

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

Determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa por factores condicionantes y desencadenantes en la parroquia Lloa, del cantón Quito de la provincia de Pichincha

Gabriela Vanessa Loarte Merino

Richard Resl, Ph.Dc, Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Magíster en Sistemas de Información Geográfica

Quito, noviembre de 2013

Universidad San Francisco De Quito

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa por factores condicionantes y desencadenantes en la parroquia Lloa, del cantón Quito de la provincia de Pichincha

Gabriela Vanessa Loarte Merino

Richard Resl, Ph.Dc.
Director de Tesis

Pablo Cabrera, Ms.
Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.Dc.
Director de la Maestría en Sistemas de Información Geográfica

Stella de la Torre, Ph.D.
Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, noviembre de 2013

© DERECHOS DEL AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Gabriela Vanessa Loarte Merino

C. I.: 110360977-0

Quito, noviembre de 2013

DEDICATORIA

A Dios por ser el padre creador y por darme la oportunidad de contribuir en cada una de las etapas de esta vida. A mis padres por ser mis guías, ejemplo y apoyo constante en cada paso de mi formación. A mis hermanos que con sus consejos y apoyo incondicional han permitido la culminación de esta nueva etapa de mi vida y que sirva de ejemplo que con perseverancia se puede conseguir las metas. A mis tres sobrinos que son un incentivo cada día.

Gabriela

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a la Universidad San Francisco de Quito, a través del Programa y equipo UNIGIS, por haber promovido esta maestría, la misma que servirá de mucho en mi campo laboral.

A mi Tutora Ing. Gabriela Ramón por haberme apoyado en el transcurso de estos dos años y que siempre ha estado pendiente por el cumplimiento del desarrollo de esta maestría.

Al Ing. Pablo Cabrera por su dedicación y apoyo a través de sus recomendaciones en la realización de este proyecto de Tesis.

A la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad, Secretaría de Ambiente, CLIRSEN y CONSULTGEO, por la información proporcionada para el desarrollo de esta investigación.

A mis queridos amigos que de una u otra manera fueron apoyo en la culminación de la presente tesis de maestría.

RESUMEN

La Parroquia Lloa se encuentra ubicada en el cantón Quito, en la provincia de Pichincha; esta área se halla intervenida por amenazas naturales como movimientos en masa, sismos, altas precipitaciones y volcánica, además está en proceso de desarrollo de amenazas antrópicas.

Para la presente investigación se utilizó métodos de campo, como la caracterización general del área de estudio; así mismo se realizó trabajo en gabinete, primeramente con el pedido de información a las diferentes instituciones que se encargan de crear información a nivel local y nacional (Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del Municipio de Quito, Secretaría de Ambiente, CLIRSEN, IGM, CONSULTGEO). Así mismo con la información obtenida se le procedió a efectuar un proceso de topología, actualización y en algunos casos la creación de nueva información (Unidades morfométricas).

Con estas coberturas base y con la ayuda de los programas ARCGis y ENVI, se procedió al cálculo y ponderaciones de los factores condicionantes (morfometría Sm, litológico Sl, cobertura vegetal Sc) y desencadenantes (sismicidad Ts, precipitación Tp), los mismos que nos permitieron identificar zonas susceptibles (SD) y de amenaza (Hd) en la parroquia Lloa a través de cálculos investigados para este tipo de susceptibilidad. Se ha reclasificado al mapa de susceptibilidad y de amenaza en 5 categorías: baja, media, moderada, alta y muy alta; deduciendo que este fenómeno en el área de estudio tiene una probabilidad de ocurrencia media.

ABSTRACT

The Lloa parish is located in the canton Quito, in the province of Pichincha; this area is been intervened by natural threats such as mass movements, earthquakes, high precipitations and volcanic, also it is in a process of development of anthropogenic threats.

For the present investigation were used field methods, as the general characterization of the study area, likewise cabinet work was performed, first with the request for information to different institutions responsible to create information at local and national level (Security Secretariat and Governance in the Municipality of Quito, Environment Secretariat, CLIRSEN, IGM, CONSULTGEO). Likewise with the information obtained was proceeded to a process of topology, update and in some cases the creation of new information (morphometric units).

With these basic coverages and with the help of ARCGis and ENVI programs, is proceeded to calculate and weights of conditioning factors (Sm morphometry, Sl lithology, vegetation cover) and triggers (Ts Seismicity, Tp precipitation), the same that helped us to identify susceptibles areas (SD) and threat (Hd) in the Lloa parish through calculations investigated for this type of susceptibility. Has been reclassified the susceptibility map and threat in 5 categories: low, medium, moderate, high and very high, deducting that this phenomenon in the study area has an average occurrence probability.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUCCIÓN	13
1.1 PRESENTACIÓN	13
1.2 ANTECEDENTES.....	14
1.3 PROBLEMA	15
1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN DE LA TESIS.....	16
1.5 OBJETIVOS	16
1.5.1 Objetivo General	16
1.5.2 Objetivos Específicos.....	16
2 FUNDAMENTO TEÓRICO	17
2.1 ZONAS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS DE MASA	17
2.2 TIPOS DE MOVIMIENTOS EN MASA	17
2.3 DESLIZAMIENTOS	19
2.4 REPTACIÓN	20
2.5 DEFORMACIONES GRAVITACIONALES PROFUNDAS	21
2.6 ÍNDICES TOPOGRÁFICOS	22
2.7 FACTORES CONDICIONANTES	22
2.8 FACTORES DESENCADENANTES	26
2.9 INTEGRACIÓN DE DATOS.....	28
2.10 AMENAZAS Y SUSCEPTIBILIDAD	31
2.10.1 Amenazas	31
2.10.2 Susceptibilidad	31
2.11 MODELACIÓN	32
2.12 PROCESAMIENTO DEL SIG	32
3 METODOLOGÍA	33
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	33
3.1.1 Ubicación	33
3.1.2 Clima	34
3.1.3 Flora y Fauna.....	36

3.1.4	Población.....	36
3.1.5	Hidrografía	37
3.1.6	Unidades Morfológicas	39
3.1.7	Áreas Naturales, Cobertura Vegetal - Uso De Suelo	43
3.1.8	Características Geológicas del Área de Estudio.....	49
3.1.9	Amenazas Naturales y Socio Natural.....	58
3.2	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	65
3.3	IMÁGENES SATELITALES UTILIZADAS	66
3.4	ELABORACIÓN DE UNIDADES MORFOLÓGICAS.....	67
3.5	CATEGORIZACIÓN.....	69
3.6	FACTORES DE MODELAMIENTO	69
3.6.1	Factores Condicionantes	69
3.6.2	Factores Desencadenantes.....	78
3.7	INTEGRACIÓN DE FACTORES CONDICIONANTES Y DESCENCADENANTES.....	80
4	RESULTADOS.....	85
4.1	APLICACIÓN DE METODOLOGÍA.....	85
4.2	SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA.....	86
4.3	GRADO DE AMENAZA A MOVIMIENTOS EN MASA	90
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1	CONCLUSIONES	93
5.2	RECOMENDACIONES	95
6	REFERENCIAS	96

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Tipo de Movimiento en Masa.	18
Cuadro 2: Subtipos de Movimientos en Masa.	18
Cuadro 3: Escala de Velocidades.	19
Cuadro 4: Escala de pendientes.....	23
Cuadro 5: Clasificación de Rocas y Suelos con Respecto a la Pendiente	24
Cuadro 6: Clasificación de Rocas	24
Cuadro 7: Propiedades de Rocas y Suelos	25
Cuadro 8: Propiedades Geomecánicas según Varnes.....	25
Cuadro 9: Grado de Meteorización de las Rocas según Varnes.....	26
Cuadro 10: Tipos de Clima (DMQ, 2008. 98 – 99)	35
Cuadro 11: Tasas de Crecimiento Demográfico.	37
Cuadro 12: Censo parroquial Lloa 2010	37
Cuadro 13: Bosque Protectores de Lloa.....	44
Cuadro 14: Niveles de Clasificación de Cobertura Vegetal.....	47
Cuadro 15: Geología.	55
Cuadro 16: Clasificación de la pendiente.....	70
Cuadro 17: Clasificación de la longitud de la vertiente.	70
Cuadro 18: Ponderación de la Pendiente.....	73
Cuadro 19: Ponderación de la Longitud de la Vertiente.	74
Cuadro 20: Ponderación del Factor Morfométrico.....	76
Cuadro 21: Ponderación del Factor Litológico.	77
Cuadro 22: Ponderación del Factor de Cobertura Vegetal.....	78
Cuadro 23: Estaciones cercanas a la parroquia Lloa.....	79
Cuadro 24: Ponderación de precipitaciones.	79
Cuadro 25: Ponderación de Sismicidad.....	80
Cuadro 26: Ponderación de Susceptibilidad.....	88
Cuadro 27: Mapa del peso del Grado de Amenaza.	90
Cuadro 28: Ponderación del Grado de Amenaza.	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Procesos de reptación.	20
Figura 2: Procesos de reptación.	21
Figura 3: Deformaciones gravitacionales profundas.	22
Figura 4: Análisis estadístico de amenaza por deslizamiento realizado en ILWIS.	28
Figura 5: Deformaciones gravitacionales profundas.	30
Figura 6: Uso de SIG para combinación cualitativa de mapas.	33
Figura 7: Ubicación de la parroquia Lloa.	34
Figura 8: Mapa Hidrográfico.	38
Figura 9: Superficie de mesetas, coordenadas X: 768941, Y: 9972629.	39
Figura 10: Superficie disectada de meseta volcánica, coordenadas X: 767319, Y: 9972744, Z: 3057.	40
Figura 11: Relieve volcánico colinado alto, coordenadas X: 767408, Y: 9972205, Z: 3018.	40
Figura 12: Relieve montañoso.	41
Figura 13: Mapa de Unidades Morfológicas.	42
Figura 14: Mapa de Bosques protectores.	45
Figura 15: Porcentaje de Cobertura Vegetal.	47
Figura 16: Mapa de Cobertura Vegetal.	48
Figura 17: Dacita en las coordenadas, Y=771506, Y=9974155, Z=3232.	51
Figura 18: Mapa Geológico - Estructural.	56
Figura 19: Estructura (diaclasa) en las coordenadas, Y=771506, Y=9974155, Z=3232.	58
Figura 20: Mapa de Sismos del 2010, mes de Abril.	59
Figura 21: Mapa de Sismos del 2011, mes de Enero.	60
Figura 22: Mapa de Sismos del 2012, mes de Octubre.	60
Figura 23: Mapa de Sismos del 2013, mes de Marzo.	61
Figura 24: Placas Tectónicas.	62
Figura 25: Mapa Volcánico del Ecuador.	63
Figura 26: Volcán Guagua Pichincha.	64
Figura 27: Apertura de vía Lloa - San Jose.	65
Figura 28: Imágenes RapidEye de la parroquia Lloa.	67
Figura 29: Modelo Topográfico.	68
Figura 30: Clasificación No Supervisada.	68
Figura 31: Mapa de Pendiente.	71
Figura 32: Mapa de Longitud de la Vertiente.	72
Figura 33: Mapa del Factor Morfométrico.	75
Figura 34: Sm: Factor morfométrico.	81
Figura 35: Sc: Factor de Cobertura Vegetal.	81
Figura 36: Sl: Factor Litológico.	82
Figura 37: Ts: Factor Sísmico.	82
Figura 38: Tp: Factor de Precipitación.	83
Figura 39: Mapa del Factor Desencadenante.	84
Figura 40: Mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa.	87
Figura 41: Mapa de Grado de Amenaza.	91

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN

“La evaluación y zonificación de la susceptibilidad o de la amenaza por FRM (Fenómenos de Remoción en Masa), son procesos que consideran los factores naturales y antrópicos relacionados con la ocurrencia de dichos fenómenos, para valorar el nivel de susceptibilidad y de amenaza en una zona, de tal manera que, el producto final sea cual fuere la metodología, exprese de mejor manera las condiciones actuales o futuras de susceptibilidad o de amenaza, representadas por zonas que exponen diferentes niveles de susceptibilidad o de amenaza.” (Bojorque, 2001& Bonnard, 1994).

El Ecuador, se encuentra atravesado por la cordillera de los andes y desde el punto de vista geodinámico regional está en una zona de sismicidad, volcanismo activo y tectonismo; siendo estas áreas con grandes posibilidades de ocurrencia a los movimientos en masa.

Además, otros de los factores que actualmente están incidiendo en los movimientos en masa son los hidrometeorológicos (humedad, precipitaciones e intensidad de lluvias), expansión de los centros urbanos, actividades antrópicas, uso actual del suelo y cobertura vegetal.

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), dentro de sus estudios ha venido realizando investigaciones de análisis, desde una perspectiva física de deslizamientos, derrumbes e inundaciones, a través de la colaboración Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

IG-EPN, IGM, EMMAP, IRD, Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad, Secretaría de Panificación y Secretaría de Riesgos.

Por tanto, en base a los estudios alcanzados se procede a identificar esta área de topografía irregular y a su vez elaborar una metodología que sea fácil, estandarizada, utilizando factores condicionantes y desencadenantes los mismos que nos permitirán calcular las categorías de susceptibilidad (baja, media, mediana, alta, y muy alta).

La interacción de estos factores juegan un papel importante en los movimientos en masa y su grado de susceptibilidad dependen de estos mecanismos; es por esto, que con los resultados de las categorías de susceptibilidad obtenidos se podrá tomar las medidas pertinentes en el área de estudio.

1.2 ANTECEDENTES

El Distrito Metropolitano de Quito, se encuentra atravesando amenazas sísmicas, volcánicas, movimientos en masa e inundaciones; a pesar de la gran cantidad de trabajos existentes, quedan escasos, así mismo se debe tener un estudio cuantitativo de fondo para la reducción de estas variables con la finalidad de reducir futuros riesgos y que se tengan una sustentable gestión.

Una de las amenazas son los movimientos en masa, los mismos que son procesos de desplazamiento gravitatorios de partes del terreno causados por diferentes factores relieve, lluvias, actividades antrópicas, movimientos sísmicos, cobertura vegetal entre otras. Todas

estas variables o factores, han sido estudiadas pero no a profundidad y dándole los pesos necesarios para se tenga un detalle de prevención en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Por lo tanto es necesario recolectar, investigar y crear información que sea relevante para esta investigación. Así mismo debe ser parte de la gestión de los de riesgos en promover la investigación detallada y actualizada de los movimientos en masa para así tener una planificación adecuada y que promueva el desarrollo territorial del DMQ.

Por tanto, los factores condicionantes y desencadenantes serán los que ayuden a definir el tipo de movimiento y el grado de afectación, los mismos determinarán la susceptibilidad a los movimientos en masa en este caso del Distrito Metropolitano de Quito.

1.3 PROBLEMA

La parroquia Lloa se encuentra con una amenaza latente relacionada a movimientos en masa, producto de factores condicionantes y desencadenantes (condiciones climáticas, litológicas, relieves, factores geomecánicos, meteorización y actividades humanas desempeñadas), entre ellos el crecimiento y expansión desordenada de la ciudad, generando altos grados de vulnerabilidad, por tanto afectaciones a la parte social y ambiental. Estos sucesos de movimientos en masa pueden ocurrir en cualquier momento, por lo que se cree conveniente realizar un análisis de susceptibilidad en el área de estudio por ser una zona vulnerable, aplicando diferentes técnicas que ayuden al análisis del problema y a su vez sirva para la toma de decisiones.

1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN DE LA TESIS

- ✓ Qué factores desencadenantes y condicionantes influirán a los movimientos en masa en esta área.
- ✓ Qué áreas son susceptibles a movimientos en masa.
- ✓ La metodología a emplearse servirá para trabajos futuros en esta problemática.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa por factores condicionantes y desencadenantes en la parroquia Lloa, del cantón Quito de la provincia de Pichincha.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar las principales formas de relieve en área de estudio, a través de variables topográficas.
- Establecer y analizar los diferentes factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos en masa del en la parroquia Lloa.
- Elaboración de mapas de factores condicionantes y desencadenantes, que intervienen en los movimientos en masa.
- Realizar un análisis previo del clima, hidrología, cobertura vegetal, suelo, sismos, densidad de eventos y litología; para la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

Para el desarrollo de la presente tesis de grado es necesario tener conocimientos de los presentes temas, los mismos que nos ayudarán a cubrir algunas interrogantes de la realización e investigación de la misma.

2.1 ZONAS DE RIESGO POR MOVIMIENTOS DE MASA

“Cualquier movimiento de masas es relativo por lo que es necesario proveer una descripción de la masa en movimiento con respecto a la zona estable para poder definir el tipo de movimiento y su grado de afectación a los terrenos aledaños. El término deslizamiento, por ejemplo, describe un movimiento entre un terreno estable y una masa moviéndose en dirección paralela a un plano de falla; denota también que las dos masas de suelo están en contacto durante el proceso. Los movimientos de masas pueden ser clasificados como: caídas, deslizamientos, asentamientos, flujos y volcamientos.”
(Schuster, 1978)

2.2 TIPOS DE MOVIMIENTOS EN MASA

Las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988) son, hoy en día, los sistemas más ampliamente aceptados en el mundo de habla inglesa e hispana. Varnes, emplea como criterio principal en la clasificación, el tipo de movimiento y en segundo lugar, el tipo de material. Así, divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, divide los

materiales en dos clases: rocas y suelos, éstos últimos subdivididos en detritos y tierra. De esta manera, presenta definiciones para varias posibles combinaciones de tipo de movimiento y material.

Tipo de movimiento	Tipo de material		
	roca	Suelo: detritus	Suelo: tierra
Derrumbes	Derrumbes de roca	Derrumbes de Detritus	Derrumbes de tierra
Desprendimientos	Desprendimientos de roca	Desprendimientos de detritus	Desprendimientos de tierra
Deslizamientos	Deslizamientos de bloques rocosos	Deslizamientos de Detritus en bloque	Deslizamientos de Tierra en bloques
Rotacionales	Desplome de roca	Desplome de Detritus	Desplome de Tierra
Traslacionales	Alud de roca	Alud de detritus	Alud de Tierra
Extensión ó Esparcimiento Lateral	Esparcimiento de rocas	Esparcimiento de detritus	Esparcimiento de tierra
Flujos	Flujo de rocas	Flujo de Detritus	Flujo de Tierra
Complejos	Combinación de dos o más de ellos		

Fuente: Varnes, 1978

Cuadro 1: Tipo de Movimiento en Masa.

Fuente: Varnes, 1978.

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo).
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso.
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña. Deslizamiento rotacional.
Propagación lateral	Propagación lateral lenta. Propagación lateral por licuación (rápida).
Flujo	Flujo de detritos. Crecida de detritos. Flujo de lodo. Flujo de tierra. Flujo de turba. Avalancha de detritos. Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Cuadro 2: Subtipos de Movimientos en Masa.

Fuente: Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988)

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s
6	Muy rápido	5×10^1	3 m/min
5	Rápido	5×10^{-1}	1,8 m/h
4	Moderada	5×10^{-3}	13 m/mes
3	Lenta	5×10^{-5}	1,6 m/año
2	Muy lenta	5×10^{-7}	16 mm/año
1	Extremadamente lenta		

Cuadro 3: Escala de Velocidades.

Fuente: Cruden y Varnes, 1996.

2.3 DESLIZAMIENTOS

Es un desplazamiento ladera abajo de una masa de suelo o roca, que tiene lugar predominantemente sobre una o más superficies de rotura, o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de cizalla. Elementos característicos de este tipo de movimiento son la presencia de superficies de rotura definidas y la preservación a grandes rasgos de la forma de la masa desplazada.

La distinción entre deslizamientos rotacionales y translacionales es importante en lo que se refiere a los análisis de estabilidad y el diseño de medidas de control y estabilización. Este tipo de movimientos es el que dispone de métodos de análisis y modelización más desarrollados.

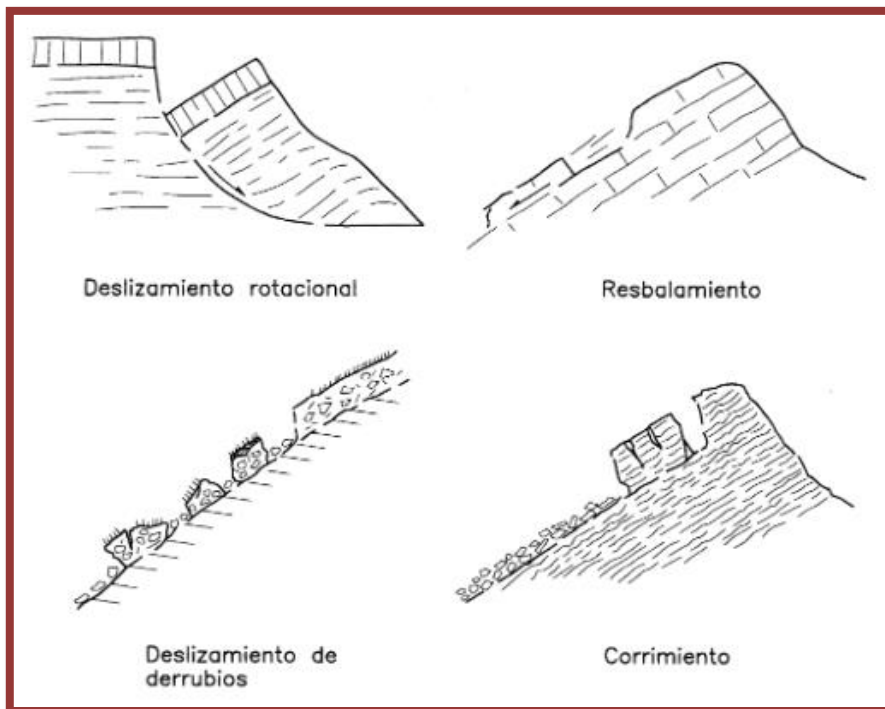


Figura 1: Procesos de reptación.

Fuente: Tipos de deslizamientos (Corominas y García Yagué, 1997).

