

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

COLEGIO DE POSTGRADOS

TESIS

**APLICACIÓN DE SIG PARA EL MANEJO DE RIESGOS
NATURALES EN EL ÁREA URBANO DE LA CIUDAD DE LOJA**

GALO ALEXANDER GUAMAN JARAMILLO

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

Quito

Agosto del 2012

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**APLICACIÓN DE SIG PARA EL MANEJO DE RIESGOS
NATURALES EN EL ÁREA URBANO DE LA CIUDAD DE LOJA**

Autor

GALO ALEXANDER GUAMAN JARAMILLO

Richard Resl Ph. D. Director de Tesis,

Director del Programa de Maestría en

Sistemas de Información Geográfica

Pablo Cabrera, MSc.

Miembro del Comité de Tesis

Stella de la Torre, Ph. D

Decana del Colegio de Ciencias

Biológicas y Ambientales

Víctor Viteri Breedy, Ph. D

Director del Colegio de Posgrados

Quito, Agosto del 2012

© Derechos de autor

Galo Alexander Guamán Jaramillo

2012

DEDICATORIA

A mis hijos Andrés y Ailín

 Mi esposa Mary

A mis padres y hermanos

 A toda mi familia

 A mis amigos

 Gracias por su apoyo

RESUMEN

El área urbana de la ciudad de Loja (5.533 ha) presenta una fuerte incidencia de fenómenos de inestabilidad de terrenos expresado como movimientos en masa que tienen como base condicionante, un entorno geológico complejo conjugado con geomorfología desfavorable y un drenaje pobre o inexistente en ciertas zonas. Por lo tanto, se ha planteado la necesidad de inventariar en la urbe las zonas con afección de fenómenos de inestabilidad de terrenos, cuya información servirá para priorizar las posteriores intervenciones particulares en cada zona y aportar información a los planes de ordenamiento territorial del Municipio de Loja, a fin de prevenir que nuevas urbanizaciones se construyan en zonas de riesgo y evitar catástrofes.

Con la información recabada se continúa con el proceso de generación del mapa de susceptibilidad a movimientos utilizando un método estadístico básico, sencillo pero útil, llamado “Índice de amenaza” (Cees Van Westen, UNU – ITC Escuela para el Manejo de la Geo-Información de los Desastres). El método está basado en el cruce de un mapa de deslizamiento con varios mapas de parámetros. El resultado de los cruces es una tabla que puede ser utilizada para estimar la densidad de deslizamientos para cada clase de parámetro. Una estandarización de los valores de densidad puede ser obtenida mediante una relación con la densidad total en el área de estudio. Esta relación puede realizarse por división o por sustracción.

En este trabajo la densidad de deslizamientos por clase es dividida por la densidad total del área de estudio. Se utiliza el logaritmo natural para asignar “pesos negativos” cuando la densidad de deslizamientos es menor que la normal y positivo cuando es mayor a la

normal. Al combinar dos o más mapas de “pesos” se puede generar un mapa de amenaza al simplemente añadir los “pesos” individuales. Hay dos métodos principales para la evaluación de la susceptibilidad estadísticas de deslizamientos: Multivariable y bivariado este último se utilizó en esta investigación. Para este proceso se mapearon 93 movimientos en masa catalogados mayormente como flujos obtenidos de restitución en ortofotos del año 2003 (fecha de toma de las fotos aéreas) que representan un área total de 59,9 hectáreas. El proceso se lo realiza mediante el uso del software Ilwis que luego es migrado al ArcGIS para la edición final y presentación de mapas.

El mapa de amenaza resultante indica que las zonas con amenaza baja ocupa un 34,7% del área total, mientras que las zonas con amenaza alta un 29,6% del área urbana y apenas un 4% con grado de amenaza muy alta que representan en si, los flujos mapeados.

El resultado del mapa de riesgos producto de la combinación de los mapas de vulnerabilidad y amenaza, indica que las construcciones en alto y muy alto riesgo a movimientos en masa corresponden al 8,8% y el 91,2% en riesgo moderado a bajo.

Finalmente del análisis realizado se tiene que el 53,40% del área en 2573,6 ha corresponde a zonas urbanizables. El 28,15% de 1356,63 ha a zonas urbanizables con restricciones. El 18,46% de 889,7 ha corresponde a terrenos no urbanizables

ABSTRACT

The urban area of the city of Loja (5.533 ha) has a high incidence of land instability phenomena expressed as mass movements that are based on condition, a complex geological environment and unfavorable geomorphology conjugated poor or no drainage in some areas . Therefore, the need has arisen in the city to inventory the condition of areas of land instability phenomena, which information will be used to prioritize further interventions specific to each area and provide information to land use plans of the Municipality of Loja in order to prevent new developments are built in areas at risk and prevent disasters.

With the information gathered we continue with the process of generating the map of susceptibility to motion using a statistical method basic, simple but useful, called "threat index" (Cees van Westen, UNU - ITC School for the Management of Geo-Information Disaster). The method is based on the cross slide of a map with various maps of parameters. The result of the crossings is a table that can be used to estimate the density of landslides for each parameter class. Standardization of the density values may be obtained by a relationship with the total density in the study area. This relationship may be accomplished by division or by subtraction.

In this work the density of landslides in each class is divided by the total density of the study area. Natural logarithm is used to assign "negative weights" when the density of landslides is lower than normal and positive when higher than normal. By combining two or more maps of "weights" can generate a hazard map by simply adding the "weights" individual. There are two main methods for evaluating landslide susceptibility statistics: Multivariate and bivariate latter was used in this research. For this process 93 mapped

landslides classified as flows mostly obtained restitution orthophotos of 2003 (date of taking aerial photos), representing a total area of 59.9 hectares. The process is performed using the software which is then migrated Ilwis ArcGIS for editing the final map presentation.

The resulting hazard map indicates that areas with low threat occupies 34.7% of the total area, while high-threat areas with 29.6% in urban areas and only 4% with very high degree of threat they represent itself, flows mapped.

The result of the risk map derived from a combination of vulnerability and hazard maps indicates that the buildings in high and very high landslide risk to correspond to 8.8% and 91.2% in moderate to low risk.

Finally, the analysis has to be the 53.40% of the area in 2573.6 ha, corresponds to urbanized areas. The 28.15% of 1356.63 ha areas for urbanized with restrictions. The 18.46% of 889.7 ha, is for not urbanized land.

