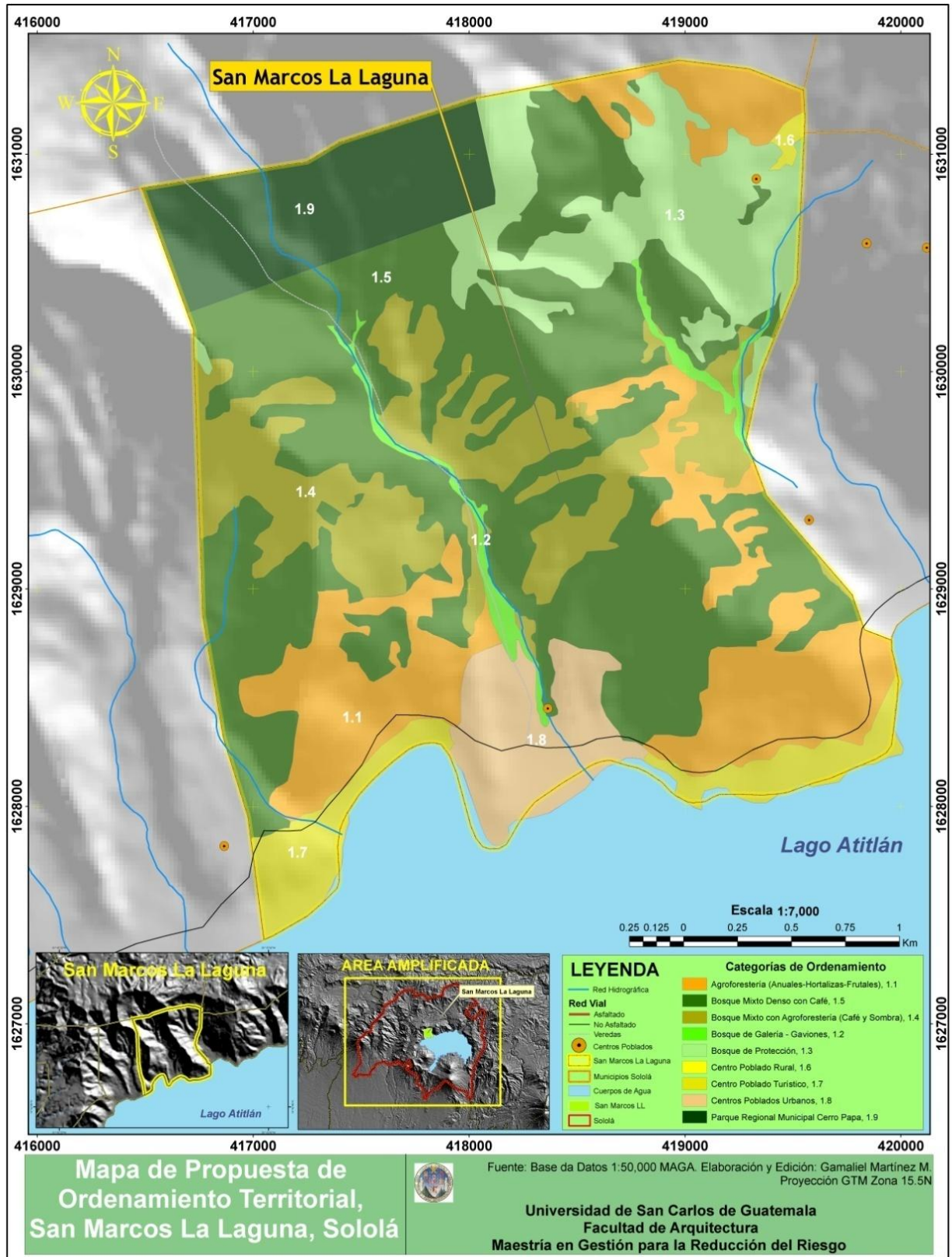


Figura 19. Mapa de propuesta de ordenamiento territorial de San Marcos La Laguna.