2.4 REPTACIÓN

“La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. Dentro de este movimiento se incluyen la *solifluxión* y la *gelifluxión*, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.” (Corominas y García Yagué, 1997)

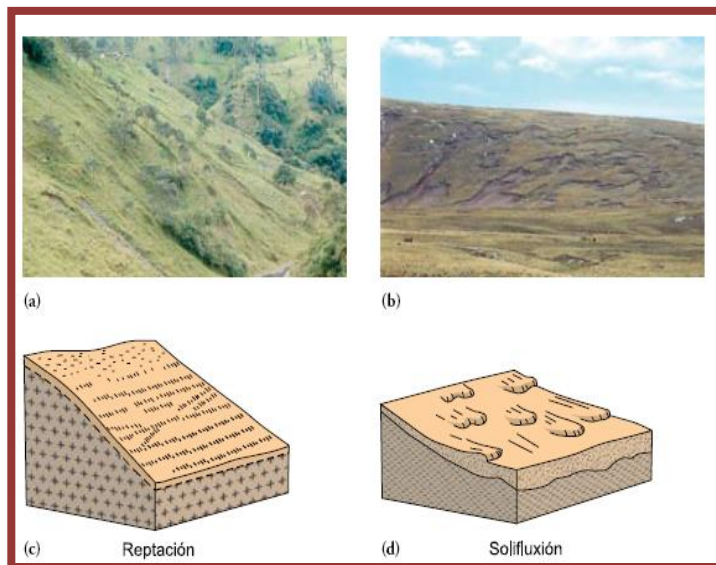


Figura 2: Procesos de reptación.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina.

2.5 DEFORMACIONES GRAVITACIONALES PROFUNDAS

“Hay una variedad de procesos que podrían describirse como deformaciones de laderas (slope deformations) o deformaciones gravitacionales profundas. Estos tipos presentan rasgos de deformación, pero sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida y usualmente con muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento.” (Hutchinson, 1988)

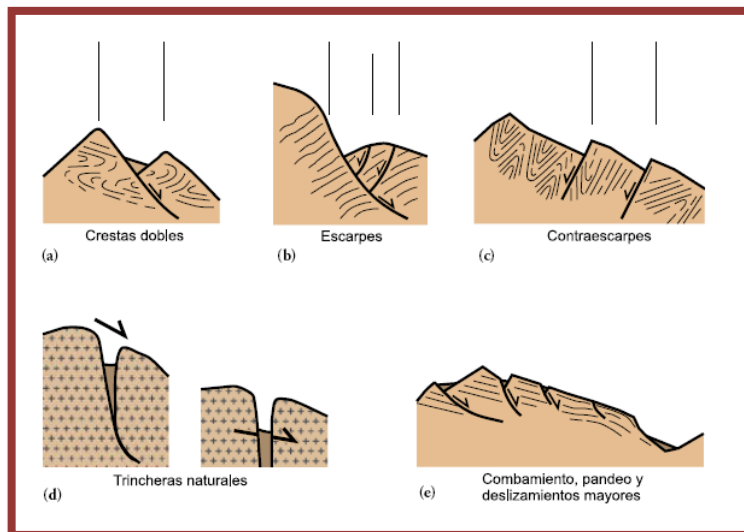


Figura 3: Deformaciones gravitacionales profundas.

Fuente: Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina.

2.6 ÍNDICES TOPOGRÁFICOS

La obtención de variables del terreno de forma automática a partir de los MDE y los SIG ha abierto nuevas posibilidades de análisis y específicamente para la geomorfología cuantitativa, en la delineación automática de variables relativas a las cuencas de drenaje, y en la delineación de formas del terreno (Zevenbergen; Thorne, 1987 y Dikau, 1989).

2.7 FACTORES CONDICIONANTES

Son factores pasivos que dependen de la naturaleza, estructura, forma de terreno, se basa en geometría de rocas y suelos. Son 5 factores de cálculo:

- ✓ Relieve.
- ✓ Litología.
- ✓ Estructura Geológica.
- ✓ Propiedades Geomecánicas.

✓ Meteorización.

- **Relieve**

“Se constituye como la expresión de la inestabilidad. Establece o define que toda superficie o talud $> 60^\circ$ es totalmente inestable. El relieve siempre debe estar sumado al tipo de material a deslizarse. La pendiente se define un primer alcance con respecto a su medida.”

(Varnes, 1984-1988).

Rango (%)	Cod	Tipo	Descripción
0 – 12	1	Plana	Relieves completamente planos, casi planos y ligeramente ondulados. (Planos)
>12 - 25	2	Media	Relieves medianamente ondulados a moderadamente disectados.
> 25 - 40	3	Media a Fuerte	Relieves fuertemente disectados.
> 40 - 70	4	Fuerte	Relieves fuertemente disectados.
> 70 - 100	5	Muy Fuerte	Relieves muy fuertemente disectados
> 100 - 150	6	Escarpada	Relieves escarpados.
> 150 - 200	7	Muy Escarpada	Relieves muy escarpados.
> 200	8	-	Zonas reconocidas como mayores a 200% en el mapa de pendientes.
NA	NA	No Aplicable	No Aplicable

Cuadro 4: Escala de pendientes.

Fuente: CLIRSEN

- **Litología (Geología)**

“Determina la potencia de todos los movimientos de Rocas y Suelos, indica composición, textura, estructura de Rocas, indica además deformación, permeabilidad, porosidad y grado de disolución. La clasificación del material rocas y suelos con pendientes es la siguientes.”

Características	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Rocas y Suelos	Pendientes muy baja- baja. Zona erosión. Coluvial- aluvial. Bancos h < 30m	Pendientes mediana. Zona de erosión. Aluviales-arcillas sueltas. Bancos h > 40m	Pendientes altas. Erosión-deforestación. Rocas sueltas Bancos h > 40m	Pendientes muy altas Rocas fisuradas-agrietada. Bancos h > 50m
Posibilidad desarrollo	Muy alto	Mediana	Bajo	Nulo
Costo de obra de prevención	Muy bajas	Mediana	Elevado	Muy elevado
Nivel de estudio	Simple	Moderado monitoreo	Alto	Muy alto

Cuadro 5: Clasificación de Rocas y Suelos con Respecto a la Pendiente

Fuente: Folleto Valarezo. M., 2008.

- Estructura Geológica.

Relaciona tipo de rocas, formaciones y estratos define además zonas de falla, diaclasamientos y debilidad establece además zonas de elevada meteorización, peso específico de un sector y generalmente se divide de la rocas en 4 tipos.

ROCAS	EJEMPLO
Tipo I	Granito
Tipo II	Areniscas
Tipo III	Arcilla consolidada
Tipo IV	Coluvial

Cuadro 6: Clasificación de Rocas

Fuente. Folleto Valarezo. M., 2008.

- Propiedades Geomecánicas

Estas propiedades están dadas para todos los datos de rocas y suelos, tal como se presenta en las siguientes tablas:

ROCAS	Propiedades físicas.	Caracterización del macizo.
	Propiedades mecánicas	
	Dureza y fortaleza	
SUELOS	Permeabilidad.	
	Compactación.	
	Infiltración.	

Cuadro 7: Propiedades de Rocas y Suelos

Fuente: Folleto Valarezo. M., 2008.

Condiciones iniciales	Composición, textura, estructura, rocas y suelos. Fallas, diaclasa. Planes de estratificación Permeabiliabilidad suelos(Arcillas)
Cambios de material	Arenas lavar. Desintegra Arcillas hidratándose- expanden.
Acción de agua y material	Precipitación Wt (Humedad total de rocas y suelos)
Condiciones estructurales	Cargas estáticas Cargas dinámicas

Cuadro 8: Propiedades Geomecánicas según Varnes.

Fuente: Valarezo. M. (2008)

- **Meteorización**

Se basa en el comportamiento de las rocas y suelos, ante el agua en los casos más extremos se analizan que ocasiona el agua superficial y agua subterránea.

“La meteorización de las zonas de inestabilidad las cuales suelen dividir a la roca en cuatro subzonas. Según Varnes (1988) dice que el agua tanto en rocas y suelos produce:

- ✓ Aumento w(peso)
- ✓ Aumento ↓ Tcc (Resistencia al corte y cizallamiento).

Según la metodología de Varnes (1988) menciona que los grados de meteorización pueden ser I a

III.

Tipo I	Roca sana Poco agua (poros) Porosidad ↓ Permeabilidad
Tipo II	Roca relativamente sana cuando tiene contacto con la meteorización. Aguas desintegran minerales no metálicos Porosidad N10% y ↑ permeabilidad.
Tipo III	Rocas meteorizadas. Agua, viento, temperatura ≡ desintegra 90% roca.

Cuadro 9: Grado de Meteorización de las Rocas según Varnes.

Fuente: Folleto Valarezo. M., 2008.

2.8 FACTORES DESENCADENANTES

Llamados también factores activos según la metodología española las llaman factores externos gatillo, generalmente regulan magnitud (volumen) a desplazarse y velocidad (Km/h-mm/año).

Según la metodología de Varnes/García dicen lo siguiente:

- ✓ Sismos.
- ✓ Precipitaciones y aportes de agua.
- ✓ Aplicaciones Q/Q'
- ✓ Cambios geometría
- ✓ Acciones climáticos severa
- ✓ Factores antrópicos.

- **Sismos**

Son los mayores orígenes de los deslizamientos a nivel mundial se lo considera como el mayor factor gatillo da origen no solo a deslizamientos, desprendimientos flujos y licuefacción de suelos.

“Un sismo con magnitud 6 en todo lo que sea laderas inestables, pendientes $>30^\circ$ y materiales y suelos arcillosos generan una relación 1:5000”. (Hays, 1990)

- **Precipitaciones y aportes de agua**

Son segundo factor gatillo o desencadenante se traduce en medidas mm H₂O, en la columna de agua y % (Aporte de agua). El agua es sinónimo de inestabilidad de taludes, define tipos y formas de movimiento. Las precipitaciones específicamente considera la relación de tiempo.

“Zonas de mayor o menor riesgos a deslizamientos en función de la precipitación acumulada y humedad medida.” (Lumb, 1975)

“Los factores de seguridad deberían calcularse en función del peso del material saturado de agua.” (Lumb, 1975)

$$F_s = \frac{F_e}{F_d}$$

$$F_s = \frac{w \cos L}{w \cdot \sin L}$$

$$W_r = \gamma_e + (S \cdot N \cdot \gamma_w)$$

W_r = Peso del material saturado de agua.

γ_e = Peso específico material seco.

S = Saturación (Suelos 15-30%: Rocas 5-10%)

N = Porosidad.

γ_w = Peso específico del agua.

2.9 INTEGRACIÓN DE DATOS

“Análisis Heurístico: Este tipo de análisis los expertos determinan la susceptibilidad a determinado tipo de amenaza usando reglas de decisión o métodos de ponderación que se integran a una evaluación espacial multicriterio. Este análisis también se puede hacer aprovechando el conocimiento local.

Análisis Estadístico: Empleando análisis estadísticos bi-variados y multivariados, se analizan las condiciones bajo las cuales se sucedieron eventos en el pasado. ” (UNIGIS, 2012)

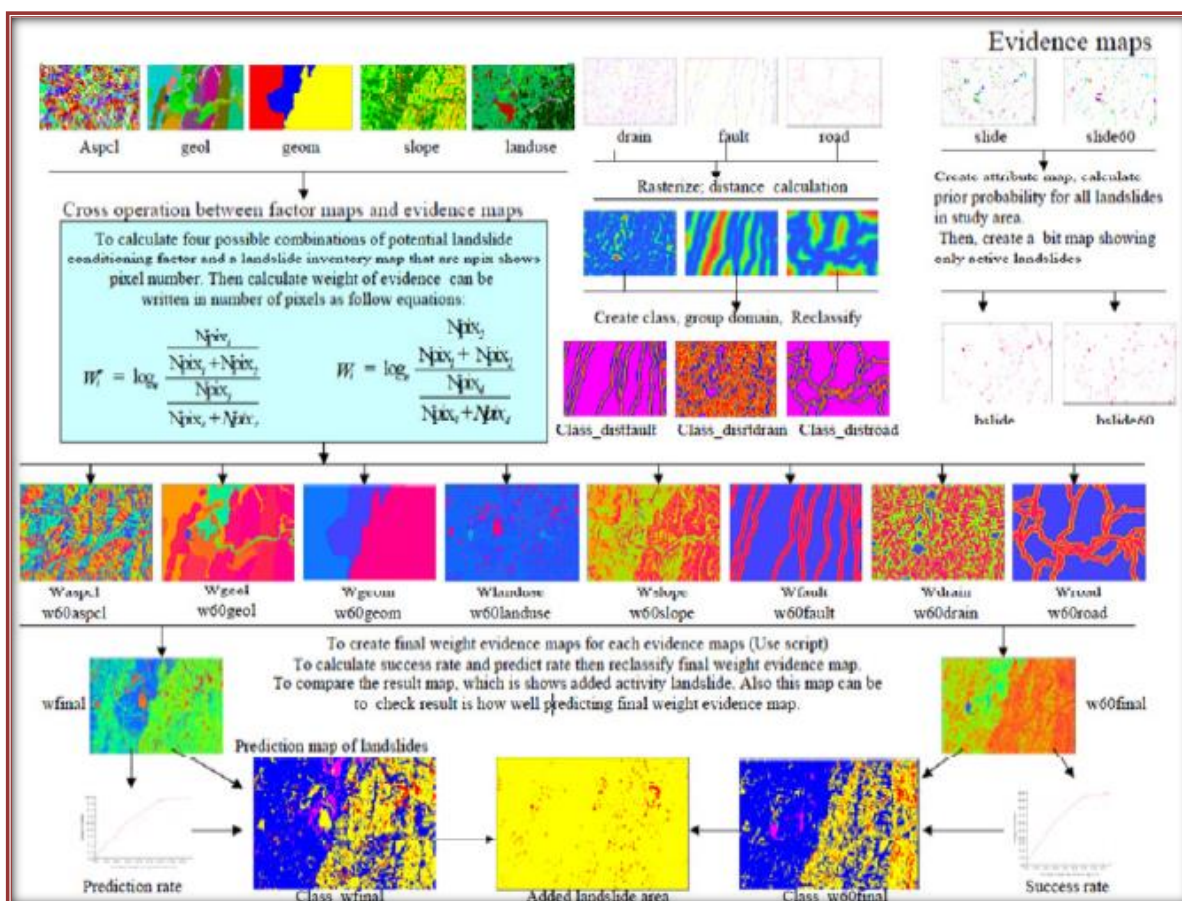


Figura 4: Análisis estadístico de amenaza por deslizamiento realizado en ILWIS.

Fuente. Van Westen, 2008.

“Densidad de Eventos: Los eventos que se han suscitado en el DMQ, han sido procesados, evaluados, analizados y estudiados; y mediante un sistema de información geográfica se

ha creado una base de datos, para ubicarlos, tener una base espacial y además ha permitido realizar dicho análisis mediante superposición de mapas temáticos de los diferentes factores condicionantes, gracias al establecimiento de bases de datos asociadas. Categorizando en Sin Ocurrencia, Baja, Media, Alta y Muy Alta (Bertin, 1997), según el nivel de ocurrencia tanto para movimientos en masa, como para inundaciones:

MUY ALTA: Áreas donde los fines de estudio deben ser inmediatos con medidas de prevención y mitigación.

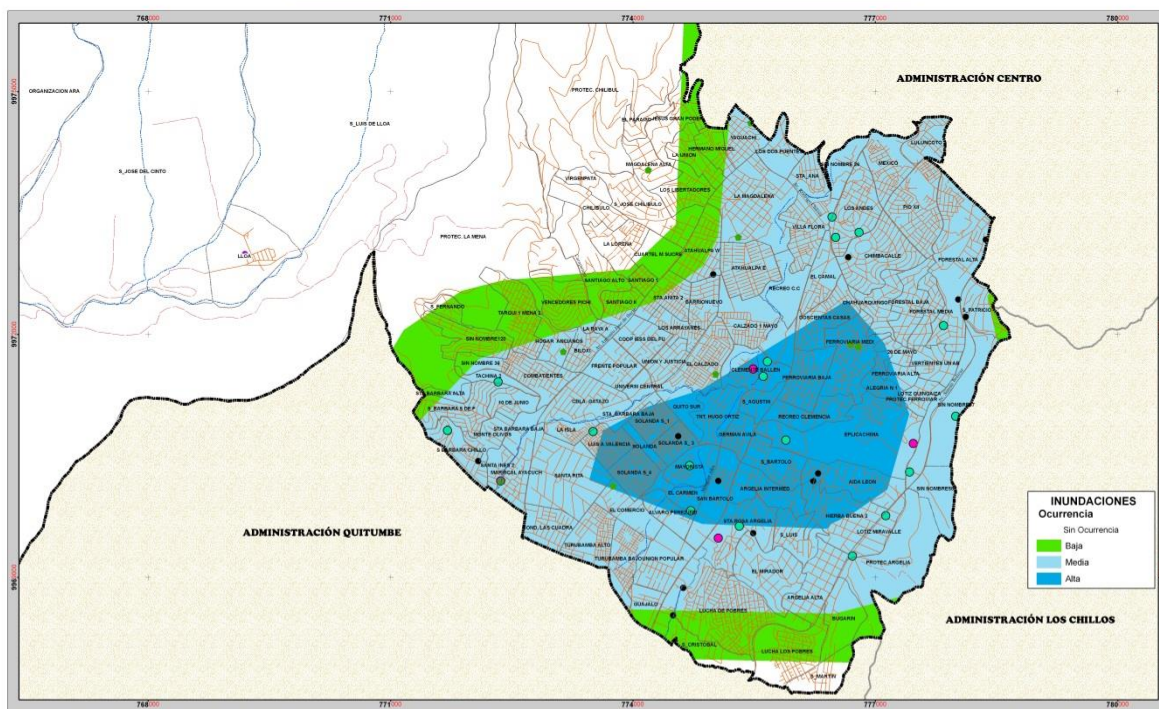
ALTA: Áreas donde se necesita estudios previos con medidas de prevención y mitigación.

MEDIA: Áreas donde existe poca ocurrencia de eventos, pero existe la necesidad de adoptar medidas de prevención y estudio, de acuerdo a la magnitud del evento.

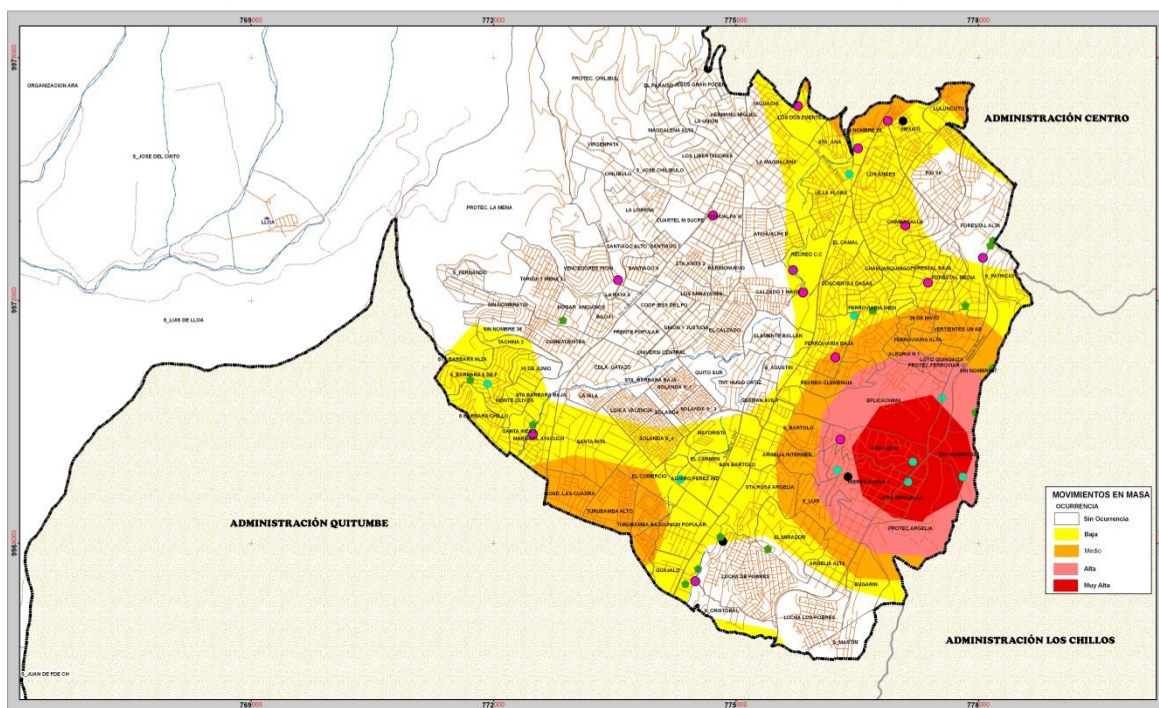
BAJA: Áreas donde ha ocurrido al menos un evento en el último periodo.

SIN OCURRENCIA O NULA: No existe ningún evento en el último periodo lluvioso y posee la menor probabilidad de afectación.” (SSG-UGR, 2010)

ZONAS DE OCURRENCIA POR INUNDACIONES 2008/2009 - ELOY ALFARO



ZONAS DE OCURRENCIA POR MOVIMIENTOS EN MASA 2008/2009 - ELOY ALFARO



<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Cabececeras Parroquiales ~ Ríos Tipo de Vías <ul style="list-style-type: none"> — Vías Principales — Vías Secundarias ▭ Limite Adm. Zonal Eloy Alfaro ▭ Administraciones Aledañas ▭ Limite de Barrios 	<ul style="list-style-type: none"> ● Eventos por Inundaciones y Movimientos en Masa 2005 - 2006 ● Eventos por Inundaciones y Movimientos en Masa 2006 - 2007 ● Eventos por Inundaciones y Movimientos en Masa 2007 - 2008 ● Eventos por Inundaciones y Movimientos en Masa 2008 - 2009 	<p>Proyección: Transverso Meridator UTM Datum: D_WGS_1984 Zona 17S Datum Y: Nivel Medio del Mar Fuente: Sec. de Ordenamiento Territorial, Sec. de Seguridad Proyección: Geocéntrica Elaboreado: Unidad de Gestión de Riesgos</p>	<p>INTERPRETACIÓN: La Densidad de ocurrencia de eventos que se muestra en los mapas, es con respecto al número de sucesos producidos en el DMG en el periodo 2008-2009.</p> 
---	--	---	--

Figura 5: Deformaciones gravitacionales profundas.

Fuente: SSG-UGR, (Veliz, 2001)2010.

2.10 AMENAZAS Y SUSCEPTIBILIDAD

2.10.1 Amenazas

“Amenaza se puede definir como un peligro latente o factor de riesgo interno de un sistema o de un sujeto expuesto, que se puede expresar en forma matemática como la probabilidad de ocurrencia de un suceso con una cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo de exposición determinado.” (Cardona, 2001)

“Las amenazas naturales pueden ocurrir por la combinación de procesos geoestructurales, litológicos, geomorfológicos, edáficos, climáticos, vegetacionales e hidrográficos los cuales actúan en combinación y se materializan en eventos como tormentas, movimientos sísmicos, deshielos, deslizamientos, erosión, crecidas de quebradas y ríos.” (Veliz, 2001)

2.10.2 Susceptibilidad

“La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

Esta autor sostiene que para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta generalmente tres elementos:

- 1) Inventario de deslizamientos ocurridos en el pasado.
- 2) Topografía y mapa de pendiente.
- 3) Características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno.” (Súarez, 1998)

2.11 MODELACIÓN

“**Modelación Empírica:** Son relaciones derivadas empíricamente. Ejemplo: Las leyes de atenuación en caso de los sismos.