Contenido

DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
Contenido.....	ix
Indice de Figuras.....	xi
Indice de Tablas.....	xii
1. INTRODUCCION.....	1
2. JUSTIFICACION.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. GENERALES.....	4
3.2. ESPECIFICOS.....	4
4. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	5
4.1. Ubicación.....	5
4.2. Acceso.....	6
4.3. Clima y Vegetación.....	6
4.4. Relieve e Hidrografía.....	7
4.5. Aspectos Socio-Económicos.....	8
4.6. GEOLOGIA.....	10
4.6.1. Basamento Metamórfico.....	10
4.6.2. Estratigrafía de la Cuenca de Loja. (Terciario).....	11
4.6.3. Formación Trigal (Mioceno Medio).....	12
4.6.4. Formación La Banda (Mioceno Medio Tardío).....	12
4.6.5. Formación Belén (Mioceno Medio Tardío).....	13
4.6.6. Formación San Cayetano (Mioceno Tardío A Último).....	13
4.6.7. Formación Quillollaco (Mioceno Tardío).....	14
4.6.8. Formación Salapa (Plioceno Último).....	14
4.6.9. Geología Estructural.....	15
5. METODOLOGIA.....	16
5.1. Fase 1.....	17
5.2. Fase 2.....	18
5.3. Fase 3.....	19
5.4. Análisis de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo.....	20
5.5. Adquisición de Datos.....	21
5.5.1. Cobertura Vegetal.....	22
5.5.2. Precipitaciones.....	26
5.5.3. Pendientes.....	28
6. AMENAZA POR MOVIMIENTOS DE MASA.....	28
6.1. Conceptos.....	28
6.2. Definición de términos.....	29
6.3. Determinación del Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos y Derrumbes..	31
6.3.1. Metodología.....	31
6.3.2. Método Estadístico.....	31
6.3.3. Método estadístico Divariado.....	32
6.4. Trabajo de Campo.....	36
6.5. Resultados del análisis de susceptibilidad y amenaza.....	41

7.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LOJA	44
7.1.	Recolección de Información y trabajo de campo	44
7.2.	Estimación del Uso Urbano del Suelo.....	44
7.3.	Elaboración de Mapas	45
7.3.1.	Estimación del Número de Construcciones	47
7.4.	Vulnerabilidad por deslizamientos.....	49
8.	RIESGO	53
8.1.1.	Evaluación Cuantitativa del Riesgo	55
9.	MANEJO DE DESASTRES EN LA CIUDAD DE LOJA	59
9.1.	Procesos de Construcción del Riesgo.....	61
9.2.	Información, Planes de Prevención, Respuesta y Gestión del Riesgo	62
9.3.	Gestión del riesgo y su complementariedad con la aptitud de expansión urbana.	72
9.3.1.	Categorías de Condiciones Constructivas	76
9.3.2.	Áreas Urbanizables	76
9.3.3.	Urbanizables con Restricciones	76
9.3.4.	No Urbanizables	76
10.	CONCLUSIONES	78
10.1.	Geología y Geomorfología.....	78
11.	RECOMENDACIONES	85
12.	Referencias	94
13.	Recursos WEB	100
14.	ANEXOS MAPAS	101

Indice de Figuras

Fig. 1. Mapa de Ubicación del proyecto	5
Fig. 2. Diagrama de flujo para la elaboración del mapa de Amenazas	17
Fig. 3. Diagrama de flujo para la obtención de datos y elaboración del mapa de Vulnerabilidad... ..	18
Fig. 4. Diagrama de flujo para la obtención del mapa de Riesgos a deslizamientos	19
Fig. 5. Mapa del área real de estudio (magenta), el tramado en verde es el perímetro urbano	22
Fig. 6. Interpretación de Cobertura y Uso.....	24
Fig. 7. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas.....	27
Fig. 8. Tabla de cruce resultante elaborada en Ilwis.....	34
Fig. 9. Imagen capturada de Ilwis donde se muestra las áreas por movimientos en masa (slope). ..	35
Fig. 10. Mapas de pesos resultantes elaborados en Ilwis	36
Fig. 11. Deslizamientos mapeados en el área de estudio	37
Fig. 12. La imagen de arriba muestra el tanque en la Urba. Reynaldo Espinosa,	38
Fig. 13. La imagen de abajo es en la vía a Cuenca y calle El Universo.....	38
Fig. 14. La imagen de arriba muestra el tanque de agua en el Barrio San Cayetano Bajo.....	39
Fig. 15. Mosaico Fotográfico de movimientos en masa en el área urbana de la ciudad de Loja.....	40
Fig. 16. Gráfica estadística que relaciona el número de píxeles (1m ²) en el eje Y versus el tipo de amenaza en el eje de las X.	41
Fig. 17. Gráfica sobre la tasa de éxito	42
Fig. 18. Mapa de Uso actual urbano	46
Fig. 19. Mapa de Número de construcciones por Uso actual urbano.....	48
Fig. 20. Mapa de vulnerabilidad de acuerdo al número de construcciones	51
Fig. 21. Matriz de Riesgo	54
Fig. 22. Mapa de Riesgo por movimientos en masa	56
Fig. 23. Mapa de Riesgo y límites parroquiales.....	57
Fig. 24. Organigrama de la Junta provincial de seguridad ciudadana.....	66
Fig. 25. Organización del centro de operaciones de emergencia cantonal (COE-C).....	67
Fig. 26. Organización del centro de operaciones de emergencia parroquial (COE-P)	67
Fig. 27. Mapa de áreas urbanizables.....	75

Indice de Tablas

Tabla 1 Cobertura y Uso actual del área de estudio	25
Tabla 2 Cobertura y Uso actual unificado para el análisis	26
Tabla 3. Promedios anuales de estaciones pluviométricas utilizadas en el mapa de isoyetas.....	26
Tabla 4. Tabla de categorías de pendientes modificado de Martínez & Mercado 1992.	28
Tabla 5. Tabla de variables para la elaboración del mapa de susceptibilidad.	33
Tabla 6. Tabla de densidades y pesos de cada mapa procesado.	34
Tabla 8. Tabla de áreas de acuerdo al grado de susceptibilidad.....	41
Tabla 8 Uso del suelo elaborado mediante fotointerpretación (en Ilwis se llaman dominios)	45
Tabla 9 . Uso del suelo elaborado mediante fotointerpretación.....	48
Tabla 10 Clasificación de la Vulnerabilidad por número de edificaciones.....	49
Tabla 11. Porcentajes de Vulnerabilidad por número de edificaciones.....	50
Tabla 12 Clasificación de la Vulnerabilidad por número de edificaciones y uso urbano.....	52
Tabla 13. Clasificación de Riesgo.....	56
Tabla 14. Mitigación de riesgos geológicos.....	65
Tabla 15. Programas y proyectos que permiten realizar gestiones para un ordenamiento territorial que minimicen las zonas de riesgo a la población.....	72
Tabla 16 Tabla de márgenes de protección de la red hídrica	74
Tabla 17. Tabla categorías de urbanización	77
Tabla 18. Tabla de evaluación de resultados	93

1. INTRODUCCION

EL mundo está confrontado con un rápido crecimiento en el impacto de desastres debido a factores que causan un incremento en la vulnerabilidad de la sociedad combinado con un incremento en eventos de amenaza (hidrometeorológicos) relacionados al cambio climático.