### **13. Propuesta de proyectos**

#### **13.1 Proyecto de buenas prácticas de conservación del suelo para producción.**

**Descripción del proyecto:** Que los agricultores conozcan los sistemas actuales de producción de bajo impacto, ya que los que actualmente para obtener altos rendimientos utilizan en los cultivos de Maíz y Café los productores aplican grandes cantidades de agroquímicos, los cuales contaminan los mantos acuíferos que desembocan en el lago de Atitlán. Asimismo las malas o inexistentes prácticas de conservación de suelo, provocan que éste se degrade.

**Objetivo:** Implementar un sistema de producción agrícola con buenas prácticas de conservación del suelo para mejorar la producción, calidad de vida de los pobladores, evitar contaminación de cuerpos de agua y la degradación del suelo.

**Actividades:** se deben de iniciar talleres para explicarle a la población la importancia de las buenas prácticas de conservación del suelo, talleres sobre cómo realizar estructuras de conservación del suelo (barreras vivas, barreras muertas) para evitar la erosión. Para la producción de granos básicos se usará semilla criolla debido a que se adaptan de mejor forma a las condiciones del área.

#### **13.2 Proyecto de agricultura permanente con sistemas agroforestales.**

**Descripción del proyecto:** contempla la implementación de nuevos Sistemas Agroforestales -SAF- a través de la promoción de cultivos anuales del área como papa, zanahoria, remolacha y cultivos permanentes como Café, Jocote y Aguacate.

**Objetivo:** Mejorar el sistema tradicional de producción de Café implementando SAF para reducir la pérdida del suelo y aumentar la cobertura vegetal.

**Actividades:** Para el desarrollo de cultivos permanentes se mejorará la siembra de café en lugares donde existan claros, realizando prácticas de conservación de suelos. Para cercos vivos se utilizarán frutales como el Café, Aguacate y Jocote. Se sugiere que las plantas sean adquiridas en la región. Para el establecimiento de los árboles frutales deberán realizarse actividades de limpieza de terreno y trazo.

### **13.3 Proyecto de reforestación y manejo de regeneración para protección**

**Descripción del proyecto:** El programa de reforestación y manejo de regeneración para protección de nacimientos, Parque Regional Cerro Papá, Áreas sin cobertura forestal con el objeto de promover la captación hídrica.

**Objetivo:** Propiciar la recarga hídrica, disminución de deslizamientos y promover incentivos forestales a la población a través del Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras Forestales -PINPEP-.

**Actividades:** Inicialmente se deberán ubicar las áreas o parches que se encuentren dentro del bosque que no posean cobertura forestal por efectos de deslizamientos y se deberá realizar un plan de manejo de estas áreas que incluyan actividades de corto, mediano y largo plazo.

### **13.4 Proyecto de manejo forestal para el aprovechamiento de bosque remanente**

**Descripción del proyecto:** Este proyecto se refiere al manejo de bosques cuya aptitud sea la de forestal de producción y que cumplan con los lineamientos establecidos en el Manual para la administración Forestal en Áreas Protegidas del CONAP.

**Objetivo:** Realizar planes de manejo forestal en áreas que tengan aptitud de forestales de producción para mejorar los niveles económicos de los pobladores a través de la venta de leña y madera.

**Actividades:** Dentro de las actividades planificadas se debe cumplir con las especificaciones del CONAP.

- a. Elaboración de Plan de Manejo Forestal Elaborado por un regente forestal
- b. Registro de la Propiedad o documento que ampara la tenencia
- c. Formulario de Evaluación Ambiental o Formulario de Evaluación Inicial Ambiental (depende de la cantidad del volumen a extraer)

### **13.5 Organización y administración del programa propuesto**

Para ejecutar los diferentes proyectos propuestos, se considera necesario que la Municipalidad, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales conformen una oficina de proyectos, esto puede ser la Oficina de Medio Ambiente de la Municipalidad de San Marcos La Laguna, la cual deberá auditar los componentes administrativos y técnicos de cada proyecto. Esta estructura deberá localizar los posibles colaboradores económicos, utilizar racionalmente los recursos y definir responsabilidades.