Modelación Determinística: Es la modelación de los fenómenos de acuerdo a las leyes físicas. Ejemplo: mecánica de fluidos para la modelación de inundaciones, mecánica de suelos para la modelación de deslizamientos.

Modelación Dinámica: Modelación de fenómenos incluyendo cambios temporales en el modelo. Sismo y lluvia en la ocurrencia de un deslizamiento.

Modelación Probabilística: Modelado de la probabilidad en el tiempo teniendo en cuenta diferentes factores de entrada. ” (Van Westen, Castellanos, & Kuriakose., 2008).

2.12 PROCESAMIENTO DEL SIG

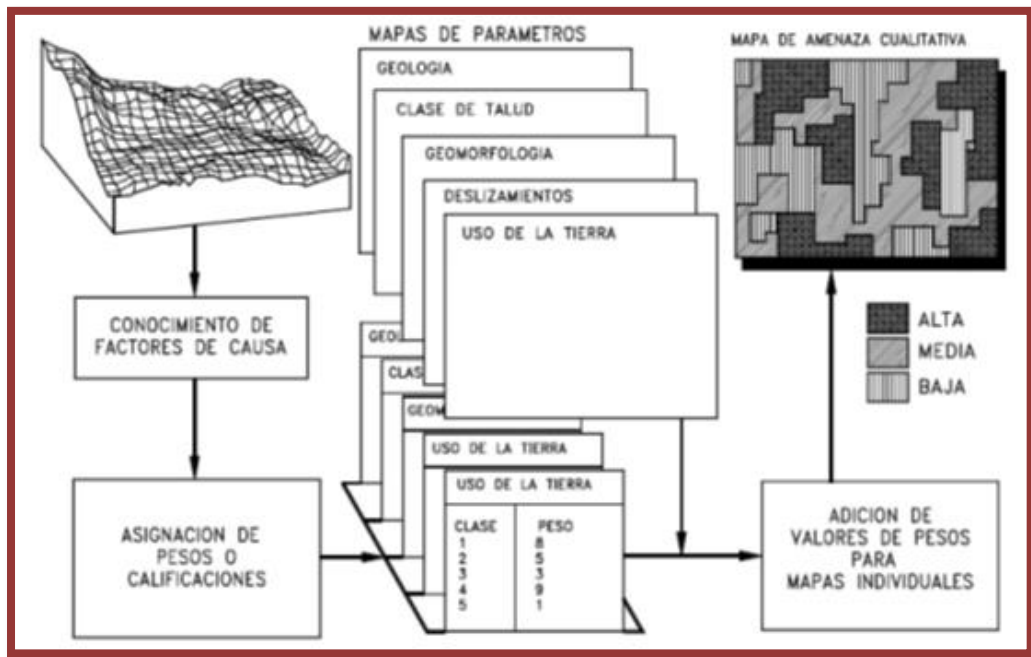


Figura 6: Uso de SIG para combinación cualitativa de mapas.

Fuente. Tuner & McGuffey, 1996.

3 METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación

La parroquia rural Lloa se encuentra ubicada en el sector sur occidente de la Administración Zonal Eloy Alfaro del Distrito Metropolitano de Quito, en la provincia de Pichincha, a aproximadamente 10 km de la ciudad de Quito. Constituye la zona más extensa de las parroquias rurales del DMQ, con un área de 54387.04 ha.

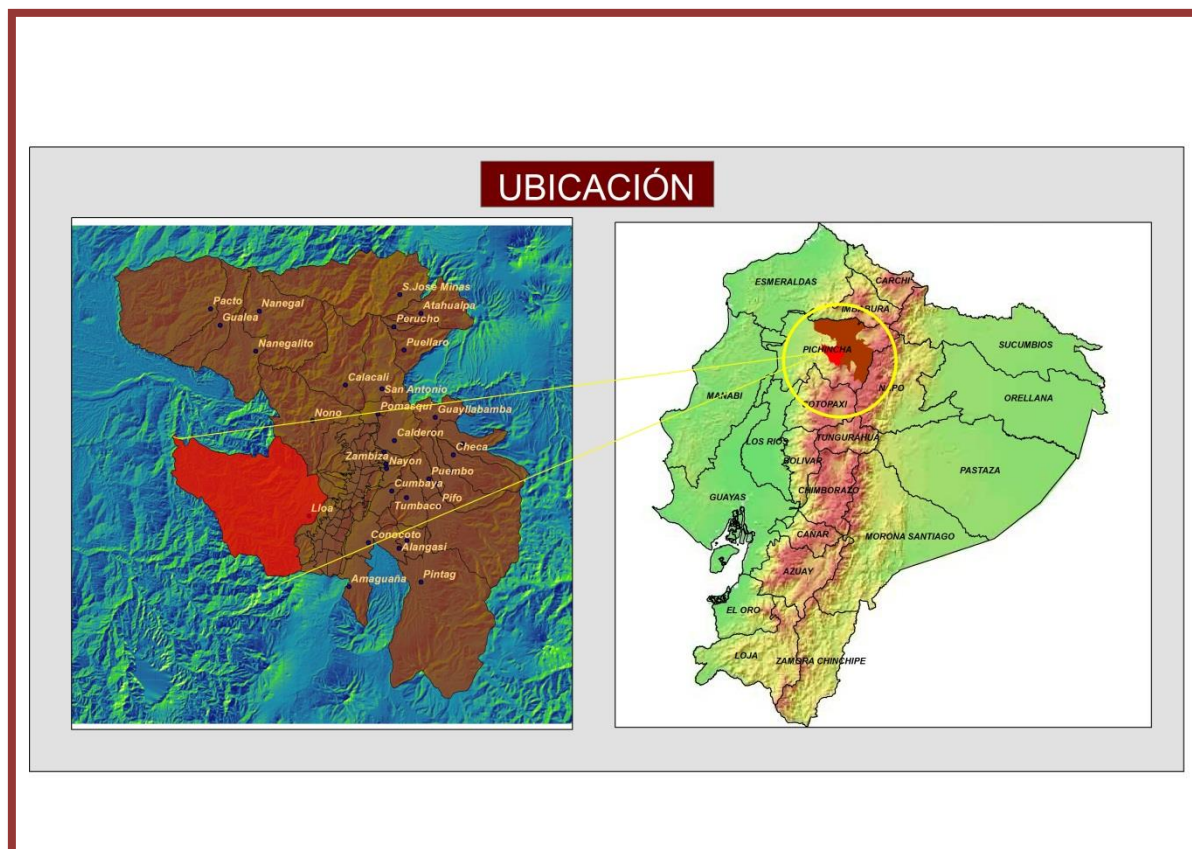


Figura 7: Ubicación de la parroquia Lloa.

Fuente: Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad, 2009.

3.1.2 Clima

La ubicación geográfica y la compleja orografía montañosa donde se asienta el DMQ configuran una importante cantidad de tipos de clima en la zona. Para caracterizar tradicionalmente estos tipos de clima, se utiliza la información del régimen de precipitaciones, el valor de los máximos pluviométricos, la precipitación media anual y la temperatura media anual (DMA, 2008: 98-99).

Tabla N.º 1.1 Tipos de clima del Distrito Metropolitano de Quito*			
Tipo de Clima	Área en el DMQ (%)	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media anual (°C)
Tropical lluvioso	0,8	>3 000	>22
Tropical megatérmico muy húmedo	0,9	2 000-3 000	>22
Tropical megatérmico húmedo	0,1	1 000-2 000	>22
Subtropical mesotérmico lluvioso	3,0	>3 000	18-22
Subtropical mesotérmico húmedo	7,0	1 000-2 000	18-22
Subtropical mesotérmico semi-húmedo	1,1	500-1 000	18-22
Subtropical mesotérmico seco (Templado seco)	0,2	<500	18-22
Ecuatorial mesotérmico muy húmedo	17,4	>2 000	12-18
Ecuatorial mesotérmico húmedo	20,8	1 000-2 000	12-18
Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo	13,4	500-1 000	12-18
Ecuatorial mesotérmico seco	4,0	<500	12-18
Ecuatorial frío húmedo	12,0	>1 000	8-12
Ecuatorial frío semi-húmedo	3,5	500-1 000	8-12
Páramo	14,2	>500	4-8
Nival	1,6	>500	<4-

Cuadro 10: Tipos de Clima (DMQ, 2008. 98 – 99)

Fuente: SIGAGRO, 2004.

En términos generales, el DMQ está en una zona “templada húmeda” con 75% de humedad relativa promedio anual (Fernández, 1990: 11) y una temperatura promedio de 14,78°C que puede variar durante el día entre 4 °C y 28°C dependiendo del sitio y época del año.

De forma similar, los valores de precipitación en el área investigada revelan diferencias extremas según el sitio donde se realice la medición. Así, se ha encontrado que las más abundantes precipitaciones (mayores a 1 400 mm) se localizan cerca de las elevaciones volcánicas (Pichincha, Atacazo, Pasochoa).

3.1.3 Flora y Fauna

La flora es variada debido a que las alturas de la parroquia van de 3100 a menos de 1500 msnm, por lo que se pueden encontrar pajonales, chuquiragua, mortiños, orquídeas, bromelias, papas de la variedad chola y catalina, cebada, mellocos, ocas, naranjilla y maderables como cedro y nogales.

Entre la fauna tenemos pumas, oso de anteojos (en peligro de extinción), venados, lobos, conejos, colibríes y variedad de aves, cuyes y ganado.

3.1.4 Población

La tasa nacional de crecimiento anual, en el período intercensal, de 1950 a 1962, es de 2.95 de promedio anual, entre 1962 a 1974 pasa a 3.1, entre 1974 y 1982 el crecimiento se desacelera y cae a 2.62, tendencia que se mantiene hasta la actualidad, así entre 1982 y 1990 es del 2.19 y de 1990 al 2001 es de 2.1.

Los cambios demográficos relevantes, si bien obedecen a procesos evolutivos ininterrumpidos, en el período intercensal entre 1974 y 1982, marca dinámicas claramente diferenciadas, la población rural que en 1974 constituía el 58,6% de la población total, en 1982 alcanza el 51% y en 1990 el 44.9% y en el 2001, el 39%. Lo que convierte al Ecuador en una sociedad urbanizada. Estos cambios guardan relación con dinámicas migratorias, que se refleja directamente en las tasas de crecimiento urbano/rural; en el área rural las tasas tienden a disminuir en la urbana se incrementan drásticamente.

TASAS DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO POR PERÍODOS INTERCENSALES

AÑO CENSAL	TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL		
	NACIONAL	URBANO	RURAL
1950-1962	2.95	4.73	2.12
1962-1974	3.10	4.47	2.24
1974-1982	2.62	4.6	0.98
1982-1990	2.19	3.67	0.58
1990-2001	2.05	2.99	0.75

Cuadro 11: Tasas de Crecimiento Demográfico.

Fuente: INEC, 2010.

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) cuenta con el 15.5 % de la población nacional y es donde se encuentra la capital política administrativa del país; posee 2'239.191 habitantes entre hombres y mujeres, dentro de este valor se encuentra la parroquia Lloa con 1494 habitantes según el Censo 2010.

CENSO 2010			
INDICADOR	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)	QUITO RURAL	PARROQUIA LLOA
POBLACIÓN	2'239.191	1'619.146	1494
Hombres	1'088.811	783.616	784
Mujeres	1'150.380	835.530	710

Cuadro 12: Censo parroquial Lloa 2010

Fuente: Censos Población y Vivienda - INEC. (STHV-MDMQ)

3.1.5 Hidrografía

Esta parroquia rural se encuentra en la cuenca del Río Esmeraldas y en la Subcuenca del Río Blanco, principalmente bañada por los ríos Cinto, Cristal, Tandacoto, Blanco, Verde, Verde Chico, Verde Grande, Agua Azufrada, Virginia, Otongoro, Tandacato, Diablo, Mina, Cristal y Monjas, que se utilizan para riego de las haciendas dentro de la misma.

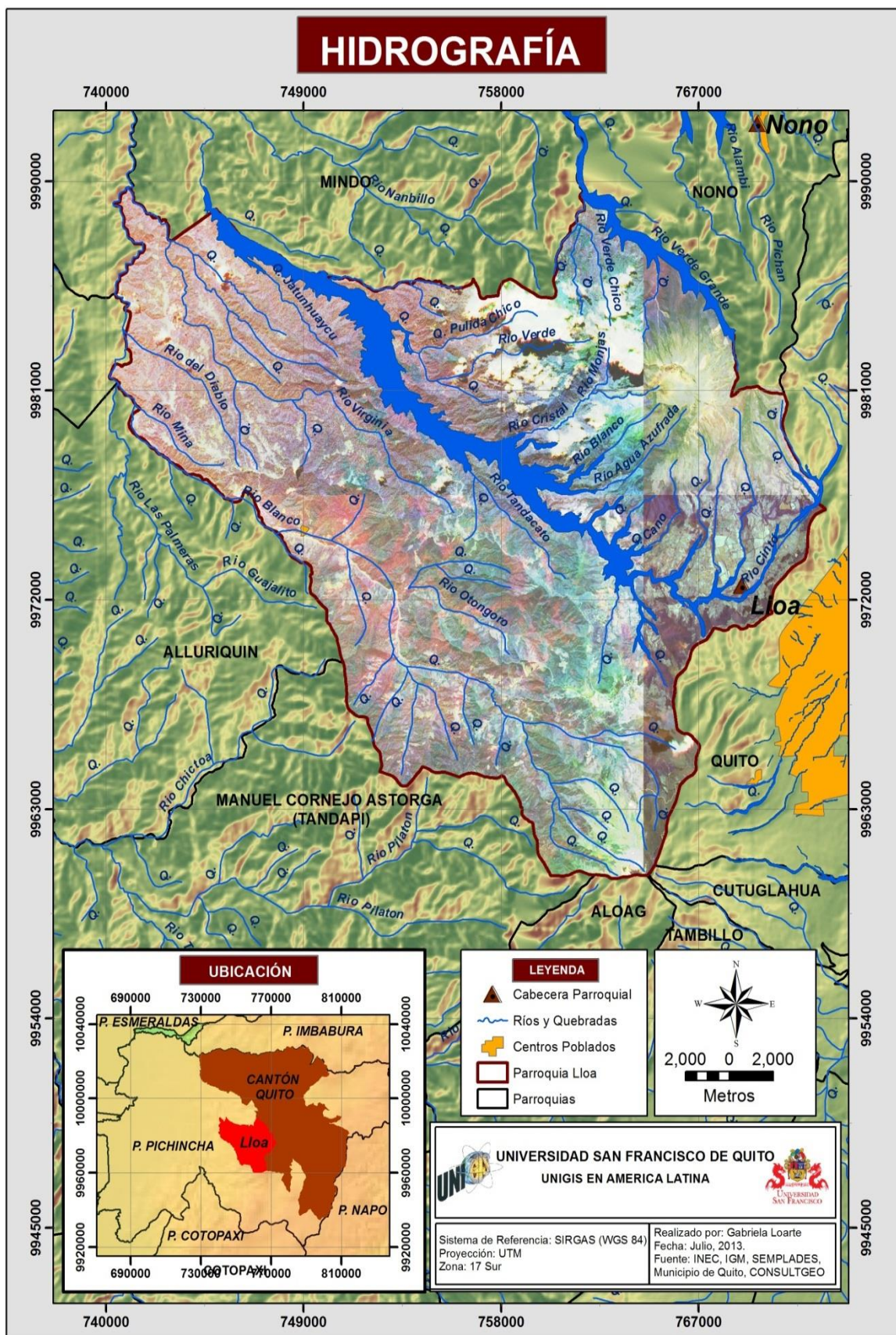


Figura 8: Mapa Hidrográfico.

3.1.6 Unidades Morfológicas

Las formas del relieve se define como elementos geomorfológicos de la superficie de la tierra que van desde paisajes a gran escala como llanuras y montañas a elementos individuales como valles y colinas (Blaszczynski, 1997, p. 183)

Geomorfológicamente, el área del proyecto o zona de estudio se encuentra rodeado por unidades morfológicas montañosas que resaltan en el mapa adjunto, conformadas en la parte nor-este por los volcanes Guagua Pichincha y Ruco Pichincha (con alturas máximas aproximadas de 4675 msnm), Al Sur con el Atacazo (con altura aproximada de 3855), pertenecientes a los paisajes de las Cimas Frías de las Cordilleras de Estructuras Volcánicas y lo que está relacionado con los mismos como: flancos del volcán, flujos de lava, circo glaciar, coluviones antiguos, valles, relieves montañosos y colinados; que van de pendientes suaves a muy fuertes (12 a 100 %).

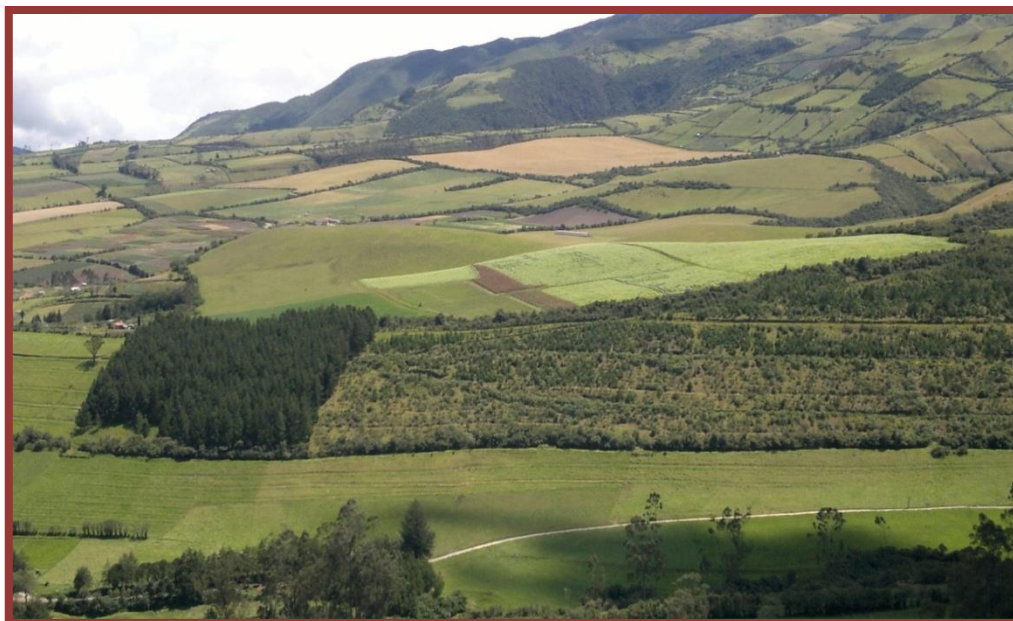


Figura 9: Superficie de mesetas, coordenadas X: 768941, Y: 9972629



Figura 10: Superficie disectada de meseta volcánica, coordenadas X: 767319, Y: 9972744, Z: 3057.

Además cuenta con los siguientes paisajes o unidades ambientales:

Relieves de los Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios:

Corresponden a unidades genéticas volcánicas, volcánico erosivos y tectónicas erosivas, de las cuales pertenecen los relieves volcánico montañoso, colinados, valles, vertientes de flujo de lava, vertientes de mesetas volcánicas, entre otras; con características de pendientes que van de suaves a muy fuertes (12 a 100 %).



Figura 11: Relieve volcánico colinado alto, coordenadas X: 767408, Y: 9972205, Z: 3018.

Vertientes Externas de la Cordillera Occidental: Las unidades genéticas a las que pertenecen estos paisajes son: tectónico erosivo, volcánico y deposicional o acumulativo; y a su vez los mismos poseen relieves o unidades morfológicas como: relieves montañosos y volcánicos, relieves volcánicos colinados (alto y muy alto), relieves colinados (medio, alto y muy alto), superficies onduladas, conos de deyección antiguo coluviones antiguos, entre otras; con pendientes que van de suaves a fuertes (12 a 100 %).

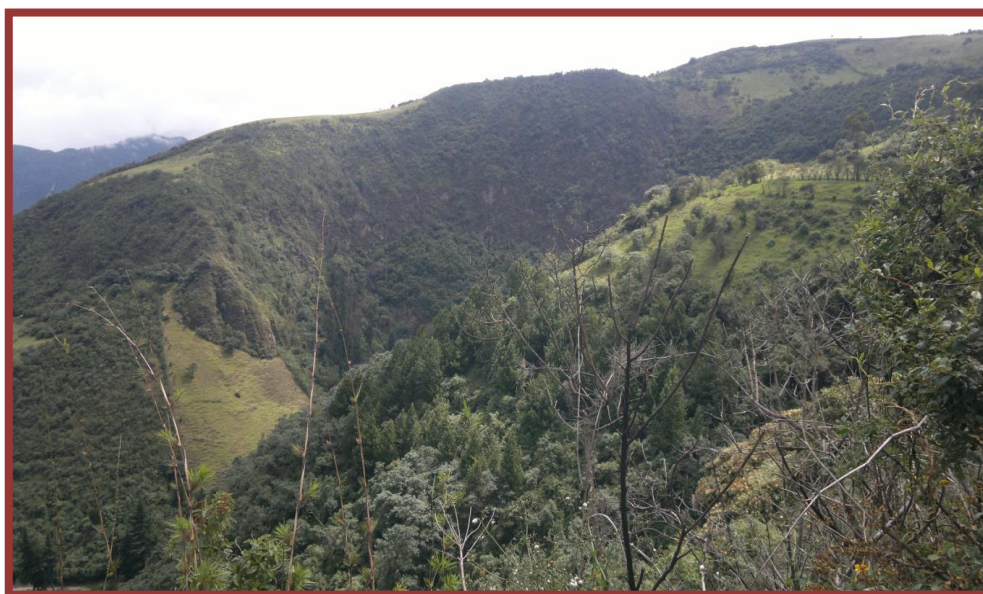


Figura 12: Relieve montañoso.

Medio Aluvial: A estos paisajes se las cataloga a las terrazas (indiferenciadas –medias-altas), las mismas que para esta área se encuentran en pendientes muy suaves a suaves (2 - 12%), además su unidad genética es deposicional o acumulativa.

Gran Cono Tabular de la Llanura Costera: Su unidad genética de formación corresponden a lo deposicional o acumulativo, tectónico erosivo y denudativo; a estos pertenecen las superficies de cono de deyección (reciente y antigua), coluviones antiguos, relieves colinados (medio –alto), con pendientes que van de medias a muy fuertes.