El posible impacto de eventos amenazadores es amplio, especialmente en países desarrollados y gobiernos que han incorporado estrategias de reducción de riesgos en planificación y desarrollo a diferentes niveles. La evaluación de pérdidas esperadas debido a eventos amenazadores requiere de un análisis espacial, como de todos los componentes de evaluación de riesgo que difieren en el tiempo y en el espacio. Por lo tanto la evaluación del riesgo puede ser solo llevada a cabo efectivamente cuando es basada en estudios multidisciplinarios extensivos sobre la base de información espacial derivada de sensores remotos y otros recursos.

En la región sur existe una alta incidencia de fenómenos naturales que normalmente provocan desastres de gran magnitud con la consiguiente pérdida de vidas humanas, valores materiales, interrupción del crecimiento económico y deterioro de entornos ambientales. En la ciudad de Loja, estadísticamente, los fenómenos que muestran el mayor grado de recurrencia en la región son los movimientos de masa provocados por eventos hidrometeorológico (inundaciones y tormentas), y en menor grado por la actividad sísmica, por lo que en los últimos años se han invertido una gran cantidad de recursos en medidas de mitigación y reducción de los daños que causan.

Una de las herramientas más importantes para el diseño y formulación de políticas y estrategias que permitan la reducción de la vulnerabilidad y el nivel de riesgo de la población es la zonificación de las amenazas mediante la elaboración de mapas, los cuales pueden ser utilizados por los planificadores urbanísticos, gobiernos y autoridades locales para la regulación del uso del suelo y la elaboración de Planes de Desarrollo. La estructura de acción de Hyogo 2005-2015 de la UN-ISDR indica que la educación y evaluación de riesgos son dos áreas claves para el desarrollo de acciones en los años venideros.

En lo que respecta a material relacionado con GIS y evaluación de riesgos multiamenaza, existen algunas metodologías como la HAZUS desarrollado en USA que corre bajo Arcgis, es una herramienta muy buena para llevar a cabo perdidas por terremotos, inundaciones, tormentas (FEMA), pero es limitado su uso para los Estados Unidos, debido a la restricción en los datos y las clasificaciones usadas para elementos en riesgo y curvas de fragilidad.

El presente trabajo utilizará como metodología la evaluación de riesgos propuesta por el ITC de Holanda desarrollada por Cees Van Westen utilizando el software Ilwis open source, este documento contendrá el estudio de la amenazas naturales por deslizamientos, la vulnerabilidad existente y las zonas de riesgo específico a deslizamientos, que afectan el área urbana de la ciudad en la cuenca de Loja a través de trabajo de campo en la zona y la recopilación y análisis de información.

2. JUSTIFICACION

Las amenazas naturales, al igual que los recursos naturales, forman parte de nuestros sistemas naturales pero pueden ser considerados como recursos adversos. Los eventos naturales forman parte de los “problemas del medio ambiente” que tanto atraen la atención pública, alteran los ecosistemas e intensifican su degradación, reflejan el daño causado por el ser humano a su medio ambiente y pueden afectar a grandes grupos humanos.

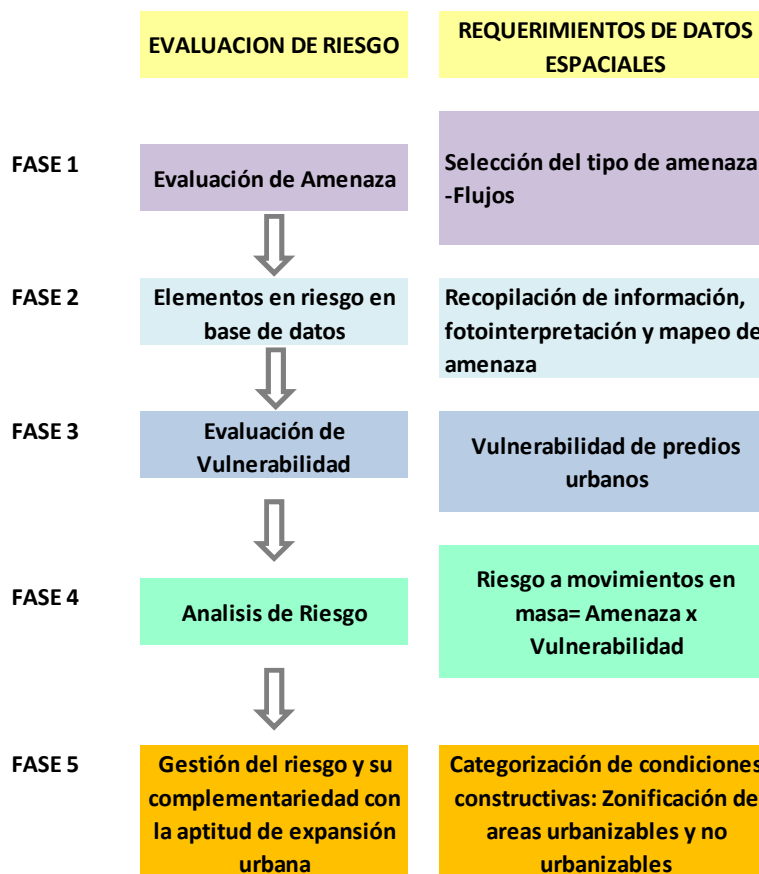
En el territorio de acción (área= 5.533 ha) del área urbana de la ciudad de Loja se presenta una fuerte incidencia de fenómenos de inestabilidad de terrenos expresado como movimientos en masa. Los fenómenos de inestabilidad de terrenos tienen como base condicionante un entorno geológico complejo conjugado con geomorfología desfavorable y un drenaje pobre o inexistente en ciertas zonas. Por lo tanto, se ha planteado la necesidad de inventariar en la urbe las zonas con afección de fenómenos de inestabilidad de terrenos, la población asentada en las zonas, estado socio-económico de la población, infraestructura en riesgo, geología de la zona, drenaje superficial y subterráneo del sector. Esta información servirá para priorizar las posteriores intervenciones particulares en cada zona, que no son objeto de este trabajo y aportar información a los planes de ordenamiento territorial del Municipio de Loja a fin de prevenir que nuevas urbanizaciones se construyan en zonas de riesgo y evitar catástrofes, la siguiente propuesta tiene como actividad principal la elaboración de un mapa de riesgos que permitirá elaborar en lo posterior planes, programas y proyectos tendientes a prever y prevenir desastres por deslizamientos; para limitar y reducir los daños que tales desastres pudiesen causar a personas y bienes, así como, a realizar en las zonas afectadas, las acciones de emergencia que permitan y garanticen la continuidad y el funcionamiento de todos los órdenes de la actividad humana.