#### **14. Estrategia de conservación del suelo para evitar deslizamientos.**

Las estrategias para reducir deslizamientos están enfocadas en la conservación, y manejo sostenible de los recursos naturales

##### **14.1 Programa de manejo de Bosques y fuentes de agua**

Cuadro 15. Programa de bosques y fuentes de agua

<b>Objetivos estratégico</b>	<b>Estrategias</b>
Regular la extracción de árboles maderables, plantas no maderables y animales silvestres de parte de los pobladores del municipio de San Marcos La Laguna.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Fortalecer el control y vigilancia en el municipio de San Marcos La Laguna.</li><li>2. Promover alternativas con fines de manejo agroforestal.</li><li>3. Desarrollar planes de información, capacitación y educación ambiental para guarda recursos, parcelarios y estudiantes.</li><li>4. Desarrollar un sistema de monitoreo ecológico y de amenazas de las condiciones de los elementos naturales: bosque, agua y suelo.</li><li>5. Establecer normativas y regulaciones de extracción de los recursos naturales (leña, madera principalmente).</li></ol>
Manejo y uso del fuego	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Fortalecer el manejo del fuego a través de la prevención, control y combate de incendios forestales.</li></ol>

Fuente: Modificado de Vivamos Mejor 2005

##### **14.2 Programa de valorización cultural**

Cuadro 16. Programa de valorización cultural

<b>Objetivos estratégico</b>	<b>Estrategia</b>
Promover los valores culturales de la comunidad con énfasis en la valorización de la naturaleza y el ser humano	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Establecer mecanismos de valorización de la cultura local a través del ecoturismo.</li></ol>

Fuente: Modificado de Vivamos Mejor 2005

##### **14.3 Programa gerencial administrativo**

Cuadro 17. Programa gerencial administrativo

<b>Objetivos estratégico</b>	<b>Estrategias</b>
Fortalecer la administración pública y la organización comunitaria para el manejo de los recursos naturales.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Establecer un sistema de gestión administrativo del municipio de San Marcos La Laguna.</li><li>2. Establecer mecanismos de coordinación con instituciones vinculadas con el manejo de los recursos naturales productivos y culturales.</li></ol>

Fuente: Modificado de Vivamos Mejor 2005

## **15. Conclusiones**

- ✓ De acuerdo con la metodología para la elaboración de estudios de capacidad de uso de la tierra propuesta por USAD, se determinó que en el municipio de San Marcos La Laguna 36.46 hectáreas pertenecen a la clase III, 28.11 hectáreas a la clase V, 88.16 hectáreas a la clase VI, 718.27 hectáreas a la clase VII, 48.73 hectáreas a la clase VIII.
- ✓ Los usos que actualmente se le dan a la tierra del municipio de San Marcos La Laguna son: 1.- Centros poblados urbanos y rurales, 2.- Frutales de clima templado (café), 3.- Tierras de cultivos anuales (maíz) 4.- Bosque mixto denso con café, 5.- Bosque mixto poco denso, 6.- Bosque mixto poco disperso, 7.- Bosque mixto poco denso con café. 8.- Bosque mixto disperso con jocote, 9.- Matorral y 10.- Cuerpos de agua.
- ✓ Según el análisis de pendientes, profundidades y características físicas del suelo se determinó que 224.77 hectáreas del municipio de San Marcos La Laguna, están sobre utilizadas, 256.84 hectáreas están sub utilizadas y 423.99 hectáreas están siendo utilizadas correctamente.
- ✓ Aproximadamente el 43% del área del municipio de San Marcos La Laguna se encuentra en riesgo medio, el 37% en riesgo crítico un 8 % en riesgo alto y un 12% en riesgo bajo a sufrir deslizamientos,
- ✓ La propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola contempla 7 categorías de manejo: 1.- Agroforestería (cultivos anuales-hortalizas-Frutales), 2.- Bosque mixto denso con café, 3.- Bosque mixto con Agroforestería (Café y sombra), 4.- Bosque de Galería, 5.- Bosques de protección, 6.- Parque regional Cerro Papa y 7.- Centros poblados urbanos y rurales con las cuales se espera reducir los deslizamientos.