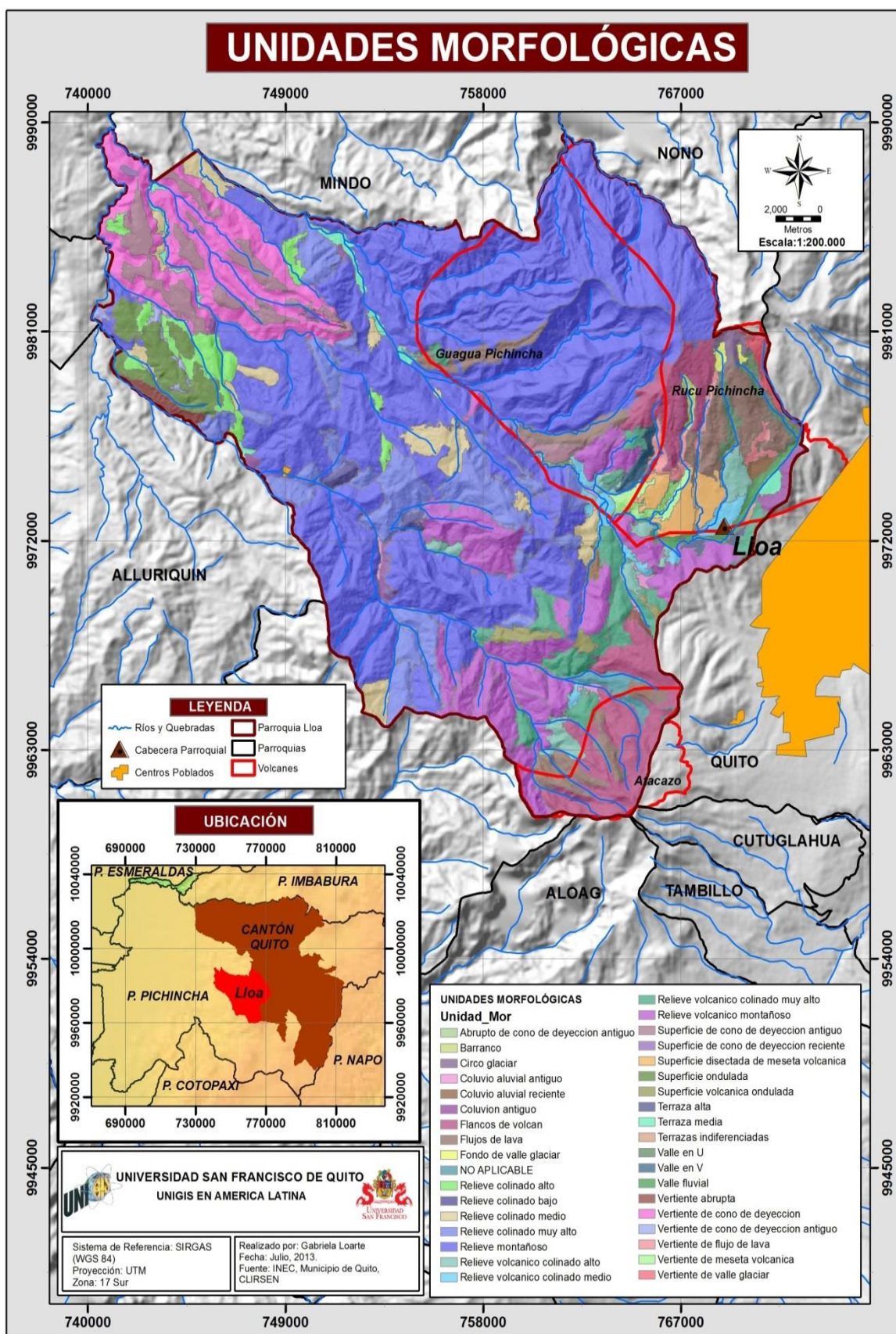


Figura 13: Mapa de Unidades Morfológicas.

3.1.7 Áreas Naturales, Cobertura Vegetal - Uso De Suelo

3.1.7.1 Áreas Naturales (Bosques Protectores)

En la Constitución Política del Ecuador promulgada en el 2008, en el Art. 405, establece que el Sistema Nacional de Áreas Protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado, quien asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión. (<http://web.ambiente.gob.ec/?q=node/59>)

Los Bosques Protectores son áreas que garantizan la protección de las cuencas colectoras, las riberas de los ríos y otros cursos de agua; y en general para proteger las tierras frágiles contra la erosión. En ellos se permite el uso de recursos y el desarrollo de actividades que no ponen en riesgo la cobertura vegetal del área.

La parroquia Lloa cuenta con 6 Bosque Protectores, los mismos que cuentan con las siguientes características:

Número	NOMBRE DE BOSQUES PROTECTORES	Ubicación	Área (ha)	Fecha / Resolución	Publicación	Altura (m.s.n.m.)	T (°C) / media	Precipitación mm/año	Uso Actual de Suelo
1	BP010/CARACHA	Parroquia Lloa del DMQ por el Río Saloya y Q. San Juan.	284,69	A- Minis. N° 001-06/01/1987	N° 614 - 29/01/1987	2965 - 3623	9,24	1267 - 1373	Ganadería y cobertura vegetal natural.
9	BP094/LA PAZ Y SAN JOSE DE QUIJOS	Parroquia Lloa, cerca del Bosque San Carlos de Yanahurco.	403,43	A- Minis. N° 142-03/05/1985	N° 187 - 16/05/1985	2770 - 3404	11,46	1270 - 1650	Bosque altimontano norte andino siempre verde de la cordillera occidental; pajonales altimontanos y montanos paramunos.
12	BP105/MINDO Y COORDILLERA DE NAMBILLO	Parroquias Nono y Lloa de DMQ y Mindo de San Miguel de los Bancos.	19468,3	A- Minis. N° 118-22/04/1988	N° 921 - 25/04/1988	1220 - 4593	13,75	1033 - 2564	Ganadería, servicios agroforestales, otros Usos, cobertura vegetal natural.
17	BP130/SAN CARLOS	Parroquia Lloa, entre los Bosques Santas Rosa de Yasquel y Toaza, la Paz y San José de Quijos.	645,67	A- Minis. N° 257-13/07/1986	N° 495 - 07/08/1986	2637 - 3448	13,25	1294 - 1538	Ganadería y cobertura vegetal natural.
18	BP140/SANTA ROSA y YASQUEL	Parroquia Lloa del DMQ, limitado por el Bosque Mindo Nambillo, bosque Toaza y el Río Cinta y Cristal.	2380,1	A- Minis. N° 006-05/01/1987	N° 616 - 02/02/1987	1896 - 4487	10,53	1181 - 1913	Ganadería y otros usos.
21	BP160/TOAZA	Parroquia Lloa, limitado por el Bosque Santa Rosa de Yasquel, Río Cinto y la Q. Guayacán.	1118,24	A- Minis. N° 026-10/01/1989	N° 112 - 19/01/1989	2414 - 4549	8,27	1216 - 1447	Ganadería, cobertura vegetal natural y otros usos.

Cuadro 13: Bosque Protectores de Lloa.

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador y Secretaría de Ambiente DMQ

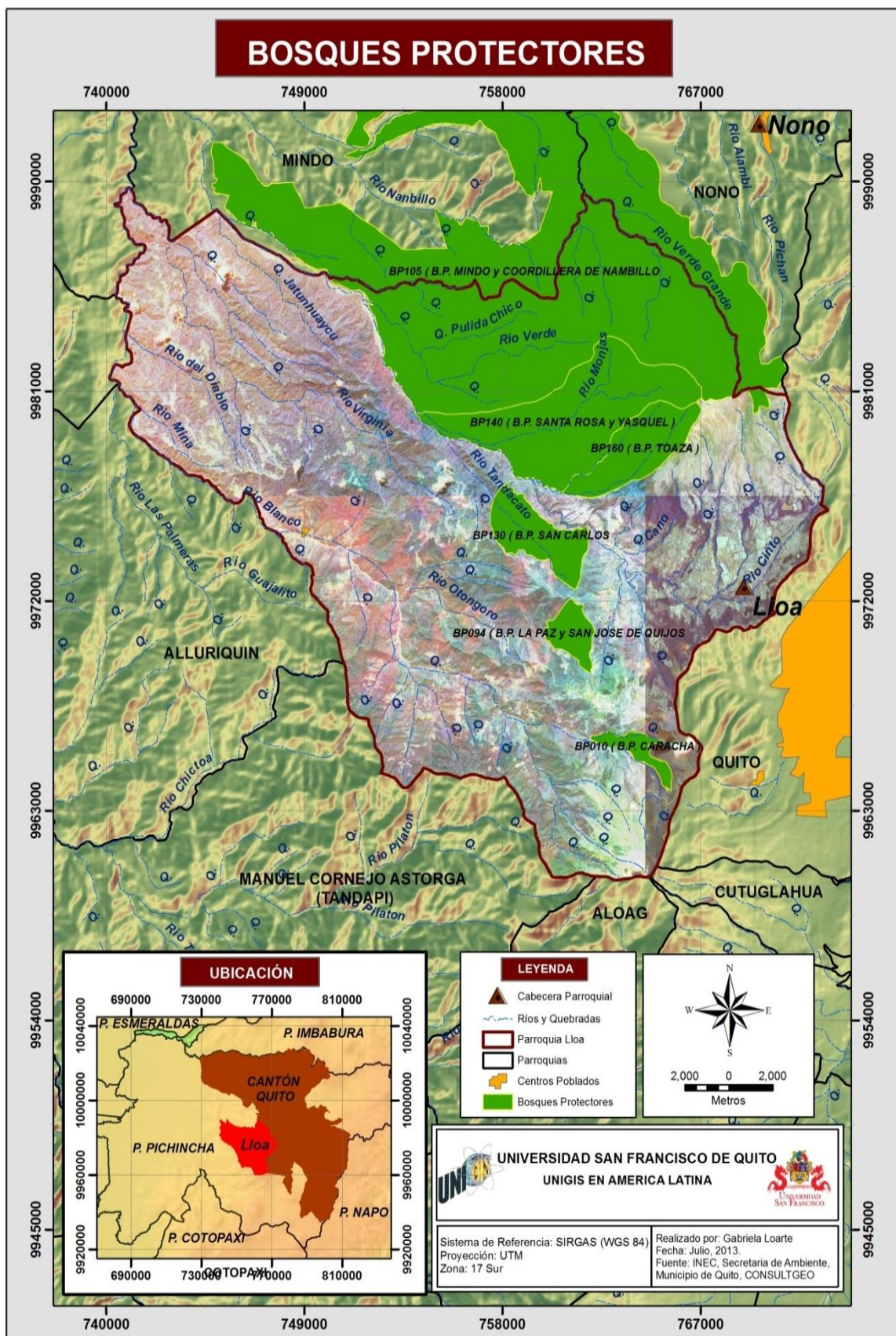


Figura 14: Mapa de Bosques protectores.

3.1.7.2 Cobertura Vegetal – Uso De Suelo

Lloa está representada por una gran diversidad de tipos de vegetación como ecosistemas y especies de plantas vasculares, los mismos que difieren de acuerdo al tipo y localización de en toda la parroquia.

Dentro de la clasificación (ver mapa adjunto), se puede observar los diferentes tipos de coberturas, en la cual la leyenda están representada por categorías o niveles acorde al entorno:

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
Bosques y áreas seminaturales	Vegetación cultivada coníferas. Vegetación cultivada latifoliadas. Vegetación en regeneración natural.	<ul style="list-style-type: none"> - Pinos y ciprés. - Eucalipto adulto. - Eucalipto joven y regeneración. - Bosque secundario. - Matorral en regeneración. - Suro con árboles. - Suro con arbustos.
Vegetación Natural	Herbazales húmedos. Bosques húmedos Arbustos húmedos	<ul style="list-style-type: none"> - Pajonales Altimontanos y montanos paramunos. - Pajonales edafoxerofilos altimontanos. - Bosques altimontanos norte andinos siempre verdes. - Bosques bajos y arbustales altoandinos paramunos. - Bosques montanos pluviales de los andes del norte. - Bosques pluviales piemontanos de los andes del norte. - Bosques siempreverde estacionales montano bajos. - Arbustal montano de los andes del norte. - Arbustales bajos y matorrales altoandinos paramunos. - Arbustal montano de los andes del norte
Áreas Cultivadas	Cultivos	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos ciclo corto. - Cultivos semipermanentes y permanentes. - Suelos en preparación. - Pasto cultivado.

	Pastos	- Pasto natural.
Áreas Artificiales	Infraestructura	- Edificaciones.
Espacios Abiertos	Suelos desnudos de origen natural.	- Arenales. - Glaciares. - Roca.
	Suelos desnudos de origen antropogénico.	- Suelos erosionados.
Cuerpos de Agua	Agua en cauces naturales	- Reservorios. - Ríos.

Cuadro 14: Niveles de Clasificación de Cobertura Vegetal.

Fuente: Memoria Técnica (Secretaría de Ambiente – Distrito Metropolitano de Quito)

En el nivel III de Cobertura vegetal, se encuentran los siguientes porcentajes:

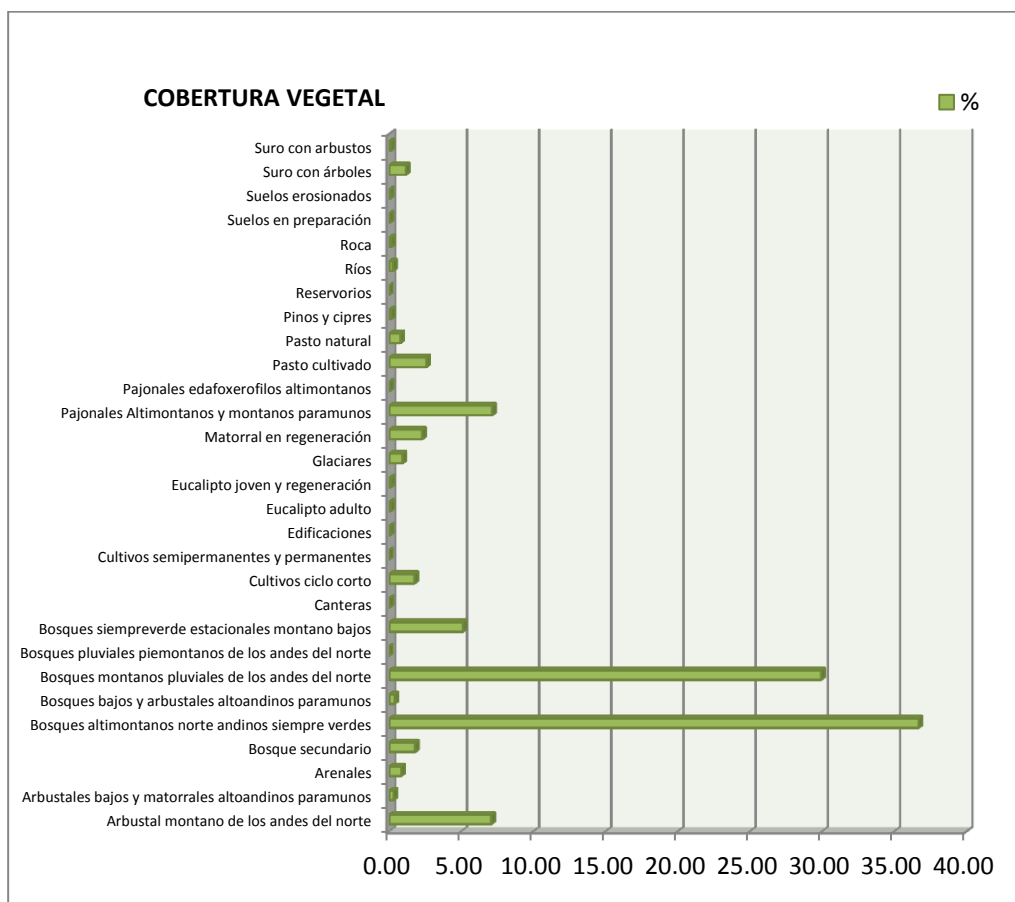


Figura 15: Porcentaje de Cobertura Vegetal.

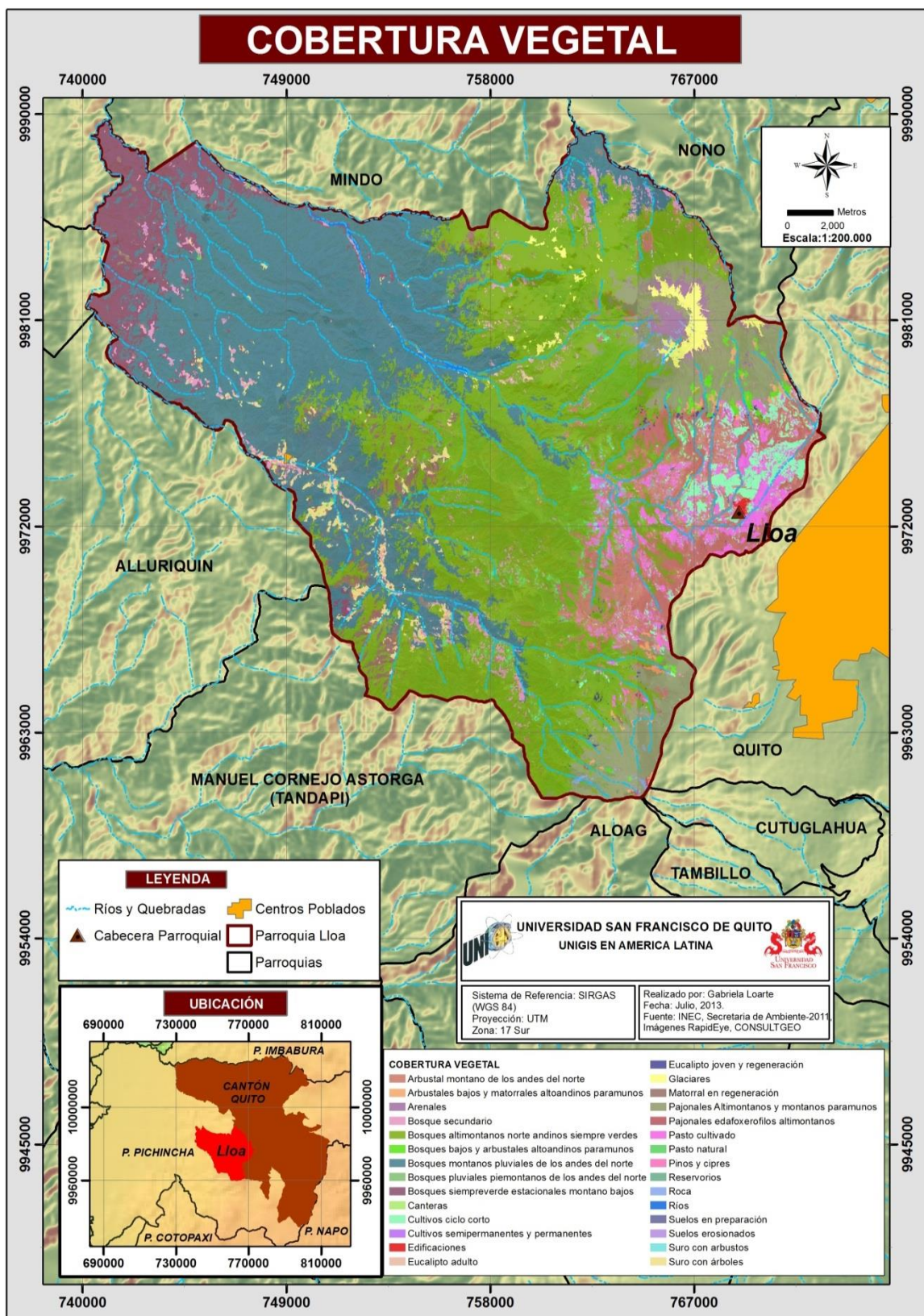


Figura 16: Mapa de Cobertura Vegetal.

3.1.8 Características Geológicas del Área de Estudio

3.1.8.1 Geología Regional:

La Cordillera Real, consiste de cinturones alargados de rocas metamórficas del Paleozoico-Cretácico Inferior intruídas por granitoides tipo S y tipo I, con una cubierta de depósitos volcánicos Cenozoicos. (Aspden y Litherland, 1992)

El Distrito Metropolitano de Quito por encontrarse en el callejón Interandino, se encuentra limitada al Norte por el Nudo de Mojanda (Imbabura), al Sur por el Nudo de Tiopullo (Cotopaxi), al este por la cordillera Real y al Oeste por la cordillera occidental. Durante el cretácico la evolución de la cordillera de los Andes inicia como producto de la subducción de la placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, lo que genera fuertes cambios y el desarrollo de la cordillera con sentido Andino, durante el levantamiento se generan sistemas montañosos transversales, conocidas como nudos, lo que forman verdaderas cuencas intramontañosas denominadas Hoyas, además se originan potentes capas de sedimentos que se depositan en un ambiente marino-continental dando lugar a la Formación Silante, durante el Eoceno hasta el Cuaternario el levantamiento de los Andes continuó, los esfuerzos originados de la colisión de las placas Sudamericana y Nazca, dieron lugar a la formación de fallas perpendiculares a la cordilleras, generándose así cuencas abiertas, intramontañosas que durante el Holoceno fueron rellenadas por rocas, provenientes en su mayoría, de los volcanes Pichincha y Atacazo, como flujos de lava (Andesitas horbléndicas) y materiales sedimentario-piroclásticos y por productos de la erosión y de la remoción en masa que modelaron a los sistemas montañosos.

Regionalmente se tienen las siguientes unidades litológicas: Volcánicos Pichincha, Volcano – Sedimentos del Machangara, Cangagua, Ceniza Volcánica y los depósitos

Coluviales. Además se encuentran materiales que se caracterizan por tener sedimentos fluviales tipo arena por algunas tobas, caídas de ceniza, lahares, flujos de lodo intercalados con arenas medias a gruesas de pómez y lapilli.

3.1.8.2 Geología Local

El área de estudio (parroquia Lloa) cuenta con las siguientes unidades geológicas que van del Cretácico al Cuaternario. Las rocas Cretácicas son lavas y sedimentos volcánicos y las rocas Cuaternarias son lavas, piroclásticos y material volcánico - sedimentario. Además cuenta con depósitos de cangahua (ceniza) dentro de esta clasificación:





Figura 17: Dacita en las coordenadas, Y = 771506, Y=9974155, Z = 3232

- ✓ **Gabro (Complejo Saloya - bb):** Afloran rocas básicas y ultra-básicas que incluyen: gabronorita, anortosita, wehrlita, dunita y gabronorita – olivínica. En algunos lugares existe estratificación formada por una variación en las proporciones de los minerales félsicos y máficos y de diferentes minerales máficos. El espesor del bandeamiento tiene variaciones centimétricas a métricas. Estos rangos indican que es un cuerpo intrusivo básico bandeado, en que las rocas más típicas de la base (por ejemplo dunita y serpentinita) afloran hacia el Oeste.