3. OBJETIVOS GENERALES

- Elaborar un mapa de riesgos a movimientos en masa, con base al procesamiento y análisis de variables de amenaza y vulnerabilidad utilizando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

3.2. ESPECIFICOS

- Mapear los deslizamientos existentes en un mayor detalle posible de acuerdo a la información existente.
- Determinar y zonificar la amenaza por deslizamientos en el área urbana de la ciudad de Loja.
- Llevar a cabo una evaluación de vulnerabilidad para generar el mapa de riesgos a deslizamientos identificando las áreas donde mayores desastres son esperados.
- Elaborar en base al mapa riesgos un mapa de categoría de condiciones constructivas donde se identifique áreas urbanizables y no urbanizables.



4. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en la región sur del Ecuador, en la sierra Austral, en la provincia de Loja, cantón Loja, en los rangos de coordenadas UTM de 694239 a 701915 E y 9552502 a 9564908N, ocupando específicamente la parte centro-oriental de la cuenca de Loja, cuya área comprende 5533 hectáreas (*Fig. 1*),

Geográficamente limita al norte con la quebrada Teneria y Zalapa, al sur por la quebrada Las Violetas y los sectores de Punzara y Capuli, al este con los sectores de Amable Maria, Jipiro, SanCayetano, Rodriguez Witt y Zamora Huayco, y al Oeste con los sectores de Tierras Coloradas, Eucaliptos, Carigan.

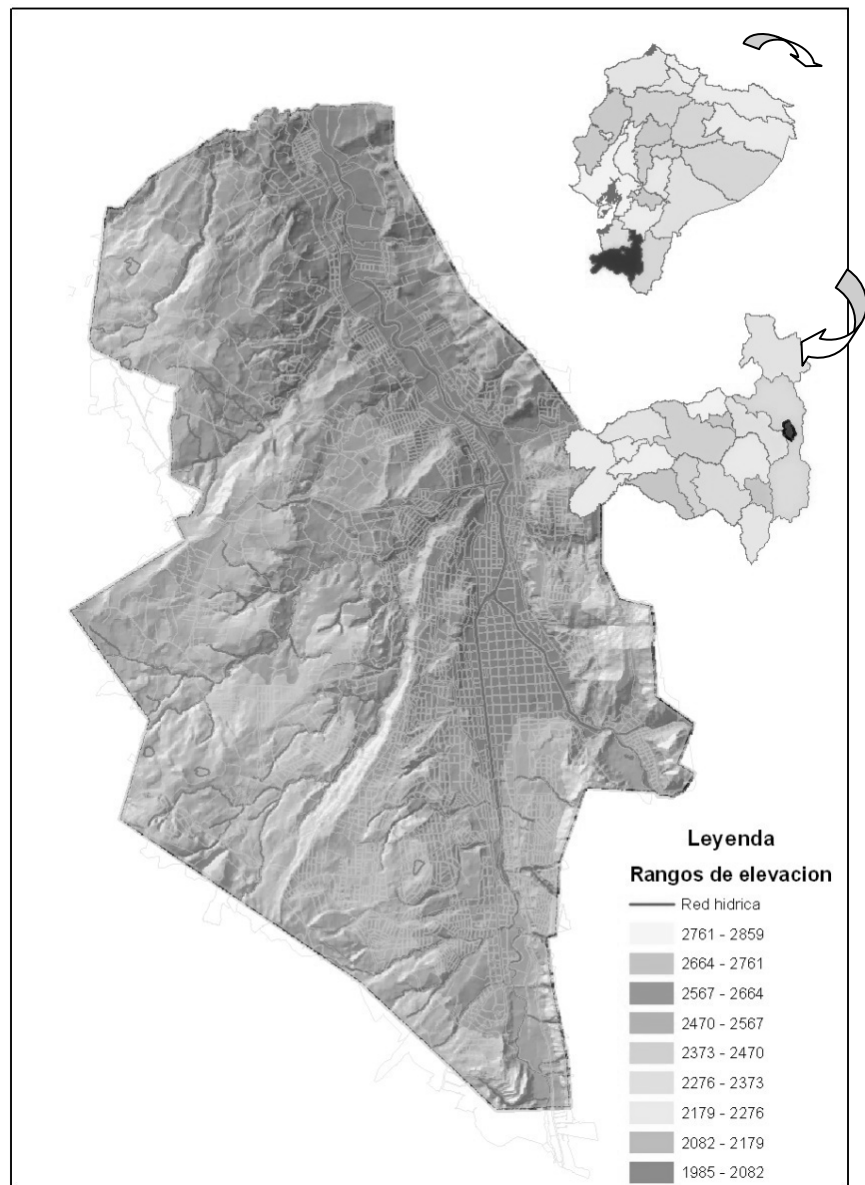


Fig. 1. Mapa de Ubicación del proyecto

4.2. Acceso

El acceso hacia la ciudad de Loja se lo puede realizar a través de la carretera Panamericana que conduce desde Quito hacia Cuenca y Loja, o también a través de la carretera, Guayaquil, La Avanzada, Loja; todas de primer orden, o también se lo puede realizar por avión hasta el aeropuerto Camilo Ponce Enríquez, localizado en el Cantón Catamayo.

4.3. Clima y Vegetación

El clima de la ciudad de Loja es temperado-ecuatorial, sub-húmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16° C. Las lluvias fluctúan alrededor de los 900 mm/año, y con una distribución homogénea, llueve más en el periodo enero-abril, y menos en el periodo junio-septiembre. La humedad relativa media del aire en la urbe es de 75%, fluctuando entre 69 y 83%, existiendo mayor humedad de diciembre a junio, y menor humedad de julio a noviembre. El soleamiento que presenta el valle de Loja, es de cerca de 1.600 horas al año, con valores más altos en los seis últimos meses, siendo noviembre el que detecta la mayor cifra de horas de brillo solar/día siendo de 5.3 horas/día.

Los vientos que soplan sobre la urbe, provienen del este o de los vientos alisios, presentando cambios por el relieve de la ciudad, siendo su velocidad promedio de 3.0 m/seg., los meses con mayor fuerza de vientos son junio, julio y agosto; y su dirección es desde el nor- este.

La vegetación en general en la hoya de Loja se encuentra básicamente representada por dos tipos que son característicos de acuerdo a la ubicación en la que se encuentran: el uno como bosque de montaña baja, que está constituido por diversas colinas en los que se encuentran plantaciones de aliso, pino, eucalipto; de igual forma se observa vegetación

silvestre típica de la zona como chamana y chilca y diversos pastizales. El otro tipo de vegetación baja ubicado en valles y llanuras se encuentran principalmente cultivos de hortalizas, cereales, frutales y árboles ornamentales, etc. y áreas urbanizadas de la ciudad de Loja.