## **16. Recomendaciones**

- ✓ La jerarquización de proyectos que surjan de este estudio dependerá no sólo de la urgencia que manifiesten los pobladores, sino que también de la posibilidad real para ejecutarlos.
- ✓ Para cada alternativa de solución, que se proponga como proyecto, deben existir programas o perfiles en donde se lleguen a plantear las condiciones específicas para cada uno de ellos.
- ✓ Ante los deslaves, derrumbes que puedan ocurrir, en la medida que continúe el agotamiento de los recursos naturales, se recomienda recuperar las áreas que está siendo utilizadas para producción agrícola.
- ✓ Se deben considerar las áreas a las que se expendrán los poblados, ya que el sector cuenta con antecedentes de deslaves, por lo que se recomienda la intervención de especialistas, para iniciar cualquier proyecto de urbanización, así también desarrollar de planes para el monitoreo hidrometeorológico del área, para realizar estudios relacionados con la hidrología urbana.
- ✓ Que las autoridades municipales presten atención a este tipo de propuestas, ya que su apoyo se torna indispensable en la anuencia y respuesta de la comunidad y de los líderes comunitarios, facilitando la efectividad del proceso de investigación e implementación.
- ✓ El estancamiento en la planificación de San Marcos La Laguna, se debe a la falta de conciencia de la problemática general y la falta de estudios serios que cuenten con el apoyo de las autoridades del municipio, por lo que sobresale en el proceso de esta investigación la evidente importancia que representa la existencia de una propuesta de ordenamiento que integren los estudios y proyectos que se desarrollen en la comunidad.

## 17. Bibliografía

1. Alvarado Cabrera, G. (s.f.). Adecuación de la leyenda de uso de la tierra al medio guatemalteco con base en la leyenda propuesta por la Unión Geográfica Internacional -UIG-. *Facultad de agronomía, USAC*.
2. Alvarado, J. (1998). Estudio para el control y protección de las aguas subterráneas en el valle alto. 124. Cochabamba, Bolivia.
3. Asociacion Vivamos Mejor. (s.f.). *Plan para la atención de emergencias, contingencias y desastres en el municipio de San Marcos La Laguna*.
4. Barillas, E. M. (s.f.). Guía metodológica para la evaluación de zonas susceptibles a deslizamientos disparados por lluvias. Guatemala, Guatemala.
5. Boco, G., & Mendoza, M. (1999). La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán; una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. 32. México, D.F.: UNAM.
6. Bonilla, M. (2008). Caracterización de la escorrentia superficial y modelación hidráulica en dos microcuencas de la cuenca del lago de Atitlán. Sololá, Guatemala: USAC.
7. Buch, M., & Turcios, M. (s.f.). Vulnerabilidad Socioambiental: Aplicaciones para Guatemala. 23. Guatemala, Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
8. Calder, I. (1998). Water resource and land use issues.
9. Centro Nacional de información e Investigación en Desarrollo y Desastres - CENACIDE-. (30 de 05 de 2006). *Scribd*. Recuperado el 3 de Abril de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/32225852/Informe-Final-Agatha-CENACIDE>
10. Chinchilla, R. M. (Junio de 2004). Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, Provincia de San José, Costa Rica. 17. Costa Rica, Costa Rica.
11. Chinchilla, R. M. (s.f.). Fundamentos sobre deslizamientos.
12. Codazzi, I. G. (2010). Recuperado el 15 de junio de 2011, de [http://www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/Glosario#\\_v](http://www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/Glosario#_v)
13. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2007). *Plan Maestro de la reserva de usos múltiple Cuenca Lago de Lago de Atitlán 2007-2011*. Guatemala.
14. Cruden, D., & Varnes, D. (1996). Landslides Types and Processes in Turner, A.K. And Schuster, R.L. (eds.), Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board. 672. Washington, D.C., Estados Unidos.
15. Durang, T., Carrera, F., & Rocha, R. (1998). Evaluación de tierras, estudio del uso y manejo campesino de tierras Andinas; aspectos técnicos y biofísicos. 96. Cochabamba, Bolivia.
16. FAO. (s.f.). Evaluación de tierras para la agricultura en secano. *Boletín de suelos FAO N-52*, 228. Roma, Italia.