PRE-PALEOZOICO

A esta Era corresponden los gneis, rocas intrusivas indiferenciadas, se ubican al sur-oeste de la parroquia Lloa.

CRETÁCICO

- ✓ **Formación Macuchi (KM):** Las rocas de la formación son de dos tipos: lavas con brechas volcánicas y sedimentos marinos volcánicos. Las lavas son verdes y de grano fino, los fenocristales de piroxeno monoclinico son raros, indicativos de basaltos muy pobres en potasio. Las brechas volcánicas están compuestas de fragmentos angulares de lava, muy similar a la lava que aflora cerca. Los tamaños de los fragmentos son muy variables.
- ✓ **Formación Yunguilla (K7):** Cuenta con rocas volcánicas gruesas, limolitas volcánicas negras, areniscas volcánicas oscuras y verdes (algunas veces calcáreas) y lavas de esta formación. El espesor de cada estrato va de acuerdo con el tamaño de grano. Las volcanoclásticas gruesas se encuentran en capas masivas de hasta 10 m. de ancho, las areniscas en capas métricas y las limolitas volcánicas en capas disimétricas. La grabación es común; parece que las capas fueron depositadas desde corrientes de turbidez en agua profunda. Basados en microfósiles. (Faucher, 1971)
- ✓ **Formación Silante (Ks):** Abarca conglomerados, areniscas y limonitas volcánicas de color verde y rojo. Sedimentos volcánicos rojos y verdes, con lavas intercaladas. En los conglomerados de la Formación Silante, los clastos son predominantemente rocas volcánicas, similares a las de la Formación Macuchi, pero también encuentran clastos cuarzosos y de rocas intrusivas, la matriz es clorítica y rica en hierro.

CUATERNARIO

- ✓ **Formación San Tadeo (Pleistoceno - PST):** Tiene una morfología plana ligeramente inclinada hacia el Oeste. Se halla constituida en la parte superior por

arcillas de color blanquecino (Caolín) meteorizadas con óxido de hierro; hacia la base existe un cambio gradacional, se aumenta el tamaño de grano a material conglomerático; la matriz es deleznable y los clastos de los conglomerados llegan hasta 60 m. de diámetro; son redondeados y de origen ígneo y sedimentos volcánicos. Las rocas de la Formación San Tadeo descansan discordantes sobre la Formación Macuchí y Silante, y sobre los volcánicos del Pichincha.

- ✓ **Volcánicos del Atacazo (Pleistoceno - PA):** Se reconoce de los volcánicos del Pichincha por su morfología, Depósito cuaternario, está constituido por aglomerados (ag), andesita porfirítica (no) de color gris claro a oscuro, con fenocristales de plagioclasa y piroxeno; y lava indiferenciada (lv). No se observan afloramientos, puesto que se encuentra cubierto por el manto de cangahua (depósito lagunar de ceniza).
- ✓ **Depósito Glacial (Pleistoceno - dg):** Se distinguen varios depósitos glaciales sobre los 3.800 m. de altura en los flancos del Pichincha, donde rellenan los valles en “U”.
- ✓ **Volcánicos del Pichincha (QP):** Está constituido de aglomerados (ag) y lava indiferenciada (lv). Es posible distinguir una fase joven de material piroclástico, constituido de aglomerado volcánico con cemento no muy consolidado y clastos angulosos andesíticos. El volcán Guagua Pichincha ha tenido volcanismo histórico, las rocas de las últimas erupciones han sido dacíticas; tiene una gran caldera, todavía con actividad fumarólica (Hall, 1977).
- ✓ **Formación Cangahua (Qc):** Depósito de ceniza (ce) que cubre el sustrato volcánico y ciertos depósitos superficiales antiguos, principalmente las faldas orientales del Pichincha y lapilli de pómez ((pz), tiene características de color café, varía de claro a oscuro, contiene material orgánico, su estructura tiene

particularidades homogéneas y en algunos casos presenta espesores que son fuertes y otros que son débiles.

Se ha determinado que en suelos donde existan variaciones climáticas y un mayor porcentaje de humedad, la cangagua toma características a limo arcilloso de color negro.

- ✓ **Depósito Coluvial (Dc):** Numerosos y son depósitos heredados de la cangagua y recubren las vertientes de quebradas. (Carta Geológica 1: 50000)
- ✓ **Depósito Aluvial (Da):** Se encuentran en el fondo de las quebradas y consisten en limos con arena y grava.

SIMBOLO	LITOLÓGÍA	FORMACIÓN	ERA/PERIODO/EPOCA
Da	Depósito aluvial	DEPOSITO ALUVIAL	CUATERNARIO/HOLOCENO
Dc	Depósito coluvial	DEPOSITO COLUVIAL	CUATERNARIO/HOLOCENO
Qc	Ceniza, lapilli de pómez	CANGAGUA	CUATERNARIO
QP	Aglomerado, lava indiferenciada	VOLCÁNICOS DEL PICHINCHA	CUATERNARIO
dg	Depósito glacial	DEPOSITO GLACIAL	CUATERNARIO/PLEISTOCENO
PA	Aglomerado, andesita porfirítica, lava indiferenciada	VOLCÁNICOS DEL ATACAZO	CUATERNARIO/PLEISTOCENO
PST	Conglomerado volcánico arcilloso, flujos de lodo (lahares), materiales piroclásticos	SAN TADEO	CUATERNARIO/PLEISTOCENO
Ks	Conglomerado volcánico, arenisca volcánica a limolita volcánica	SILANTE	CRETÁCEO SUPERIOR
K7	Arenisca y limolita volcánica	YUNGUILLA	CRETÁCEO
KM	Lava con amigdaloides, basalto con amigdaloides	MACUCHI	CRETÁCEO

g	Gneis, rocas intrusivas indiferenciadas	NO APLICABLE	PRE-PALEOZOICO
Qc/PA	Cangahua sobre sedimentos del Atacazo	NO APLICABLE	NO APLICABLE
Qc/Qp	Cangahua sobre volcánicos del Pichincha	NO APLICABLE	NO APLICABLE
bb	Gabro	NO APLICABLE	NO APLICABLE
Wn	NO APLICABLE	NO APLICABLE	NO APLICABLE

Cuadro 15: Geología.

Fuente: Dirección de Geología y Minas, actual INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero y Metalúrgico).

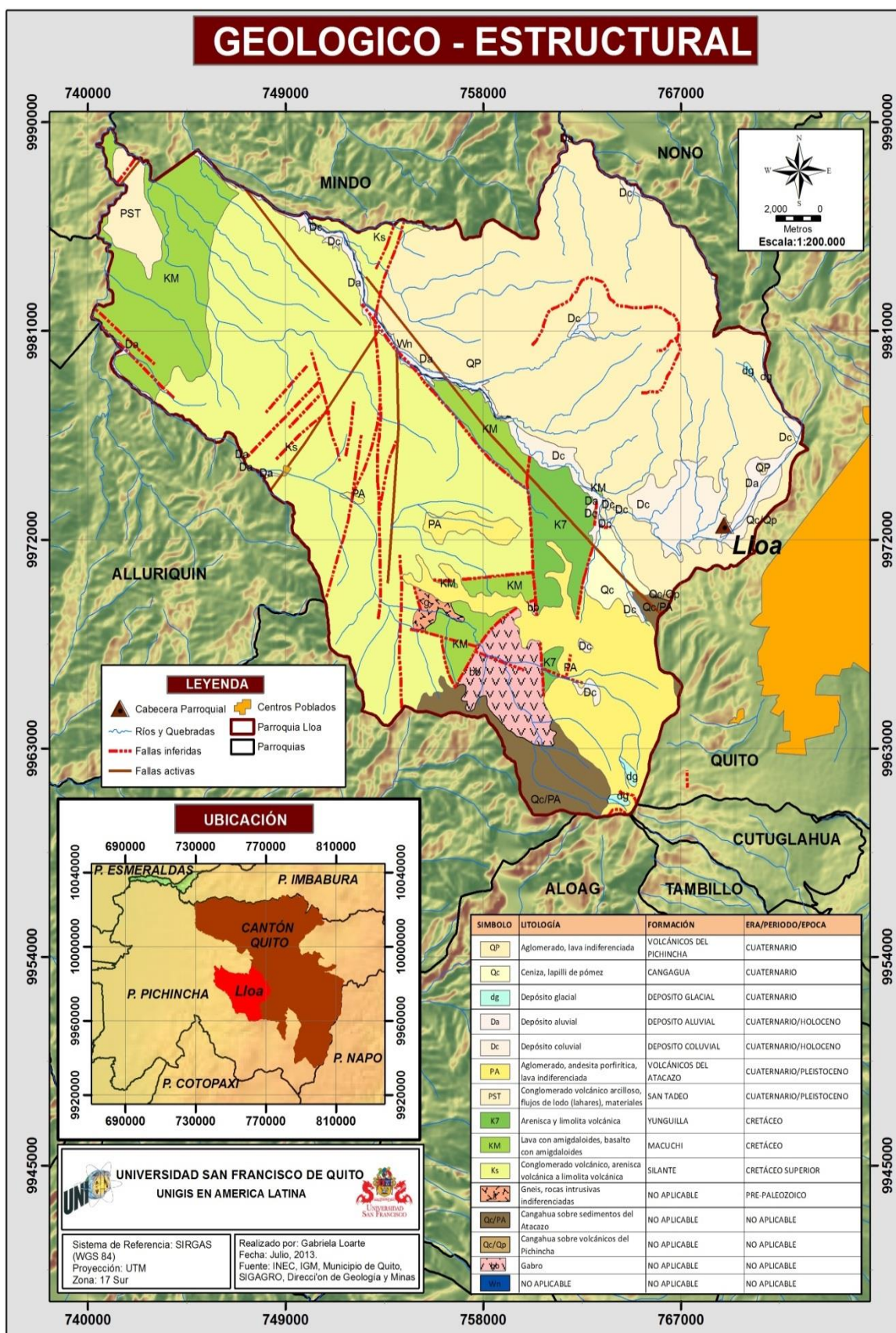


Figura 18: Mapa Geológico - Estructural

Nota: La mayoría de los colores de la leyenda geológica, están basados en RGB Color Code according to the Commission for the Geological Map of the World (CGMW), Paris Francia, como se muestra en el Anexo 2.

3.1.8.3 Marco Estructural

La Cordillera Occidental, se engrosa con volcánicos continentales terciarios. Los volcánicos pliocuaternarios están representados por el Centro Eruptivo Pichincha que comprenden los originados por los volcanes Rucu Pichincha y Guagua Pichincha.

En el proceso del levantamiento de la Cordillera Occidental, se relacionan los fenómenos de degradación y denudación, el primero con los engrosamientos de tipo estrato volcán y el segundo con los procesos fluvio glaciales.

La parroquia Lloa, se encuentra en la Cuenca Interandina, que corresponde geomorfológicamente a un relleno con sedimentos volcánicos, diferenciándose umbrales y niveles tectónicos, con fallas asociadas a las principales estructurales de la cordillera Occidental y Real; formado por flujos volcánicos coalescentes con formas de conos lobulados, al pie de estas lomas alargadas y se encuentran en una plataforma tectónicamente fragmentada. Las disecciones fluviales conocidas como quebradas están en los contactos de estos flujos volcánicos.

Las fallas de este sector se encuentran con tendencia N0 y NS, como se muestra en la (Figura 9: Mapa Geológico – Estructural).



Figura 19: Estructura (diaclasa) en las coordenadas, Y=771506, Y=9974155, Z=3232

3.1.9 Amenazas Naturales y Socio Natural

Las amenazas naturales son eventos potenciales de carácter geodinámica interno o externo, o eventos hidro - metereológicos que pueden causar efectos a elementos expuestos. Cuando la intensidad y recurrencia de estos fenómenos naturales se altera debido a la degradación ambiente y/o la intervención humana en los ecosistemas, se pueden considerar como amenazas socio-naturales (MOVE, 2010). Se pueden apreciar las siguientes amenazas en el área de estudio.

- Geodinámicos

Terremotos y Sismos: Dentro del área de estudio se puede tener este tipo de amenazas, puesto que se encuentra en una zona cercana a varios volcanes a nivel regional y local; estas amenazas son ondas sísmicas provenientes de un lugar o zona donde han ocurrido movimientos subitos de la misma, por movimientos de placas tectónicas. En las figuras

siguientes se indica los el análisis de los sismos producidos en los últimos cuatro años registrados por la Red Sísmica Nacional del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN) entre 1.7 y 4.03 grados en escala de Richter , que han sido cercanos al área de estudios y en los meses dónde más repeticiones se han dado.



Figura 20: Mapa de Sismos del 2010, mes de Abril.

Fuente: <http://www.igepn.edu.ec/sismos/mapas/mapa-2010.html>



Figura 21: Mapa de Sismos del 2011, mes de Enero.

Fuente: <http://www.igepn.edu.ec/sismos/mapas/mapa-2010.html>



Figura 22: Mapa de Sismos del 2012, mes de Octubre.

Fuente: <http://www.igepn.edu.ec/sismos/mapas/mapa-2010.html>

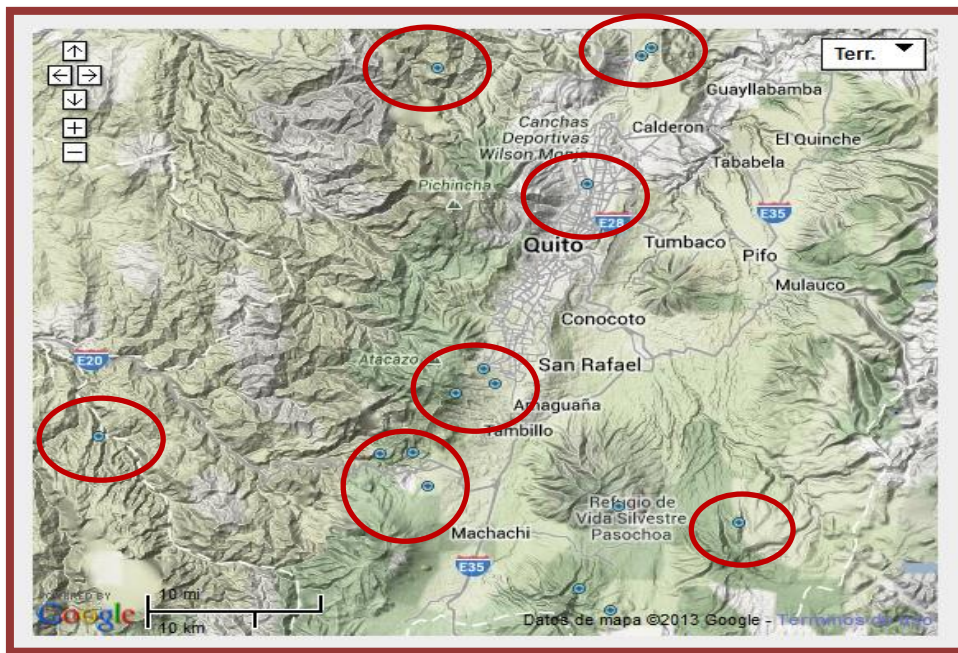


Figura 23: Mapa de Sismos del 2013, mes de Marzo.

Fuente: <http://www.igepn.edu.ec/sismos/mapas/mapa-2010.html>

- Volcánicos

El volcanismo en los Andes ecuatorianos es el resultado de la subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa continental de América del Sur. La placa oceánica de Nazca tiene una edad de entre 12 y 20 millones de años (Ma) frente a las costas ecuatorianas e incluye a la Cordillera submarina de Carnegie. Esta cordillera de origen volcánico, es producto de la actividad del punto caliente de Galápagos sobre la placa Nazca.

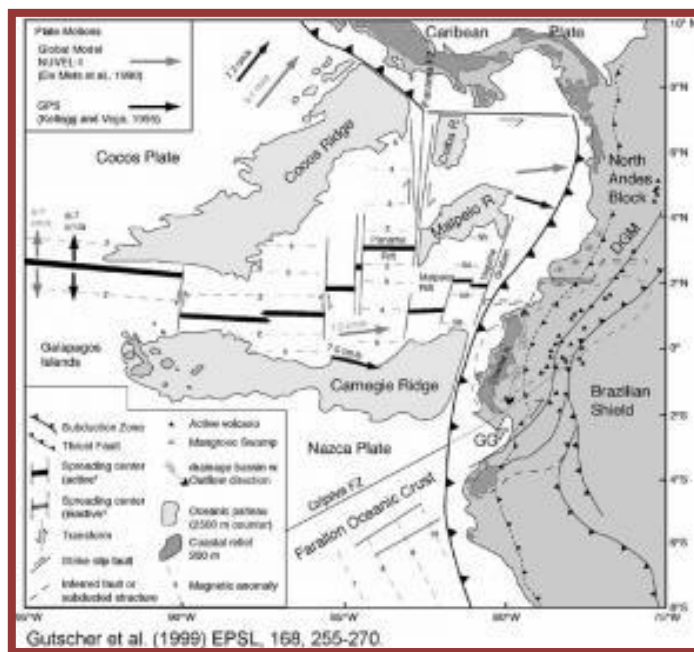


Figura 24: Placas Tectónicas.

Fuente: Instituto Geofísico - EPN

El arco volcánico ecuatoriano se caracteriza por ser muy ancho (100-120 km) y presentar varias filas paralelas de volcanes, lo que le diferencia del arco volcánico de Colombia (30-50 Km de ancho), que está constituido por una sola fila de volcanes. Los volcanes ecuatorianos pueden ser clasificados de dos formas: la primera clasificación corresponde a Hall y Beate (1991), quienes definen cuatro filas según el tipo de basamento/substrato que subyace a los volcanes: Cordillera Occidental, el Valle Interandino, la Cordillera Real y el Oriente. En cambio, la segunda corresponde a Monzier et al. (1999), quienes en base a la geoquímica agrupan los volcanes en tres filas de dirección NNE (el Frente Volcánico, el Arco Volcánico Principal y el Tras-arco), y los volcanes de Riobamba que constituyen la terminación sur del arco ecuatoriano. En este agrupamiento geoquímico, el Arco Principal incluye los volcanes del Valle Interandino más los de la Cordillera Real, mientras que la separación de los volcanes de Riobamba se la realiza con base en su restringida

variabilidad geoquímica (andesitas básicas a andesitas) con respecto al resto del arco (Hall et al., 2008)

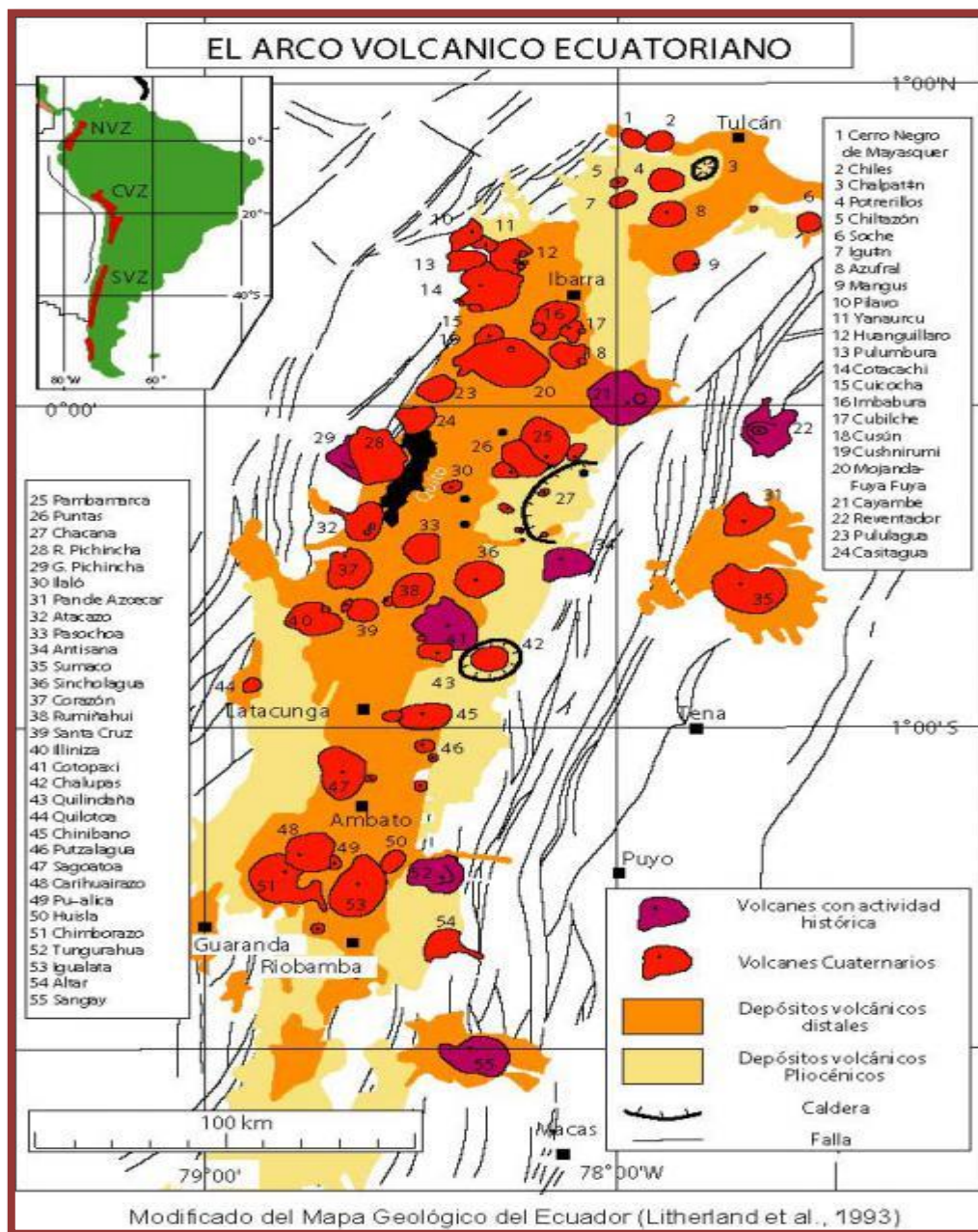


Figura 25: Mapa Volcánico del Ecuador.

En el área de estudio se encuentran tres volcanes, dos de ellos Ruco Pichincha y Atacaso que corresponden a volcanes cuaternarios) sin actividad relacionada y el Guagua Pichincha que tiene actividad histórica; los mismos que son estructuras geológicas que

tienen la probabilidad de una erupción de determinada magnitud y que pueda afectar y causar diferentes daños y pérdidas según sea el caso.