4.4. Relieve e Hidrografía

En el área urbana encontramos cotas desde 2068 m.s.n.m. en los sectores más bajos hasta 3370 m.s.n.m. en la cordillera Oriental y occidental, que encierran a la ciudad en la denominada hoyo de Loja con orientación N-S; y 700 metros por debajo de la cadena montañosa que rodea a la Cuenca.¹

La hidrografía de la hoyo de Loja se caracteriza porque en su parte central esta drenada por los ríos Zamora y Malacatos, estos dos ríos se unen en la ciudad, continuando hasta el recinto Las Juntas, en donde cambian radicalmente de dirección hacia el Este pasando por Jimbilla y tomando el nombre único de Zamora. El río Zamora es un afluente del río Amazonas que desemboca en el océano Atlántico.

Como unidades hidrográficas secundarias o subsecuentes, que circulan en direcciones más o menos perpendiculares a los drenajes principales antes mencionados, se pueden citar los ríos Zamora Huayco y Jipiro, así como las quebradas Mónica, Quillollaco, Potrerillos, Violeta, Alumbre, Las Pavas, San Cayetano, La Banda, El Salado, etc, que conforman una red dendrítica. Los caudales de estos drenajes son en la mayoría de casos poco considerables. Hay una mayor densidad de drenaje en la parte oriental de la cuenca

¹ CUEVA, Edwin y GONZÁLEZ, Hernán, Caracterización y Evaluación de las Arcillas en el sector Oriental de la cuenca de Loja, Director Ing. José Sánchez Paladines. Tesis de Grado. Universidad Técnica Particular de Loja, 2003. Loja – Ecuador. Pp.4

(estribaciones de la Cordillera Real), básicamente debido a la baja conductividad hidráulica de las rocas metamórficas que limita la infiltración; y también a la mayor cantidad de lluvias (Precipitación media mensual promedio=160mm, Estación Zamora). En contraste, la parte central y occidental de la zona de estudio presenta un drenaje espaciado-subparalelo debido a la presencia mayoritaria de rocas sedimentarias, más erosionables y meteorizadas.

Respecto al paisaje natural, la ciudad tiene una configuración lineal con una longitud de 13 km. en sentido norte-sur, pues su relieve escarpado impide su crecimiento en la zona este y oeste, pues se presenta rodeada por dos brazos en estas zonas que dejan ver la hoya de Loja.

A nivel urbano, tenemos que la ciudad se extiende de una forma horizontal, en armonía con el paisaje; sin embargo existen edificios en altura, aunque éstos aún no son los más numerosos, predominando las edificaciones de 2 y 3 pisos respectivamente. Esto en la parte plana de la ciudad, mientras que existen nuevos asentamientos donde no han considerado la topografía del terreno realizando grandes cortes de terreno, lo cual deteriora la imagen de la ciudad e incluso afecta la estabilidad del suelo.

4.5. Aspectos Socio-Económicos

Loja es una ciudad que nació del bahareque, el adobe y la tapia hoy crece al ritmo del hormigón y el concreto. En la actualidad, se ha constituido en una de las principales ciudades del País, y se caracteriza por la riqueza de su cultura, artes plásticas y cerámicas².

² MUNICIPIO DE LOJA, Pagina Web, www.municipiodeloja.com.

La población de Loja, según el CENSO poblacional del 2.001 cuenta con 118.532 habitantes y con una tasa de crecimiento del 2.08 %, por lo que se proyecta para el año 2.008 que la población de Loja es de 131.383 habitantes.

La densidad poblacional, 23 hab. /há, se considera como densidad baja por estar por debajo de los 100 hab. /há. En el área urbana de la ciudad de Loja, el 3.3% de la población son analfabetos y a nivel de cantón 4.8%. La población económicamente activa de la ciudad de Loja es el 54% (42.833 hab.).

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) (Censo Poblacional del 2001). Las ocupaciones están distribuidas de la siguiente manera: operarios y operadores de maquinarias (22.5%), trabajadores no calificados (17.8%), profesionales técnicos (16.5%), trabajadores de los servicios (15.4%), agricultores (11.6%), oficinistas (7.04%) y otros (9.5%).

Económicamente la ciudad de Loja debido al esfuerzo de su gente, ha salido adelante venciendo grandes dificultades y superando sistemas de centralismo, viendo en la industria, la ganadería, el turismo, el comercio, como fuente de ingresos económicos, sobresaliendo a nivel nacional.

La hoya de Loja tiene importantes yacimientos de arcilla y caolines que están siendo explotados para la industria de la cerámica, en la parroquia Malacatos se encuentran los yacimientos de Yeso: Milo I, Milo II y La Merced, que son aprovechados para las plantas de cemento a nivel nacional y para estuquería artesanal³). En la parte oriental de la hoya dentro del área de investigación, actualmente se explota la arcilla en grandes cantidades,

³ MUNICIPIO DE LOJA, Guía Turística de la Región Sur del Ecuador, 2000, Pp. 87

áreas concesionadas por la Dirección Regional de Minería de Loja a la UTPL para la planta de cerámica.

Parte del problema económico de la ciudad es precisamente la poca industrialización que se da a sus recursos naturales como por ejemplo la arcilla, a la misma que se le da otros destinos pues es transportada desde nuestros límites hacia otras latitudes para ser procesada e incluso adquirirla posteriormente a otros precios, cosa similar ocurre con el yeso entre otros recursos que ofrece la hoya de Loja.

4.6. GEOLOGIA

El área de estudio se localiza en las estribaciones occidentales de la Cordillera Real que comprende un cinturón metamórfico de edad variada entre Paleozoico y Jurásico. La división Loja corresponde al basamento del área de estudio y debe su nombre a la ciudad de Loja, sobre cuya región aparece en aproximadamente 35km de largo (Litherland et al, 1994). Esta división está representada por rocas sedimentarias semipelíticas metamorizadas, de edad Paleozoico (Unidades Chiguinda y Agoyán) instruidas por granitos Tres Lagunas del Triásico. También se incluyen en ella las anfibolitas y migmatitas Sabanilla.

4.6.1. Basamento Metamórfico

El metamorfismo de la parte sur de la Cordillera Real es del Paleozoico. Litherland et al. (1993,1994) dedujo que las series metamórficas de calidad inferior están agrupadas por filitas, esquistos gráficas, cuarcitas, metalimolitas que pertenecen a la Unidad Chiguinda de edad Devoniana a Permiano; que aflora tanto en la parte occidental como en la parte oriental de la vía Loja-Zamora. Sin embargo en Tierras Coloradas al oeste de la

cuenca, la presencia de Gneis de grano medio sugiere que pertenecen a la Unidad Agoyan (Litherland et al 1994).