- 17.FAO. (1998). Método de clasificación de tierras de alta montaña. *Boletín de suelos FAO N-13*, 35. Roma, Italia.
- 18.Fuentes, R. (2006). Diagnóstico territorial con enfoque sistémico del Departamento de Sololá. Territorio de la cuenca del Lago y territorio del Altiplano. Guatemala.
- 19.Geopetrol S.A. (Agosto de 2007). Estudio hidro-geológico para la implementación de un sistema de monitoreo y alerta ante deslizamientos en asentamientos urbanos del departamento de Guatemala, Centro America. 83. Guatemala, Guatemala.
- 20.Gonzáles, C., & López, C. (1996). Factores ambientales: Funciones y uso de la vegetación en la estabilización de laderas. Jornadas técnicas sobre estabilización de laderas en embalses.
- 21.Gray, D., & Leiser, A. (1982). Biotécnica, protección de taludes y control de erosión. Nueva York, Estados Unidos.
- 22.Greenway, D. (1987). Vegetation and slope stability .
- 23.Instituto de Incidencia Ambiental, Universidad Rafael Landívar. (2003). *Estado actual de los bosques en Guatemala*. Guatemala.
- 24.Intituto Nacional de Bosques. (1997). *Clasificación de tierras por capacidad de uso. Aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala* . Guatemala: INAB.
- 25.Kramer, R., Richter, D., Pattanayak, S., & Narendra, P. (1997). Ecological and economic analysis of watershed protection in estern Madagascar. *Ecological of enviromental management* (49), 277-295.
- 26.León, J. (s.f.). Estudio y control de la erosión hídrica. El papel de la vegetación en la estabilidad de taludes y laderas.
- 27.Macdonald, K., & Witek. (1994). Management options for unstable bluffs in Puget Sound. Coastal erosion management studies. VIII . Washington, Estados Unidos: Washington Department of ecology.
- 28.Ministerio de Ambiente y Recurson Naturales. (2009). Informe ambiental del estado de Guatemala GEO. 285. Guatemala, Guatemala.
- 29.Ministerio de Hacienda y Crédito Público; Instituto Gográfico Agustín Codazzi. (1997). *Bases conceptuales y guía para la formulación del plan de ordenamiento territorial departamental*. Santa Fe de Bogota, Colombia.
- 30.Mohan, G. (9 de Diciembre de 1998). The human factor nature/ Nature not only culprint in Nicaragua's disasters. *Newsday* , pág. 6.
- 31.Mora C., S., & Vahrson, W. (1994). Macrozonation Methodology for landslide Hazard determination:Association of Engineering Geologists Bulletin. XXXI , 1, 59-58.
- 32.Moscoso, R. M. (2007). *Contribución al fortalecimiento del sistema de parques regionales municipales apoyados por la asociación "Vivamos mejor" en los*