Ubicación

Latitud: 0. 17° S
Longitud: 78.60° W

Datos Fisiográficos

Elevación: 4794 m
Diámetro de base: 12 km N-S
Tipo de volcán: Estratovolcán con una caldera de avalancha abierta hacia el W
Diámetro de caldera: 1.6 km
Profundidad de caldera: 700 m
Domo en la caldera, elevación: 400 m. (nivel de la caldera)
Alerta: Amarilla

Figura 26: Volcán Guagua Pichincha.

- Geotécnicas externas

Este tipo de amenazas se los conoce como fenómenos de remoción en masa (FOPAE, 2001). Estas pueden ser el resultado de los procesos de degradación. A este tipo de amenaza corresponden las caídas de roca, deslizamientos, volcamientos, flujos de suelos, avalanchas, erosión del suelo, entre otros; los mismos que pueden ser el resultado de procesos de degradación del suelo, deforestación, acciones del hombre, intensas lluvias que saturan el terreno y activan los deslizamientos, o como efectos secundarios de los sismos o terremotos. En el área de estudio se puede observar deslizamientos provocados por las aperturas de caminos y carreteras como se visualiza en la figura adjunta.



Figura 27: Apertura de vía Lloa - San Jose.

- **Amenaza Antrópica o Socio Natural**

Esta amenaza es producto de las actividades del hombre, y pueden ser algunas veces intencionadas o no intencionadas. Lloa se encuentra en constante crecimiento tanto poblacional como de infraestructura, en este caso a través de las aperturas de vías y cambio de uso de suelo en esta parroquia; que año a año se va expandiendo, transformando; y a su vez generando riesgos y desastres.

3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Para la obtención de información cartográfica se realizó un pedido a la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del Municipio de Quito, Secretaría de Ambiente, INIGEMM (Instituto de Investigación Geológico Minero Metalúrgico), IGM (Instituto Geográfico Militar), Instituto Geofísico - EPN; información cartográfica base para el desarrollo de este proyecto. Se cuenta con la siguiente información:

- ✓ Curvas de nivel 1:50.000
- ✓ Red Hidrográfica: Ríos, Quebradas y Bordes de quebrada.
- ✓ Volcanes
- ✓ División Política: Provincial, Cantonal y Parroquial.
- ✓ Uso de suelo.
- ✓ Áreas Naturales.
- ✓ Red Vial.
- ✓ Isoyetas.
- ✓ Geología.
- ✓ Sismos.

3.3 IMÁGENES SATELITALES UTILIZADAS

Se realizó un pedido a la Consultora en Geotecnologías **CONSULTGEO**, las imágenes satelitales RapidEye, éstas cuentan con cinco satélites de RapidEye idénticos que monitorean la tierra, poseen la capacidad inigualable de imagen con frecuencia de grandes áreas en alta resolución espacial. Además cuentan con la combinación del sistema de RapidEye, el mismo que es un equipo internacional de expertos, y una cadena de producción.

RapidEye es un proveedor de información geoespacial que se concentra en proporcionar soluciones personalizadas integradas a los procesos de clientes mundiales en la agricultura, la silvicultura, vegetación, energía, seguridad, planificación territorial, gestión de riesgos, medio ambiente y otros mercados

asociados. RapidEye posee una constelación de cinco satélites idénticos para la observación de la Tierra con la cual ejecuta su modelo de negocios.

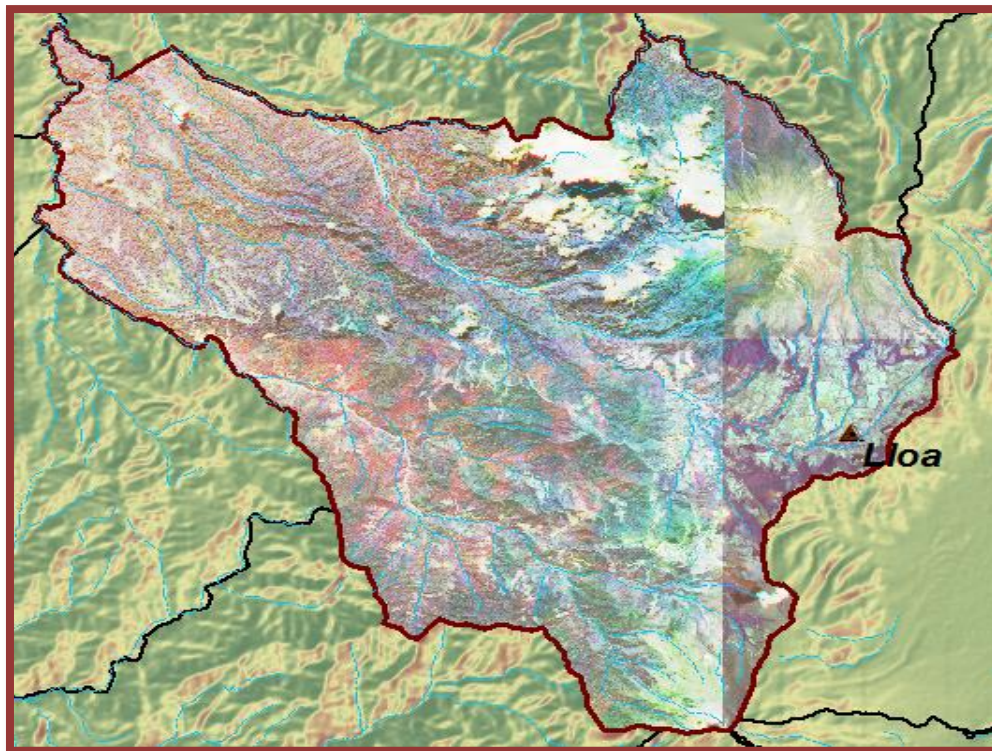


Figura 28: Imágenes **RapidEye** de la parroquia Lloa.

Estas imágenes han servido para actualizar la cobertura vegetal - uso de suelo, la misma fue realizada a través de una clasificación supervisada por la Secretaria de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito – 2011.

3.4 ELABORACIÓN DE UNIDADES MORFOLÓGICAS

Con la información recolectada anteriormente se procedió a realizar la elaboración de las unidades morfológicas, esta cartografía servirá como insumo para el presente estudio de modelamiento.

La obtención de esta cobertura fue realizada con la ayuda del Software ENVI (TOPOGRAPHIC MODELING), el mismo que permitió darnos variables topográficas

(pendiente y curvaturas) a través de un MDE (Modelo Digital de Elevación), para luego ser clasificadas y a su vez interpretadas en cada unidad geomorfológica. Además para su respectiva interpretación se basó en imágenes, geología, curvas de nivel y coberturas bibliográficas de estudios realizados a nivel nacional (paisajes naturales, INFOPLAN, entre otros).

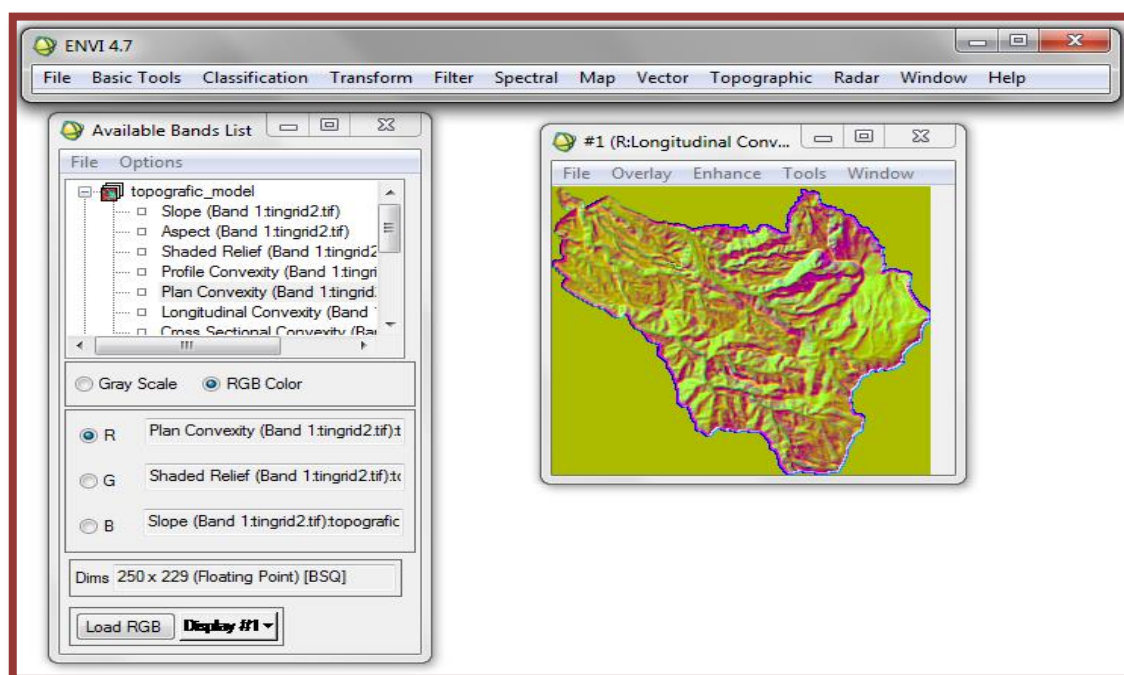


Figura 29: Modelo Topográfico.

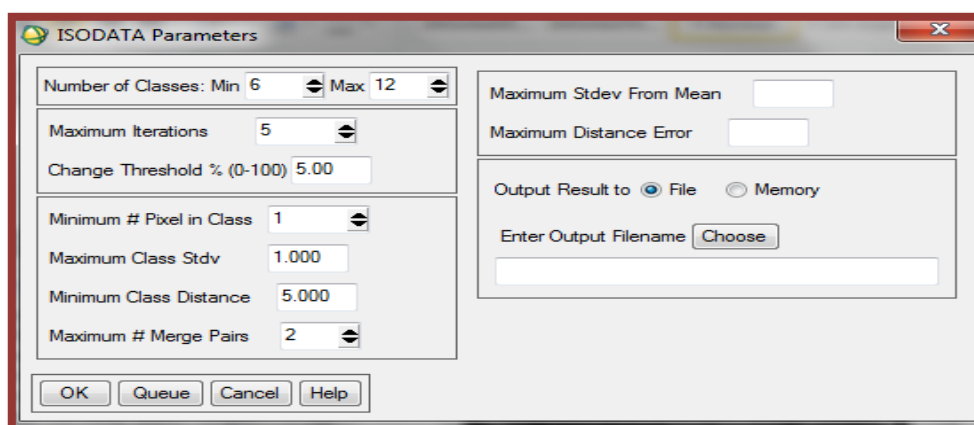


Figura 30: Clasificación No Supervisada

Reference:

Wood, Joseph The Geomorphological Characterization of Digital Elevation Models, Ph. D. Thesis, University of Leicester, Department of Geography, Leicester, UK, 1996.

3.5 CATEGORIZACIÓN

La categorización está basada de acuerdo al proyecto Multinacional Andino Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA:GCA), se consideraron cuatro tipos principales e importantes: se consideraron cuatro tipos principales de amenazas, siendo estas: por caídas, deslizamientos, flujos y reptaciones.

Para los movimientos en masa (desplazamiento de materiales en laderas), existen factores que favorecen a estos movimientos y otros que desencadenan, se los denomina factores condicionantes y desencadenantes.

3.6 FACTORES DE MODELAMIENTO

Se tomará en cuenta dentro de las variables a los factores condicionantes (relieve, litología, suelo, cobertura del suelo) y desencadenantes como precipitaciones y sismicidad.

3.6.1 Factores Condicionantes

Los factores condicionantes son aquellos denominados también como factores pasivos ya que dependen de su propia naturaleza, forma y estructura del terreno.

Los parámetros que se tomarán en cuenta para este estudio corresponden a los siguientes:

- **Relieve/Morfología (S_m):** Esta variable constituye las unidades morfométricas, en la que interviene la pendiente (declive de terreno, respecto a la horizontal de una

vertiente) y la longitud de las vertientes. Para obtener estos datos para la parroquia Lloa se basó, en la curvas de nivel cada 40 metros, proporcionada por la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del Municipio de Quito y los software (ENVI, ARCGIS).

Rango (%)	Cod	Tipo	Descripción
0 - 12	1	Plana	Relieves completamente planos, casi planos y ligeramente ondulados. (Planos)
>12 - 25	2	Media	Relieves medianamente ondulados a moderadamente disectados.
> 25 - 40	3	Media a Fuerte	Relieves fuertemente disectados.
> 40 - 70	4	Fuerte	Relieves fuertemente disectados.
> 70 - 100	5	Muy Fuerte	Relieves muy fuertemente disectados
> 100 - 150	6	Escarpada	Relieves escarpados.
> 150 - 200	7	Muy Escarpada	Relieves muy escarpados.
> 200	8	-	Zonas reconocidas como mayores a 200% en el mapa de pendientes.
NA	NA	No Aplicable	No Aplicable

Cuadro 16: Clasificación de la pendiente.

Fuente: CLIRSEN

Cod	Tipo	Descripción
1	Muy corta	< a 15 m
2	Corta	15 a 50 m
3	Moderadamente larga	50 a 250 m
4	Larga	250 a 500 m
5	Muy larga	> a 500 m
NA	No aplicable	NA

Cuadro 17: Clasificación de la longitud de la vertiente.

Fuente: CLIRSEN

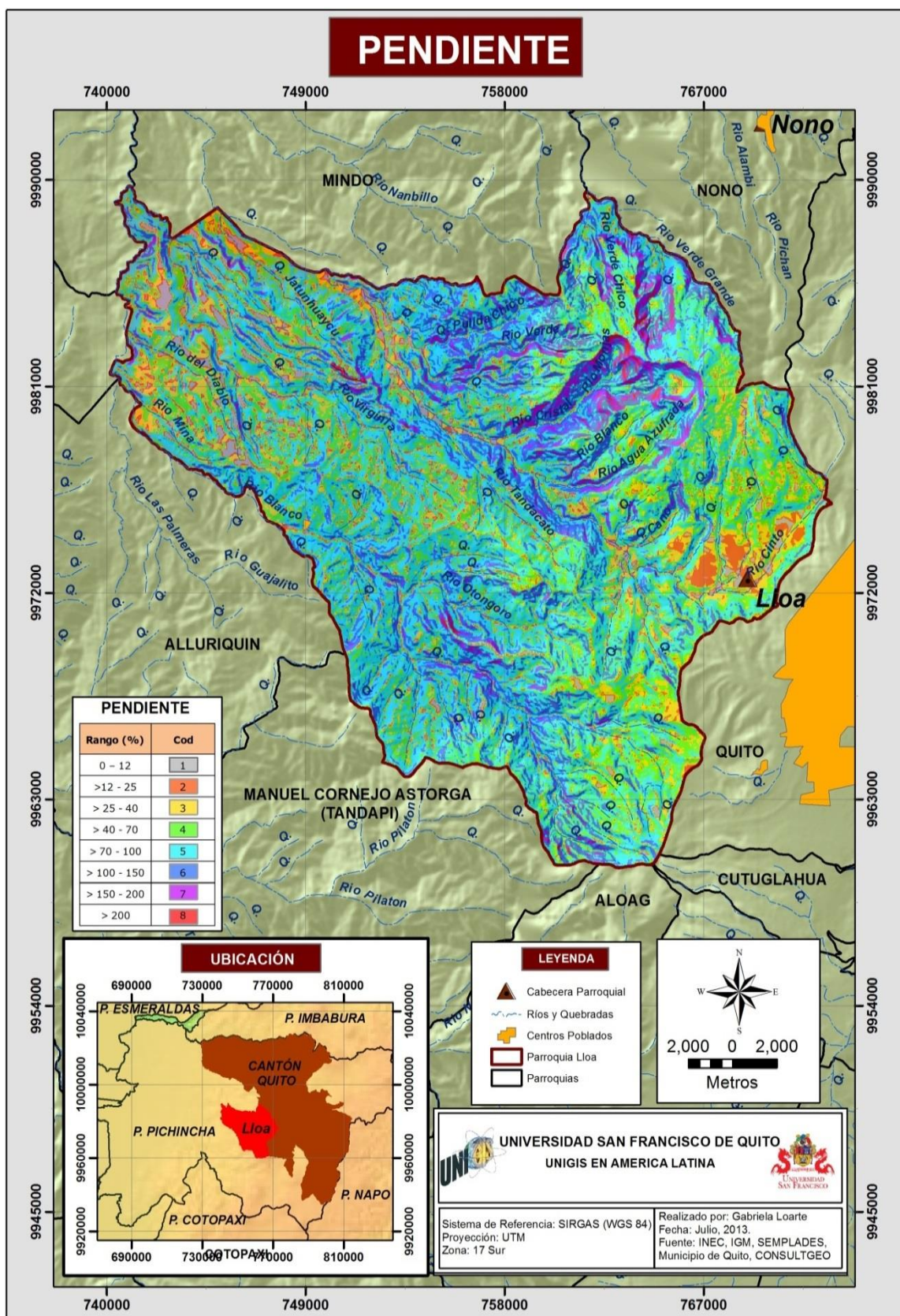


Figura 31: Mapa de Pendiente.

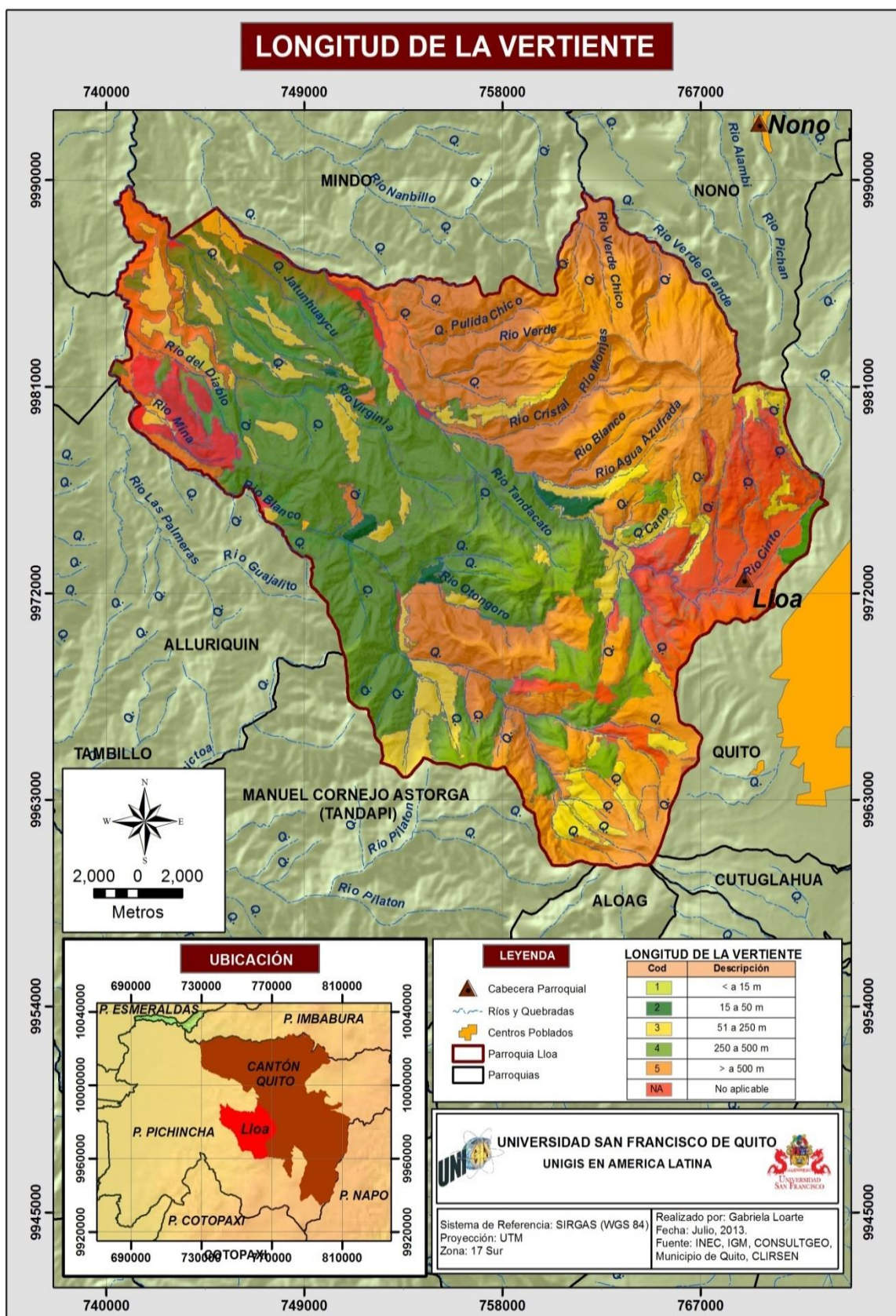


Figura 32: Mapa de Longitud de la Vertiente.

Una vez identificadas las unidades morfométricas se procede a extraer el valor de la pendiente (unificando) y para el cálculo de esta variable (S_m - variable morfométrica), se utiliza la siguiente fórmula, en donde se coloca un mayor peso o ponderación a la pendiente, puesto que la misma es la que tiene una mayor influencia en la susceptibilidad a movimientos en masa:

$$S_m = 4 * P + L_v,$$

Dónde:

S_m : Factor morfométrico

P : Factor de pendiente

L_v : Factor de longitud de vertiente

Rango (%)	Tipo	Ponderación
0 - 12	Plana	1
>12 - 25	Media	2
> 25 - 40	Media a Fuerte	3
> 40 - 70	Fuerte	4
> 70 - 100	Muy Fuerte	5
> 100 - 150	Escarpada	6
> 150 - 200	Muy Escarpada	7
> 200	-	8
NA	No Aplicable	0

Cuadro 18: Ponderación de la Pendiente.

Fuente: Autora

Tipo	Rango	Ponderación
Muy corta	< a 15 m	1
Corta	15 a 50 m	2
Moderadamente larga	51 a 250 m	3
Larga	250 a 500 m	4
Muy larga	> a 500 m	5
No aplicable	NA	0

Cuadro 19: Ponderación de la Longitud de la Vertiente.