4.6.2. Estratigrafía de la Cuenca de Loja. (Terciario)

Esta cuenca intramontañosa de edad Neógeno, presenta facies arenosas, lacustres y fluviales, un basamento metamórfico-volcánico mixto, rocas de origen continental, una tectónica sinsedimentaria; y, un volcanismo Neógeno contemporáneo al desarrollo de la misma. Estas rocas sedimentarias afloran en casi todos los cortes de carreteras y caminos desde la ciudad hacia las periferias, y en las quebradas y pequeños valles cerca de las estribaciones de las dos cordilleras.

La evolución geodinámica de la cuenca de Loja es similar a la de las demás cuencas sedimentarias Miocénicas del Sur del Ecuador (Cuenca, Girón, Nabón, Malacatos-Vilcabamba y Catamayo-Gonzanamá) que presentan facies costeras marinas y sedimentarias continentales de edad Mioceno Medio a Tardío (Steinmann et al, 1999), aunque Lahuate (2005) les atribuye un único origen continental.

La sedimentación desde 19 hasta 9Ma (llamada Estado Pacífico Costero), fue predominantemente de tipo marino costero, extendiéndose sobre un área mucho mayor que los actuales perímetros de las cuencas. En esta etapa, la subsidencia extensional en la región interandina causó una transgresión de mares someros en las “bahías” de Loja y Cuenca, desde las cuencas de Manabí y Progreso (Hungerbühler et al, 2002). La fuente de la sedimentación en este período fue predominantemente la Cordillera Real. Éste Estado terminó cuando una etapa de compresión E-W hace aproximadamente 9.5-8Ma, exhumó la región y por tanto, la sedimentación se restringió a cuencas más pequeñas, remanentes de

las cuencas extensivas más antiguas. Este período fue denominado Estado Intramontano (Steinmann et al, 1999); y, su fuente principal fue la Cordillera Occidental

La cuenca de Loja tiene una forma elíptica elongada en dirección N-S (Kennerley, 1973). La secuencia sedimentaria de esta cuenca ha sido estudiada y descrita por varios autores como Kennerley (1973), Hungerbühler et al (2002), Steinmann et al (1999) y Noblet et al (1988). Las series sedimentarias en la cuenca de Loja están tectónicamente divididas por una falla inversa importante post-deposicional con tendencia al W, en dos partes, una oriental y otra occidental; yuxtaponiendo diferentes secuencias de sedimentos en sus límites mutuos (Hungerbühler et al, 2002). Dichas series yacen discordantemente sobre el basamento a los dos lados de la cuenca (Litherland et al, 1994). La litología de esta cuenca se resume a continuación.

4.6.3. Formación Trigal (Mioceno Medio)

Esta presente a lo largo del margen nor -occidental de la Cuenca. Generalmente consiste de areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados y capas menores de limolitas. La potencia varía de 50 m a 150 m hacia el contacto con la Formación La Banda. Descansa discordantemente sobre las rocas metamórficas de las Unidades Chiguinda y Agoyan, y esta sobrepuesta por la Formación La Banda. Tiene una edad de 11.1 + 1.2 Ma., de edad Mioceno Medio.

4.6.4. Formación La Banda (Mioceno Medio Tardío)

Esta constituida principalmente por intervalos de calizas blancas las cuales son: calizas masivas conteniendo moluscos y ostrácodos; repetición rítmica de escasas láminas

finas de lutitas carbonatadas y calizas; capas de cherts (sílices) y areniscas amarillas de grano fino. Tiene un espesor de 10 a 20 m y se disponen de forma continua y horizontal.

4.6.5. Formación Belén (Mioceno Medio Tardío)

Esta Formación se localiza cerca del sector de Belén, está caracterizada por capas de areniscas gruesas de color marrón que contienen lentes de conglomerados horizontalmente estratificados; las areniscas muestran estratificación cruzada en escalas métricas; los clastos de los conglomerados son en su mayor parte metamórficos con menos clastos volcánicos. Estas capas son asociadas con capas finas de arenisca y en menor de lutitas. El máximo espesor es de 300 m con evidencias de variaciones no regionales.

4.6.6. Formación San Cayetano (Mioceno Tardío A Último)

Aflora en el Barrio San Cayetano en la parte occidental de la ciudad de Loja y está presente solo al este del Río Zamora. La Formación está dividida en tres miembros con límites transicionales:

Miembro Inferior de Arenisca.- contiene areniscas de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerado y lutitas; dentro de las lutitas hay unas pequeñas capas de carbón.

Miembro Limolitas.- abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales. Hay también algunas hojas y bastantes gastrópodos impresos entre superficies estratificadas y esqueletos enteros de peces que están preservados en estas laminaciones.

Miembro Superior de Arenisca.- Dominado por areniscas de color marrón y lutitas.

Debido al fuerte plegamiento la estimación del espesor de esta formación es difícil, pero su potencia total puede llegar a 800 m. Descansa discordantemente en la Unidad metamórfica Chiguinda y la sobreyace con una discordancia angular a la Formación Quillollaco. Tiene una edad de Mioceno Tardío a Último.

4.6.7. Formación Quillollaco (Mioceno Tardío)

La formación yace en la Quebrada Quillullacu en la cuenca de Loja está dominada por conglomerados con pocas intercalaciones de arenisca. Los conglomerados están compuestos por clastos metamórficos redondeados, filitas, cuarcitas, vetas de cuarzo y esquistos de hasta 50 cm. de diámetro; también hay intervalos menores de arenisca que son ínterstratificadas. Su espesor varía entre 600 m al sur de la cuenca, 100 m en la parte central y 500 m en la parte este de la cuenca.

Los sedimentos muestran una facies típica asociada de un ambiente de abanico aluvial con depósitos detríticos dispersos dominado por canales fluviales, se sugiere una edad del Mioceno Tardío.

4.6.8. Formación Salapa (Plioceno Último)

La Formación Salapa localizada en el área del pueblo Salapa contiene líticos y tobas ricas en vidrio. Las tobas son fuertemente alteradas también a veces completamente transformadas a caolinita y no se observan estructuras primarias. Tiene una potencia aproximada de 10 m.

4.6.9. Geología Estructural⁴

La cuenca se encuentra dividida en un área oriental y otra occidental por efecto de una falla longitudinal N160-N170°, que coincide con el curso actual del río Zamora; y, la cual se activó durante la depositación de la Fm San Cayetano. La actividad de otras fallas con rumbo aproximado E-O en el extremo oriental de la cuenca, como las que se encuentra a lo largo de la Qda. Pangora y el río Jipiro; al igual que los sistemas de pliegues encontrados en Virgenpamba y la nueva vía Loja-Zamora, evidencian mayor actividad tectónica en ese lado de la cuenca (Izquierdo, 1991). En términos generales los sedimentos expuestos en el lado Este de la Cuenca de Loja de edad Mioceno (15-10 Ma) han sufrido un volcamiento producto de la acción de una falla de edad Mioceno Tardío ubicada en el margen oriental. Esta misma falla causó la superposición de las rocas metamórficas del Mesozoico sobre los sedimentos del Mioceno y un acortamiento adicional evidenciado por pliegues abiertos en la Formación Quillollaco. Simultáneamente se dio un plegamiento originando formas isoclinales cuyos ejes son paralelos a la falla.