- municipios de San Pedro La Laguna, Santa Clara La Laguna, San Marcos La Laguna y San Juan La Laguna Sololá. Guatemala.*
33. PNUD, SEGEPLAN. (s.f.). Recuperado el 2 de Abril de 2011, de <http://www.segeplan.gob.gt/stan/Reconst/PlanReconstSolola.pdf>
  34. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2009). Plan de reconstrucción y reducción de riesgos del departamento de Sololá, basado en el plan de desarrollo sostenible 2006-2007.
  35. Quiroga. (1984). Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor en el distrito de Machaca Provincia Ayopapa. Bolivia.
  36. Richters, J. *Manejo del uso de la tierra en America Central, hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra*. San José, Costa Rica.
  37. Rossiter, D. (1998). Evaluación de tierras. *Universidad Cornell Facultad de Agricultray las ciencias del suelo, de los cultivos y de la atmósfera* . (P. CLAS/LTC, Trad.) Cochabamba, Bolivia.
  38. Sajcabún, R. (2005). Propuesta de nomenclatura y análisis de ordenamiento urbano para el municipio de San Marcos La Laguna, Sololá. *Tesis Arquitectura, USAC* .
  39. Salazar Mondragon, L. G. (s.f.). Modelaje de la amenaza al deslizamiento mediante el sistema de información geografico -ILWIS-. Costa Rica.
  40. Sanchez, R. (Junio de 2005). Diagnostico comunitario de la perspectiva del riesgo del municipio de San Marcos La Laguna, Departamento de Soloá. 35. Guatemala, Guatemala.
  41. SEGEPLAN. (2009). Plan de desarrollo municipal con enfoque territorial (PDM) de San Marcos La Laguna 2008-2018. Guatemala.
  42. SEGEPLAN. (2006). Plan estrategico territorial (PET) de la cuenca del Lago de Atitlán. Guatemala.
  43. SEGEPLAN. (2006). Plan estrategico territorial (PET) del departamento de Sololá. Guatemala.
  44. T.C.Sheng. (1972). A treatment-oriented land capability clasification sheme. *in report on the Latin American watershed madagement seminar , FAO. No TA3112.p.irr.*
  45. The nature concervancy TNC, Asociación patronato Vivamos Mejor, Agencia de Estados Unidos para el desarrollo Internacional. (2005). *Plan de manejo 2003-2007, Parque regional municipal Papá Fidel Sacach Chiyal*. Guatemala.
  46. Tobías Vásquez, H. (1997). Guía de descripción de suelos. *Facultad de agrónomia, USAC* , 73. Guatemala.
  47. Tobías Vásquez, H. (1996). Guía para la descripción de suelos. *Facultad de Agronomia, USAC* . Guatemala.
  48. Tobías, H., & Reynoso Duarte, J. (Mayo de 2008). Instructivo de laboratorio del curso de ordenamiento territorial I. *Facultad de Agronomía, USAC* . Guatemala.

49. Tomas López, J. M. (2008). *Caracterización biofísica y valoración económica preliminar de las fuentes de agua superficial en la parte baja de la subcuenca Limón, Huehuetenango*. Huehuetenango, Guatemala.
50. United State Department of Agriculture. (1999). Clasificación de la taxonomía de la tierra. Estados Unidos.
51. Universidad del Valle de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, . (2006). *Dinamica de la cobertura forestal de Guatemala Durante los años 1991,1996 y 2001 y mapa de cobertura forestal 2001, Fase II Dinámica de la cobertura forestal*. Guatemala.
52. Valenzuela, R. (1989). Proyecto piloto de planificación espacial y diseño de datos catastral; Chillamarca-Tiquipaya. Cochabamba, Bolivia.
53. Valladares, F. (2004). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. *Ministerio de medio ambiente* , 309-334. Madrid, España.
54. Vargas, J. (1999). Sistema de gestión y ordenamiento territorial a través de la teledetección y sistemas de información geográfica para el municipio de Cercado-Cochabamba. *Tesis de grado, Ing. Agr.* , 5-15. Cochabamba, Bolivia.
55. Vásquez, H. (1990). Métodos de levantamientos. *Facultad de Agronomía, USAC* , 6. Guatemala.