Fuente: Autora

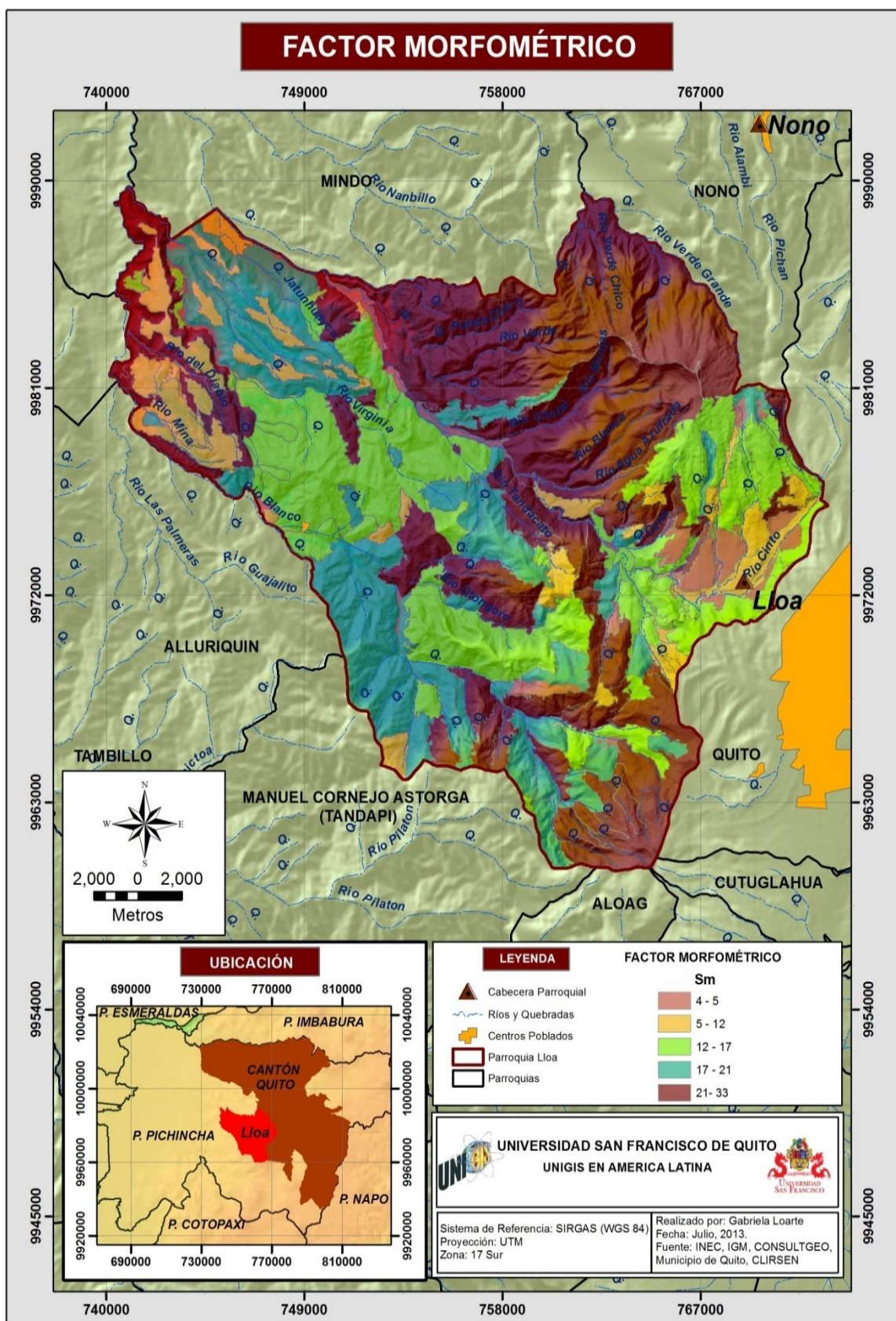


Figura 33: Mapa del Factor Morfométrico.

Con la ayuda de field calculate del programa ARCGis 10.0 se procede a realizar el cálculo de la siguiente fórmula, con las ponderaciones respectivas quedándonos los siguientes resultados:

Tipo	Rango (S_m)	Sm Ponderación
Baja	4-5	1
Media	5-12	2
Moderada	12-17	3
Alta	17-21	4
Muy alta	21-33	5

Cuadro 20: Ponderación del Factor Morfométrico.

Fuente: Autora

- **Litología (Sl):** El relieve está determinado por los diferentes procesos geológicos e indica la potencia de todos los movimientos de rocas y suelos; en lo referente a la composición, textura y estructura. Este factor es primordial puesto que describe las unidades litológicas, y a su vez es uno de los que ha categorizado a la topografía actual. Se realizará la ponderación en base a (Mora & Vahrson, 1993).

Litología	Formación	Tipo	Ponderación
Depósito aluvial	DEPOSITO ALUVIAL	Alta	4
Depósito coluvial	DEPOSITO COLUVIAL	Muy alta	5
Ceniza, lapilli de pómez	CANGAGUA	Mediana	3
Aglomerado, lava indiferenciada	VOLCÁNICOS DEL PICHINCHA	Moderada	2
Depósito glacial	DEPOSITO GLACIAL	Muy alta	5
Aglomerado, andesita porfirítica, lava indiferenciada	VOLCÁNICOS DEL ATACAZO	Baja	1
Conglomerado volcánico arcilloso, flujos de lodo (lahares), materiales piroclásticos	SAN TADEO	Mediana	3
Conglomerado volcánico, arenisca volcánica a limolita volcánica	SILANTE	Mediana	3
Arenisca y limolita volcánica	YUNGUILLA	Mediana	3
Lava con amigdaloides, basalto con amigdaloides	MACUCHI	Mediana	3
Gneis, rocas intrusivas indiferenciadas	NO APLICABLE	Baja	1
Gabro	NO APLICABLE	Baja	1
Cangahua sobre sedimentos del Atacazo	NO APLICABLE	Moderada	2

Cangahua sobre volcánicos del Pichincha	NO APLICABLE	Baja	1
NO APLICABLE	NO APLICABLE	NO APLICABLE	0

Cuadro 21: Ponderación del Factor Litológico.

Fuente: Autora en base a Mora & Vahrson, 1993.

- **Cobertura Vegetal (Sc):** La degradación acelerada de suelos es un problema muy importante, el mismo que genera un proceso discontinuo de desgaste y de redefinición del paisaje. No obstante apuntan a que la amenaza principal se debe a erosión antropogénica acelerada por falta de planificación del uso de la tierra con una adecuada tecnología. (Marchamalo, 2007).

Las características de las raíces, dependen de la especie vegetal, la edad, las propiedades del perfil de suelo y el medio ambiente. La profundidad de las raíces generalmente, no supera los cinco metros en árboles grandes, dos metros en los arbustos y 30 centímetros en los pastos (Suárez, 1998).

Para este factor se tomará en cuenta la cobertura vegetal facilitada por la Secretaría de Ambiente, en referencia al nivel III, a la misma que se le realiza la siguiente ponderación en base a un análisis fenológico:

Cobertura Vegetal (NIVEL III)	Tipo	Ponderación
Arbustal montano de los andes del norte	Media	2
Arbustales bajos y matorrales altoandinos paramunos	Media	2
Arenales	Muy alta	5
Bosque secundario	Baja	1
Bosques altimontanos norte andinos siempre verdes	Baja	1
Bosques bajos y arbustales altoandinos paramunos	Baja	1
Bosques montanos pluviales de los andes del norte	Baja	1
Bosques pluviales piemontanos de los andes del norte	Baja	1
Bosques siempreverde estacionales montano bajos	Baja	1
Canteras	Muy alta	5
Cultivos ciclo corto	Alta	4

Cultivos semipermanentes y permanentes	Alta	4
Edificaciones	Media	2
Eucalipto adulto	Baja	1
Eucalipto joven y regeneración	Baja	1
Glaciares	Alta	4
Matorral en regeneración	Baja	1
Pajonales Altimontanos y montanos paramunos	Media	2
Pajonales edafoxerofilos altimontanos	Media	2
Pasto cultivado	Muy alta	5
Pasto natural	Mediana	3
Pinos y ciprés	Baja	1
Reservorios	Baja	1
Ríos	Mediana	3
Roca	Alta	4
Suelos en preparación	Alta	4
Suelos erosionados	Muy alta	5
Suro con árboles	Baja	1
Suro con arbustos	Baja	1

Cuadro 22: Ponderación del Factor de Cobertura Vegetal.

Fuente: Autora, en base a la descripción del CLIRSEN para el factor Sc.

3.6.2 Factores Desencadenantes

Son factores que actúan desde afuera del medio que se estudia, provocando o desencadenando un deslizamiento al modificar las condiciones preexistentes. Estos son: Precipitación, Sismicidad, Terremotos y vibraciones, Factores climáticos, Erosión, Agrietamiento por resequedad del suelo, Factores antrópicos (actividad humana).

Son llamados factores activos o llamados factores gatillo o detonantes, para este estudio se tomará en cuenta únicamente la precipitación y sismicidad.

- **Precipitación (Tp):** Se traduce en medidas mm H₂O, en la columna de agua y % (Aporte de agua). El agua es sinónimo de inestabilidad de taludes, define tipos y formas de movimiento. Las precipitaciones específicamente considera la relación de tiempo.

Para el análisis de este factor, se recogió la información de las estaciones cercanas a la parroquia Lloa que son las siguientes:

ID	COD	NOMBRE ESTACION	ALTURA m.s.n.m	ESTE	NORTE	PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm)
2	P23	ATACAZO	3865	767195	9965170	1398.8
5	P21	CHILLOGALLO	3090	769180	9968820	955.2
9	P15	EL CINTO	3200	770750	9972900	1163.0

Cuadro 23: Estaciones cercanas a la parroquia Lloa.

Fuente: EMAAP

Con la información mencionada anteriormente, se procede a reclasificar y a su vez a colocarle la ponderación respectiva, haciendo referencia al de menor rango con valor 1 y al de mayor con 5, como se muestra en la siguiente tabla:

RANGOS	Tipo	Ponderación (Tp)
1250 - 1500	Baja	1
1500 - 1750	Media	2
1750 - 2000	Moderada	3
2000 - 2500	Alta	4
2500 - 3000	Muy alta	5

Cuadro 24: Ponderación de precipitaciones.

Fuente: Autora, en base a descripción de la EMAAP.

Nota: La intensidad de precipitación como factor de disparo (Mora&Vahrson, 1993); para éste análisis se utilizarán los valores de precipitación media anual.

- **Sismicidad (T):** "Los sismos son los mayores orígenes de los deslizamientos a nivel mundial se lo considera como el mayor factor gatillo da origen no solo a deslizamientos, desprendimientos flujos y licuefacción de suelos." (Valarezo, 2008)

Para el análisis de este factor, se recogió la información de INFOPLAN, en lo referente a la intensidad sísmica y para su ponderación se seguirá el criterio (Mora&Vahrson, 1993); y la magnitud de la intensidad estimada por Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional:

Intensidad Mercalli Modificada	Tipo	Magnitud Richter (estimada)	Ponderación (T)
III	Leve	3,5	1
IV	Muy Bajo		1

Cuadro 25: Ponderación de Sismicidad.

Fuente: Autora en base a Mora & Vahrson, 1993.

3.7 INTEGRACIÓN DE FACTORES CONDICIONANTES Y DESCENCADENANTES

Una vez analizados y ponderados los factores condicionantes y desencadenantes se integran a través de la utilización de las siguientes fórmulas para el cálculo de la susceptibilidad.

- ✓ *Fórmula para factores condicionantes*, la misma que nos dará la susceptibilidad a movimientos en masa:

$$SD = (S_m) * (S_I) * (S_c)$$

Dónde:

SD: Susceptibilidad a movimientos en Masa.

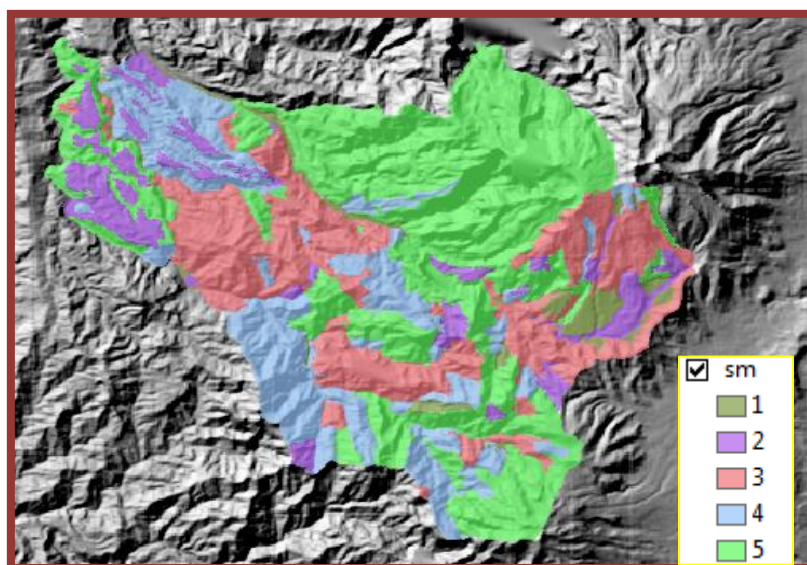


Figura 34: Sm: Factor morfométrico.

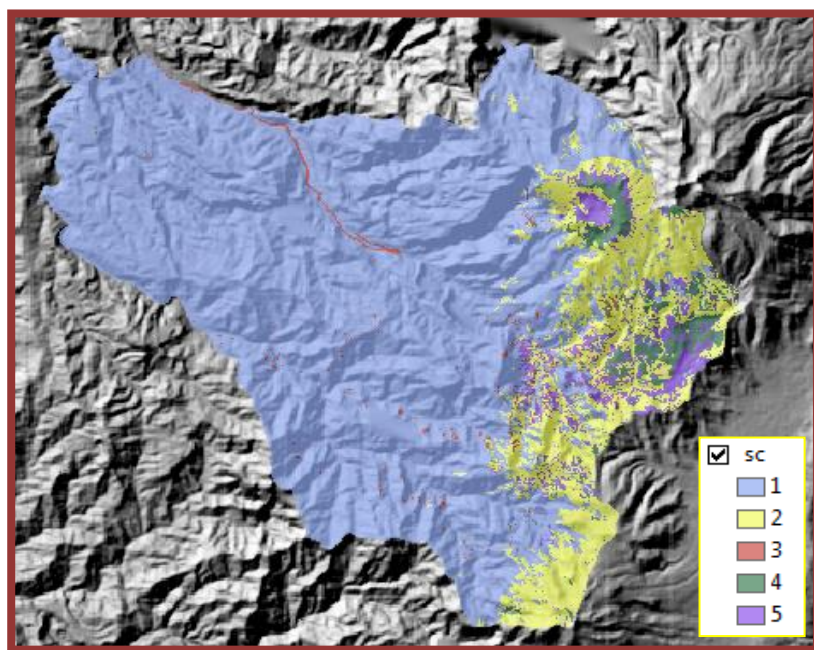


Figura 35: Sc: Factor de Cobertura Vegetal.

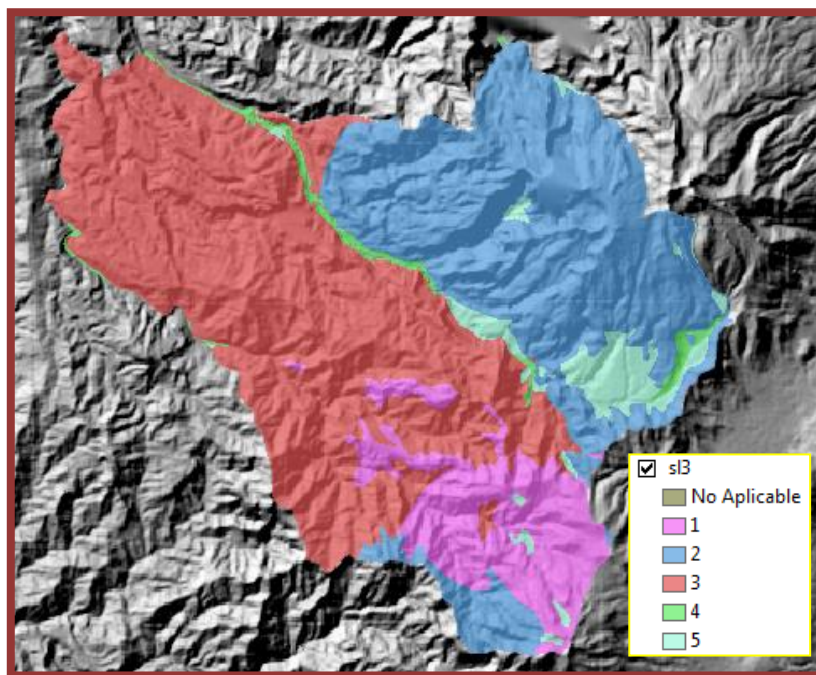


Figura 36: sI: Factor Litológico.

✓ *Fórmula para factores desencadenantes:*

$$FC = (Ts) + (Tp)$$

Dónde:

FC: Factor Desencadenante

Ts: Factor Sísmico.

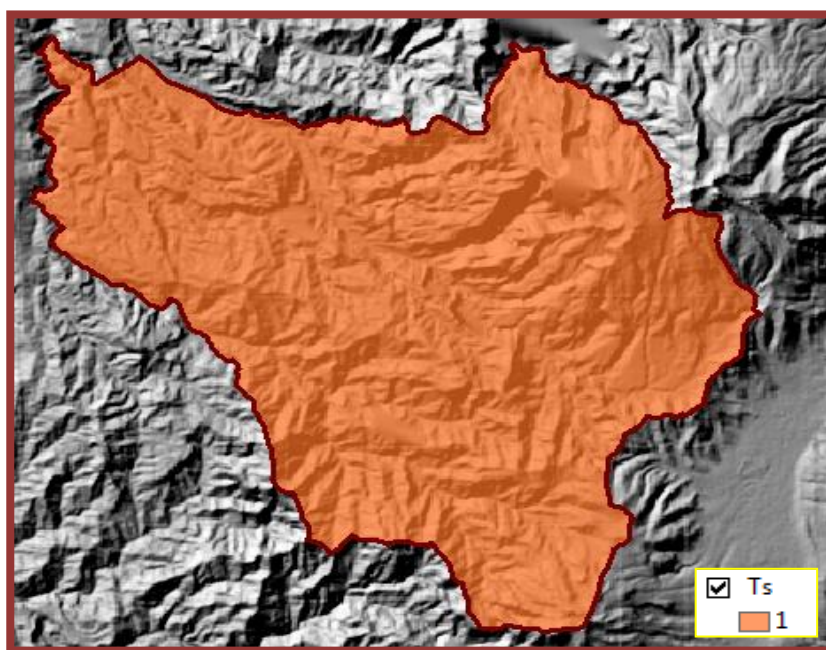


Figura 37: Ts: Factor Sísmico.

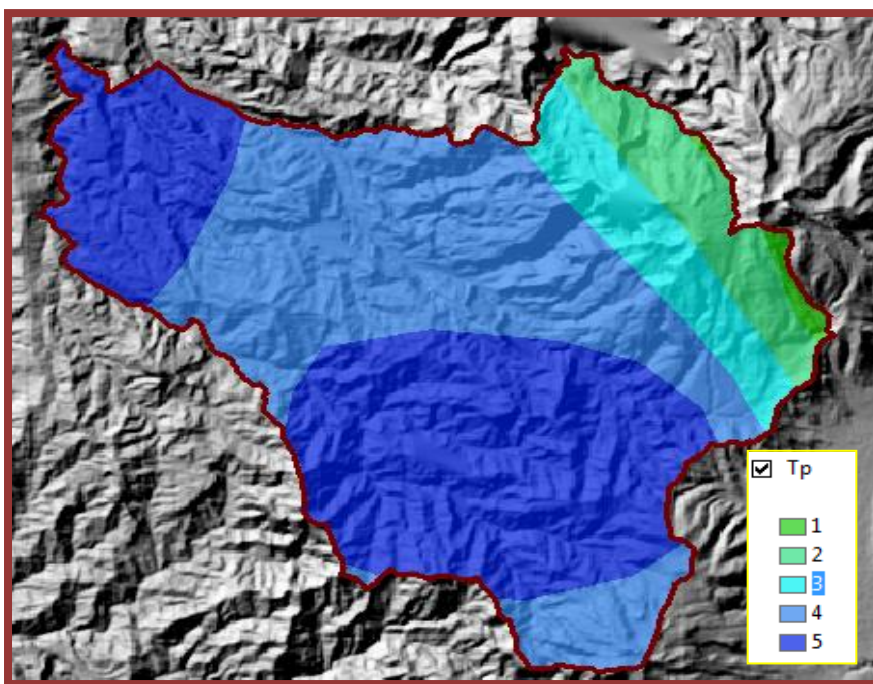


Figura 38: Tp: Factor de Precipitación

El cálculo de los factores desencadenantes, se realiza con el mismo procedimiento que para los factores condicionantes, obteniendo los siguientes resultados:

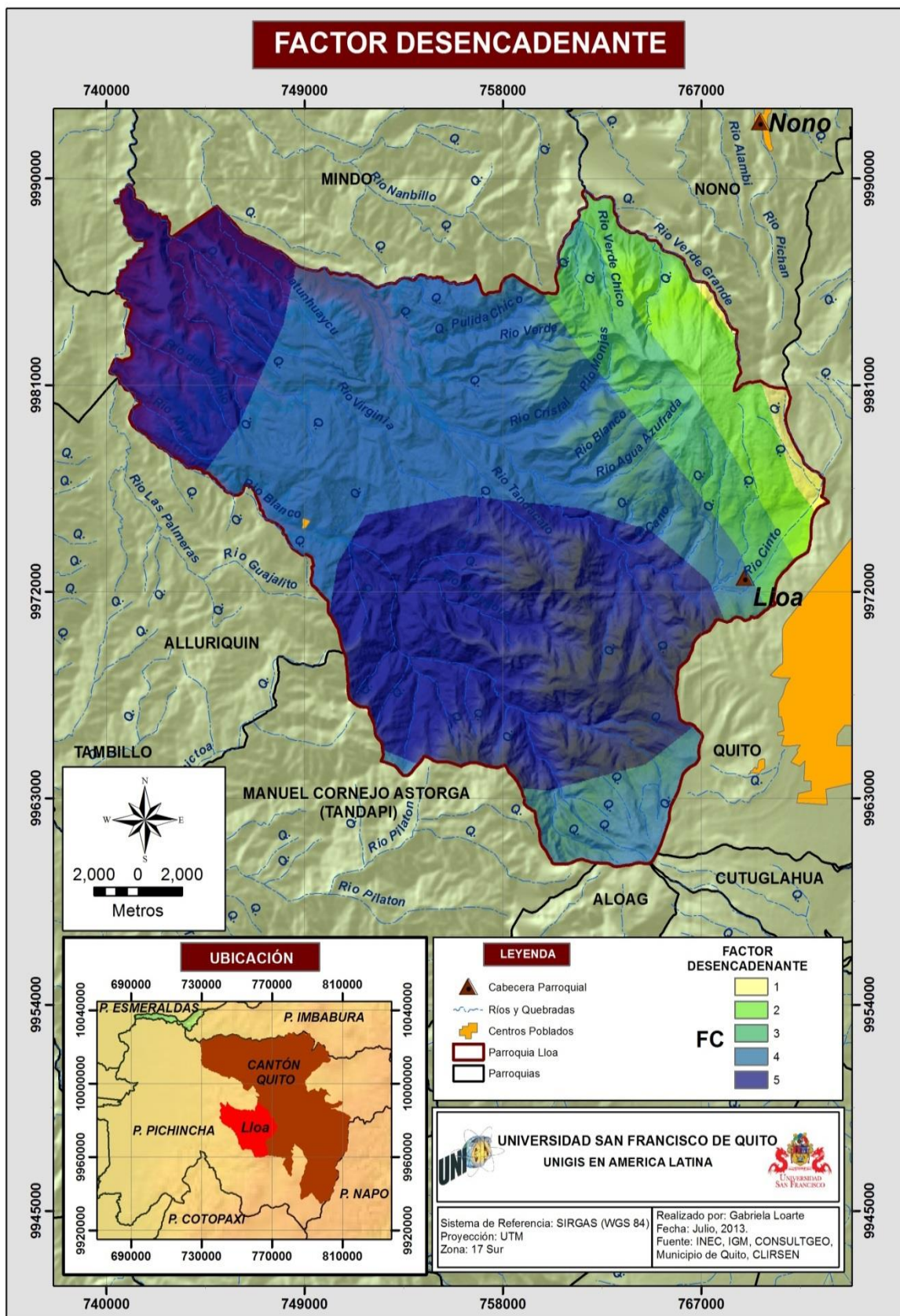


Figura 39: Mapa del Factor Desencadenante.