En esta zona no se tienen suficientes datos, sin embargo se puede señalar que el nivel de peligrosidad sísmica se debe al proceso de subducción generado en la costa de Ecuador-Perú y que se caracteriza por un cambio importante en la dirección de la subducción y de los Andes. Los valores de aceleraciones sísmicas determinados para la parte sur del Ecuador (que incluye la zona de estudio) corresponden aproximadamente a 0.3g, y son relativamente menores a la sismicidad de la zona centro-norte del país (Isoaceleraciones entre 0.3 y 0.5g), para el método de Trifunac (Correa et al,2003).

⁴ Tomado de ENSAYO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, CUENCA DE LOJA. Francisco Abad. Julio 2006

5. METODOLOGIA

Se empleó la informática basadas en herramientas SIG aplicadas a cartografía de riesgos, las mismas que permitieron el tratamiento y análisis automático de datos y la obtención de mapas de elementos o factores individuales como también combinados entre ellos, así mismo la preparación de bases de datos lo cual brindará una actualización continua de los mapas en cuanto a datos e información.

La aplicación de los SIG para el tratamiento y análisis automático de la información disponible tiene por finalidad la zonificación y clasificación territorial en base a determinados criterios esto se lleva a cabo mediante técnicas de superposición de capas de información o mapas temáticos previamente preparados. Tanto la determinación de los criterios como el “peso” asignado a cada uno de los factores considerados y la interpretación de los resultados obtenidos se lo realizarán en base a metodologías del ITC de Holanda empleado para los proyectos de zonas de riesgo.

Es importante indicar que el mapa de riesgo a generar no contempla estudios geotécnicos. Además se restringe a donde exista información base (curvas de nivel) ya que los insumos como el plano de pendientes y otros se generan solo donde existan curvas de nivel.

Los pasos a seguir para caracterizar los riesgos y la vulnerabilidad de la zona, fueron los siguientes:

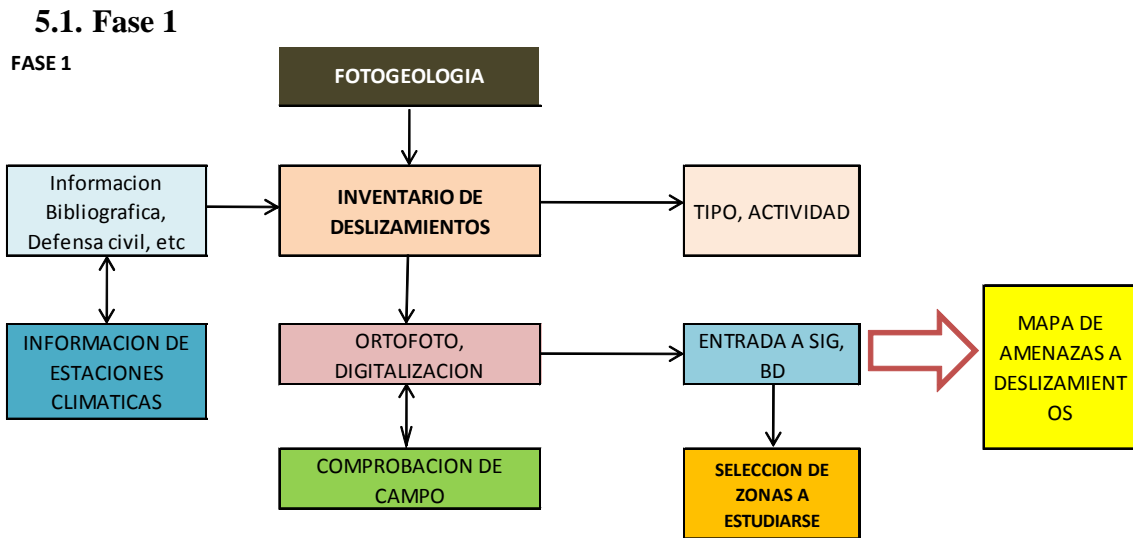


Fig. 2. Diagrama de flujo para la elaboración del mapa de Amenazas

Se partió de la fotointerpretación de deslizamientos con ortofotos, además se compiló información bibliográfica de diversos trabajos elaborados en la zona y que reposan en la Universidad Técnica Particular de Loja, Universidad Nacional de Loja y el Municipio mismo, además del Gobierno Provincial de Loja, Defensa Civil, Cuerpo de Bomberos de Loja, Ministerio de Obras Públicas y Transporte entre otros. Esta información se analizó y ubicó espacialmente los fenómenos ocurridos. A fin de introducir la información interpretada de las fotografías aéreas se digitalizaron los polígonos generados en el software ArcGIS que maneja archivos tipo SHP de uso mundial e introducir la base de datos (BD) respectiva sin embargo el proceso de generación de mapas se hizo en Ilwis (open source). La información obtenida en el gabinete se comprobó en el campo tomando en cuenta los deslizamientos que afectan la población, posteriormente se procesó la información hasta obtener como producto el mapa de inventario de deslizamientos.

En cuanto al estudio hidro-meteorológico se recopiló la información de estaciones ubicadas en el área de estudio para realizar la caracterización de las lluvias en la zona.

Es importante destacar que debido a que la generación de la información (sobre deslizamientos) en base a fotografías aéreas es a escala 1:5000 y la presentación de la información será a esa escala.

5.2. Fase 2

En esta fase se realizó el trabajo de campo en los sectores seleccionados durante la fase 1. En esta fase se visitó 18 zonas distribuidas en toda la urbe. Sobre cada visita se recopiló la siguiente información:

- Área afectada y su ubicación geográfica levantada mediante el uso de GPS
- Información geológica donde se describió formaciones y litologías presentes así como su relación con las inestabilidades presentadas.
- Fotografías de los problemas

Finalmente en esta etapa con la información recolectada de estaciones climáticas se construyó el mapa de isoyetas (precipitación) y se realizó el mapa de vulnerabilidad tomando en cuenta únicamente los predios existentes (según la información del IML).