4 RESULTADOS

4.1 APLICACIÓN DE METODOLOGÍA

Es un estudio semidetalle de acuerdo a la información disponible obtenida por las diferentes instituciones públicas, privadas y otras realizadas y actualizadas en este proyecto de tesis; así mismo fue trabajada en un Sistema de Referencia (UTM-WGS84 - Zona 17 S).

La metodología que se aplicó en el presente estudio está basada en el (Mora&Vahrson, 1993); el mismo que consiste en la ponderación de los factores condicionantes y desencadenantes para el análisis de los movimientos en masa.

Las fórmulas han sido modificadas y establecidas por proyectos disponibles y realizados a nivel nacional como son CLIRSEN e INIGEMM y sus ponderaciones a criterio y análisis de la autora.

El análisis de resultados está encaminado en la representación cartográfica de cada uno de los factores que involucran en la susceptibilidad de movimientos en masa; esto se lo puede obtener gracias a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta tecnología o ciencia no es más que un conjunto de componentes interrelacionados y que se encuentran diseñados para soportar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, el modelado y el despliegue de datos espacialmente referenciados (georeferenciados), para la solución de los problemas complejos del manejo, gestión y planeamiento territorial. Además permiten reunir, procesar, almacenar y distribuir información espacial de todo tipo para que pueda ser útil en la toma de decisiones para cualquier empresa, organización y proyecto.

Además cabe mencionar que la los SIG tienen un potencial impresionante por lo que es muy importante conocer sus alcances para así poder aprovechar sus potencialidades al máximo y utilizarlo de una manera ética y razonable en la gestión y toma de decisiones.

Una de las aplicaciones de los SIG, es el proceso para la obtención de la susceptibilidad como: es la entrada de información, almacenamiento, análisis de los resultados y la salida de información (en forma cartográfica y visual). Esto se lo realiza a través de una superposición de los factores condicionantes y desencadenantes en la zona de estudio con sus respectivas ponderaciones y se clasifica los valores obtenidos en clases, que se definirán en el transcurso del desarrollo de la investigación.

4.2 SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

La aplicación de esta metodología del cálculo y combinación de los factores condicionantes (morfométrico, cobertura vegetal y litológico), permitió generar un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a través de las diferentes herramientas SIG y del método heurístico; los resultados se presentan a través de la siguiente figura:

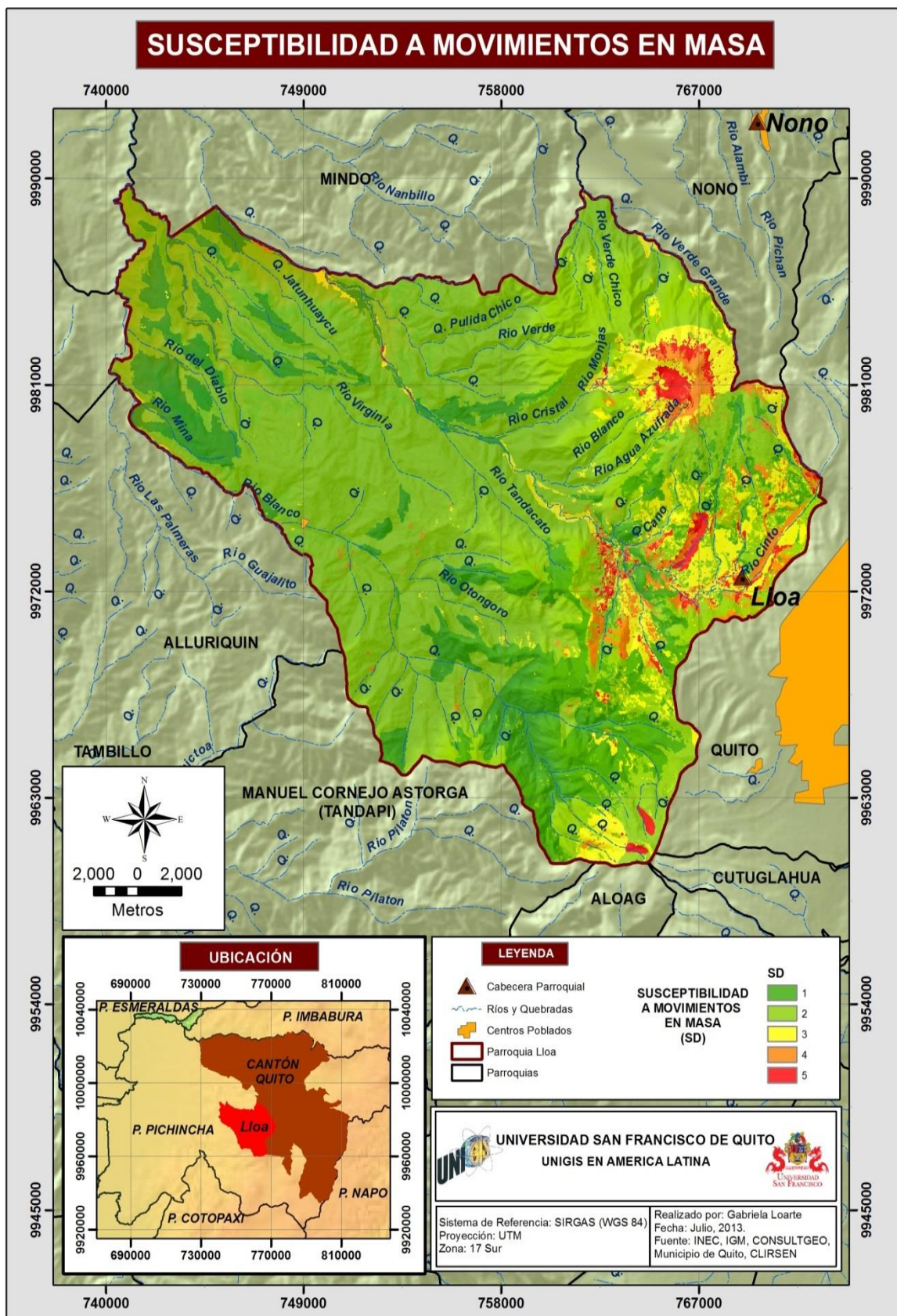


Figura 40: Mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa.

Este mapa de Susceptibilidad presenta cinco categorías las mismas que están dadas en los factores detonantes o activos; el mismo que nos indica la el potencial de inestabilidad en el área de estudio de acuerdo a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de cobertura vegetal.

Susceptibilidad	Ponderación	Área (ha)	Área (%)
Baja	1	10760.32	19.93
Media	2	36443.52	67.50
Moderada	3	4058.72	7.52
Alta	4	1765.44	3.27
Muy alta	5	960.32	1.78

Cuadro 26: Ponderación de Susceptibilidad.

Fuente: Autora.



La susceptibilidad a movimientos en masa en la parroquia Lloa, corresponde a cinco categorías Baja, Media, Moderada, Alta y Muy Alta, como se visualiza en la Figura 40.

Susceptibilidad Baja: Áreas con pendientes de 0 -25%, con lavas - basaltos - rocas intrusivas indiferenciadas – gneis; existen discontinuidades que no favorecen a deslizamientos. Corresponde el 19.93 % del área de estudio.

Susceptibilidad Media: Corresponde el 67.5 % de toda la parroquia, siendo un área mayoritaria con respecto a las demás categorías, pertenece a una zona con un porcentaje de pendiente variable que va del 25 - 150%; se encuentra dentro de las formaciones

geológicas de conglomerados volcánicos - areniscas volcánicas a limolita – volcánicos del Pichincha (aglomerados y lava indiferenciada). A pesar de tener una pendiente alta, los demás factores favorecen siendo estos más estables que la pendiente.

Susceptibilidad Moderada: Cuenta con un área 7.52%, a esta categoría corresponden zonas de pendientes que varían de 25 – 70%; se encuentran litológicamente en cangahua – aglomerados - lavas indiferenciadas – depósitos coluviales. Esta zona se encuentra con probabilidades de ocurrencia a movimientos en masas.

Susceptibilidad Alta: Corresponde un área de 3. 27% en relación a toda la zona de estudio, cuenta con rangos de pendientes variables que van de 12 – 100%. Litológicamente se encuentran en depósitos coluviales – areniscas – limolita volcánica; cuenta con lineamientos bien marcados que inciden en la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa en esta zona de estudio. Además se encuentran en zonas de cultivos y pequeños arbustos.

Susceptibilidad Muy Alta: La mayor probabilidad de ocurrencia movimientos en masa, incide en un área de 1.78 %. A esta área corresponden los rangos de pendiente que varían de 12 a 150%, geológicamente se encuentra en depósitos coluviales – depósitos aluviales – arenisca – limolita volcánica – aglomerados – lavas indiferenciadas, importantes fallas activas y lineamientos inferidos que favorecen a la posibilidad de presentar deslizamientos. Estas áreas se encuentran en pastos cultivados, cultivos, edificaciones y arenales.

4.3 GRADO DE AMENAZA A MOVIMIENTOS EN MASA

Por medio de la identificación y combinación a través de los diferentes de los factores condicionantes y desencadenantes, se obtiene el Mapa de Amenazas, el mismo que nos indica que áreas están expuestas a diferentes peligros, como en este caso se puede obtener con estos dos factores el grado de Amenaza para la zona de estudio, aplicando el álgebra de mapas del software ARCGIS, que se realiza a través de capas raster, siendo el insumo para este proceso. Para tal efecto se realizó una conversión a raster de los resultados SD (Susceptibilidad a Movimientos en masa) y FC (Factores desencadenantes).

$$\mathbf{Hd = Sm) * (Sl) * (Sc) * [(Ts) + (Tp)] \quad \text{O } \mathbf{Hd = SD * FC}$$

Dónde:

Hd: Grado de Amenaza.

SD: Susceptibilidad a Movimientos en Masa.

FC: Factor Desencadenante.

GRADO DE AMENAZA		
SIMBOLO	SIGNIFICADO	PESO %
SD	Valor porcentual de la variable de susceptibilidad	0.75
FC	Valor porcentual de los factores desencadenantes	0.25

Cuadro 27: Mapa del peso del Grado de Amenaza.

Fuente: Autora.

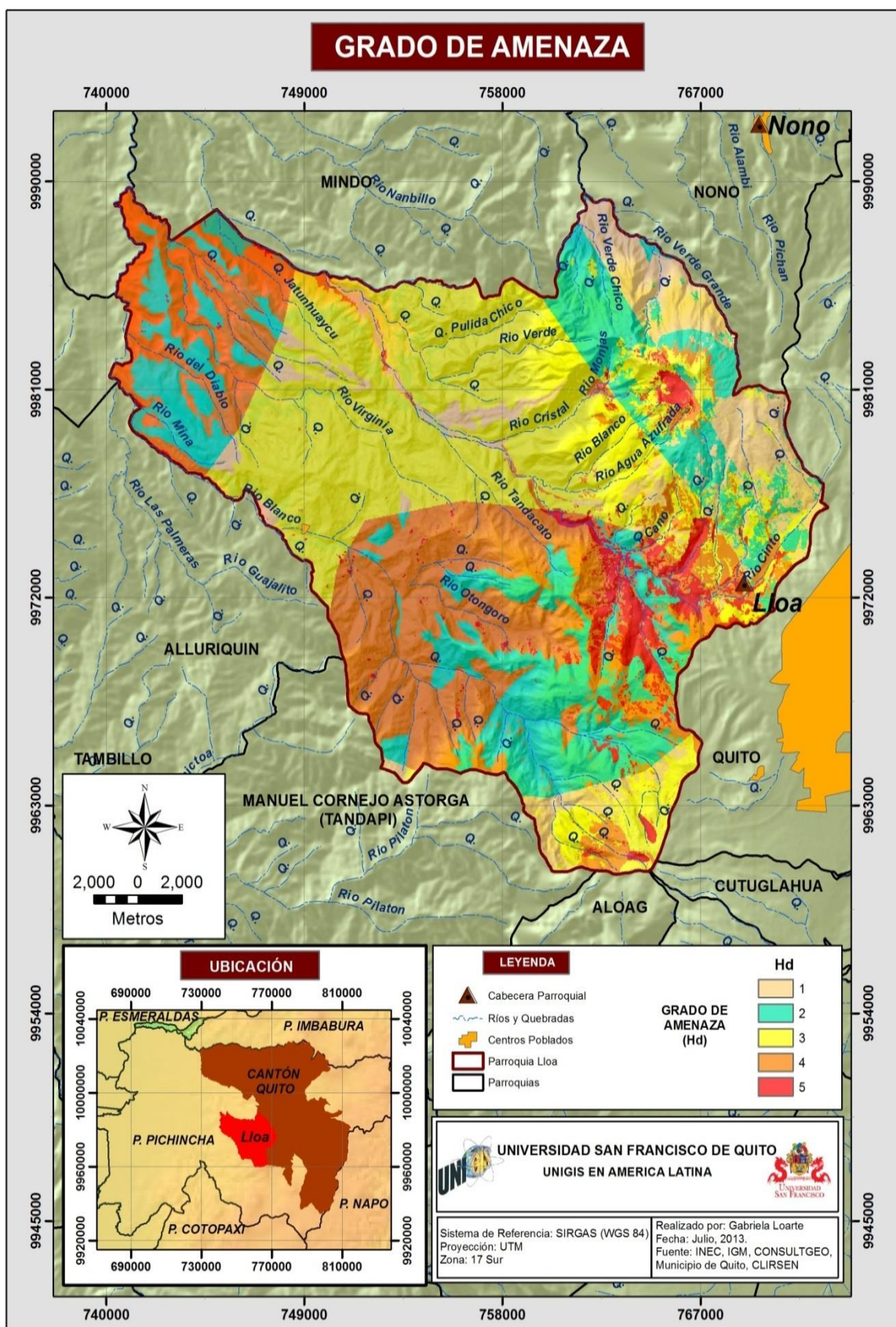


Figura 41: Mapa de Grado de Amenaza.

Grado de Amenaza	Ponderación	Área (ha)	Área (%)
Baja	1	5729.83	10.614
Media	2	11440.55	21.192
Moderada	3	18381.75	34.049
Alta	4	15916.28	29.482
Muy alta	5	2517.45	4.663

Cuadro 28: Ponderación del Grado de Amenaza.

Fuente: Autora en base a Mora & Vahrson, 1993.



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó zonas susceptibles a movimientos en masa por medio de factores condicionantes (pendiente, longitud de vertiente, litología, cobertura vegetal) y desencadenantes (sismicidad y precipitación) en la parroquia Lloa, del Cantón Quito de la Provincia de Pichincha.
- ✓ Los Sistemas de Información geográfica a través de las herramientas de los programas ARCGis y ENVI, han permitido realizar y modelar el mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa.
- ✓ Por medio del MDE y de variables topográficas se identificó unidades morfométricas, en las que se identificó la pendiente – longitud de vertiente, para la determinación del factor morfométrico. La creación de esta cobertura se la realizó con la ayuda del módulo Topografic Model del software ENVI, siendo una herramienta que ayuda a la optimización de recursos y tiempo tanto en la digitalización de las unidades morfométricas como en la interpretación de las mismas.
- ✓ El análisis de los factores condicionantes y desencadenantes, a través de las diferentes ponderaciones de acuerdo al tipo, rango y característica han permitido la obtención de la susceptibilidad (SD) y el Grado de Amenaza (Hd).
- ✓ El análisis de las coberturas temáticas geología, relieve, clima, densidad de eventos, hidrología, cobertura vegetal, han tenido influencia en la caracterización general de la zona de estudio.

- ✓ La creación y actualización de las coberturas de unidades morfométricas y de cobertura vegetal a través del MDE e imágenes RapidEye, han sido parte fundamental para contar con información actualizada; los mismos que son parte del desarrollo que ayudan a simplificar o agilizar las metodologías manuales o de campo y la fotointerpretación de las fotografías aéreas.
- ✓ La probabilidad de la susceptibilidad a movimientos en masa en la parroquia Lloa es muy baja, debido a la litología, cobertura vegetal existente y la no existencia mayoritaria de actividades antrópicas.
- ✓ La elaboración del mapa de susceptibilidad será una herramienta automática o semi-automática para la toma de decisiones en la planificación territorial tanto para los organismos privados como públicos; así mismo podrán tomar las medidas necesarias de previsión, prevención y gestión en las zonas de mayor susceptibilidad a movimientos en masa.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para posteriores estudios es necesario realizar un mapa de amenazas incluyendo el factor volcánico puesto que el área de estudio se ve influenciado por este factor y aunque no sea una zona mayor de ocurrencia a movimientos en masa, puede ser una amenaza volcánica.
- La cartografía base o información de las diferentes entidades públicas y privadas debe ser publicada, debe contener metadatos y sin errores topológicos, con la finalidad de evitar nuevos gastos económicos e información repetida.
- La información cartográfica debe ser estandarizada, con la finalidad que las entidades creadoras de la misma manejen las mismas proyecciones y características que deben tener cada una de ellas.
- Todos los estudios y creación de coberturas deben ser validadas en campo, con la finalidad de tener información de calidad y actualizada.
- Se debe poner énfasis en la vulnerabilidad para cualquier tipo de amenaza y así poder realizar una gestión de riesgos adecuados, acorde a lo que se está investigando.
- Para la expansión de la comunidad, se debe tener en cuenta un estudio de Ordenamiento Territorial para la parroquia Lloa tomando en cuenta todas las amenazas que cuenta y a su vez evitar problemas futuros.

6 REFERENCIAS

- ✓ Ahmad, R., & Calpin, J. M. (1999). *Landslide susceptibility maps for the Kingston Metropolitan area, Jamaica with notes on their use*. UDS Publication N° 5.
- ✓ Alonso, R. N. (2012). *Riesgos geológicos en el Norte Argentino. Terremotos, volcanes, avalanchas, inundaciones, desertización y otros fenómenos naturales*. 2° Ed. Mundo Gráfico Salta Ed.
- ✓ Arévalo, S. Plan de Desarrollo Agro Ecoturístico para la comunidad de Urauco y su área de Influencia, Parroquia Rural Lloa, cantón Quito. 2008. Pag. 17
- Arnoff, S. (1989). *Geographic Information System: System: a management perspective*. Ottawa- Canadá: WDL Publications.
- ✓ Baeza, C., & Corominas, J. (2001). *Assessment of shallow landslide susceptibility by means*.
- ✓ Bourrough, P. A. (1992). *Principles of geographical Information System for Land Resouces Assessment*. Ed. Oxford Sciences Publ.
- ✓ Cardona, O. D. (Septiembre de 2001). *Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*. Barcelona.
- ✓ Chuvieco, E. (2011). *Teledetección Ambiental, La observación de la Tierra desde el Espacio*. Cuarta edición actualizada.
- ✓ Comas, D. y Ruiz. (1993). *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*. Barcelona (España): Ariel.

- ✓ Cordona, O. (2001). Obtenido de <http://www.desenredado.org/public/articulos/2003/rmhcvr/index.html>

- ✓ Corominas, J. Y. (1997). *Terminología de los movimientos de movimientos de ladera*. (Vols. Vol. 3: 1051-1072). Granada.
- ✓ Leopold, L. (1968). *Hydrology for urban land planning, u.s.* Geological survey circular 554 (reston, virginia: u.s.
- ✓ Lozano, C. O. (s.f.). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos*. Predes, Perú.
- ✓ Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). *Movimientos en masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de Amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional.
- ✓ Schuster, R. (1978). *Landslides: Analysis and Control (Special report - Transportation Research Board, National Research Council*. Washington, D.C.
- ✓ SSG-UGR. (2010). *ATLAS INFOGRÁFICO DE RIESGOS NATURALES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- ✓ Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga-Colombia: Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.
- ✓ UNIGIS. (2012). *Módulo Electivo: SIG Riesgo y Desastres*. Quito.
- ✓ Valarezo, M. (2008). *Módulo de Deslizamientos*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- ✓ Vallejo, L. G. (2004). *Ingeniería Geológica*.
- ✓ Van Westen, C., Castellanos, E., & Kuriakose., S. (2008). *Spatial data for landslide susceptibility, hazard and vulnerability assessment: an overview*. *Engineering Geology*.
- ✓ Varnes, D. (1978). *Slope Movement: Types and Proceses*. In Schuster y Krizek, 1978: *Landslides: Analysis and Control*. Washinton, D.C.: National Academy of Sciences.
- ✓ Varnes, D. (1981). *Landslide Hazard Zonation*. UNESCO.
- ✓ Varnes, D. J. (1958). *Landsllde types and processes*. Special Report,29.
- ✓ Veliz, L. (2001). *Amenazas y riesgos por inundaciones en el Valle de Chama del municipio Santos Marquina*. Mérida-Venezuela: Escuela de Geografía. Universidad de los Andes.

- ✓ Westen, C. V. (1998). *Introducción a los deslizamientos, Tipos y causas*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, (ITC).
- ✓ Zurita, L. (2011). Lección 4. Componentes y funcionalidades de un SIG, UNIGIS, Módulo 4.
- ✓ (s.f.). Obtenido de <http://www.UNESCO.org>
- ✓ (s.f.). Obtenido de www.esri.com
- ✓ (s.f.). Obtenido de www.unigis.es

ANEXO A

Medidas de Previsión y Prevención de Riesgos