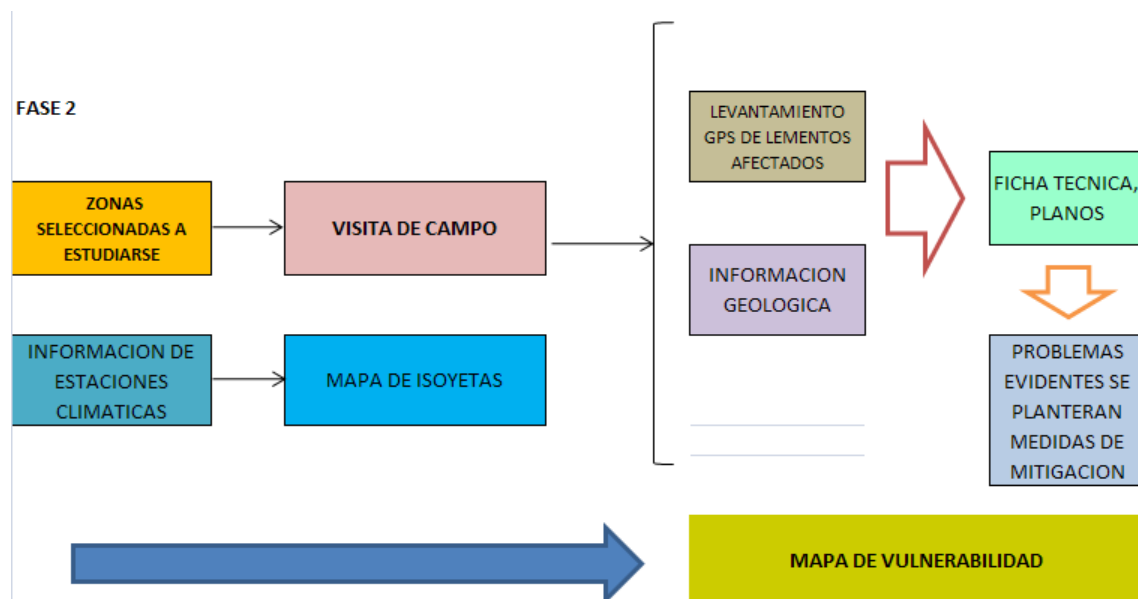


Fig. 3. Diagrama de flujo para la obtención de datos y elaboración del mapa de Vulnerabilidad

5.3. Fase 3

Durante esta fase se evaluó la información obtenida durante las fases 1 y 2 y se tomó en cuenta las áreas críticas para el análisis y de intervención por parte de los organismos nacionales o locales de acuerdo a la importancia del fenómeno detectado, el segmento poblacional afectado, y la posibilidad de mitigar de manera importante el fenómeno con medidas razonables. En esta etapa finalmente se construyó el mapa de riesgos..

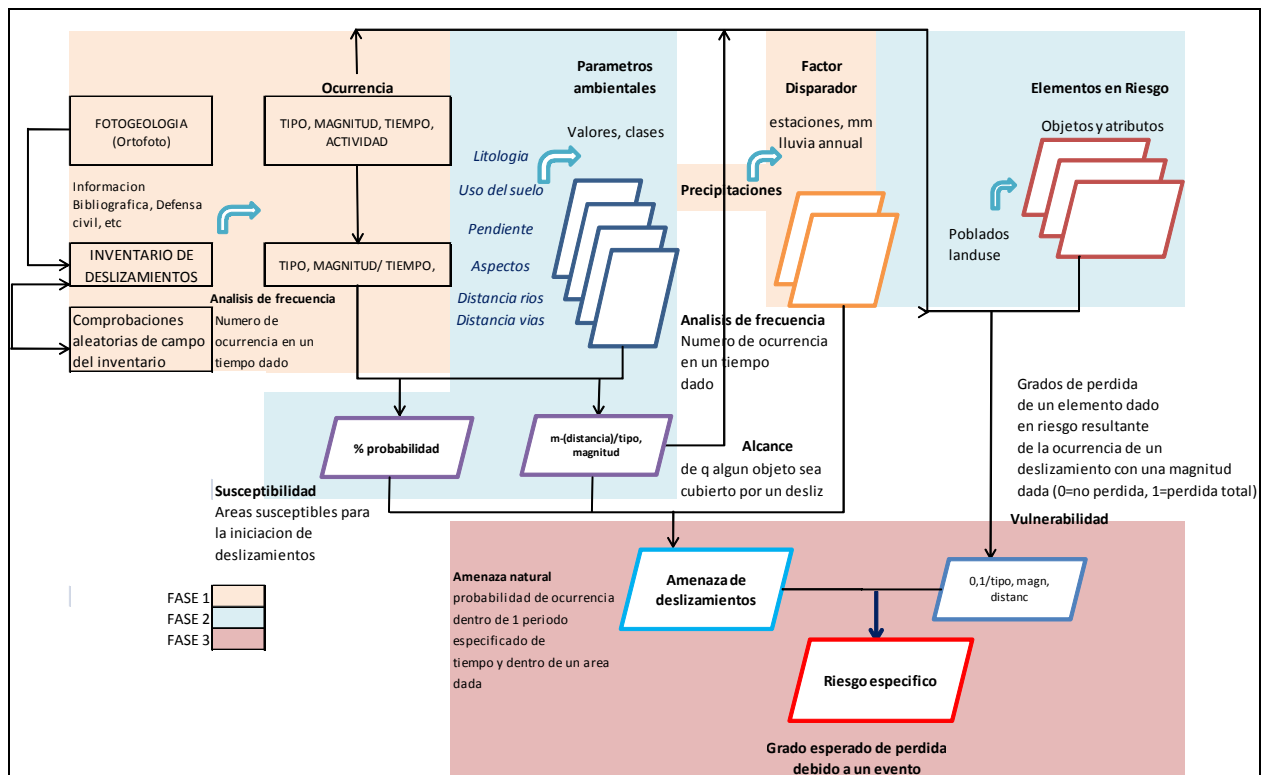


Fig. 4. Diagrama de flujo para la obtención del mapa de Riesgos a deslizamientos

Finalmente en el diagrama de arriba se muestra el esquema a seguirse para la elaboración de la presente investigación.

5.4. Análisis de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo

Debido a que el estudio de la amenaza de los fenómenos de remoción en masa posee un carácter multicriterio (evaluación de varios criterios que inciden de manera diferente en el desencadenamiento del fenómeno), es necesario emplear herramientas que permitan modelar la realidad del mundo, proporcionando facilidades para la prueba de diversos escenarios que reflejen las relaciones espaciales de los elementos de este mundo real, representados a través de mapas. Una de estas herramientas es el SIG, la cual fue empleada en el presente trabajo, donde se evaluó su desempeño y potencial.

El carácter multicriterio de los fenómenos de inestabilidad está dado por la presencia de los factores de susceptibilidad intrínseca y factores detonantes, además de las diversas probabilidades de que, bajo diferentes condiciones, se produzca el fenómeno.

Primeramente para realizar la zonificación de la amenaza fue empleado un método semi-cuantitativo, el cual integró las variables que inciden en el desencadenamiento de los fenómenos de inestabilidad. Este método tiene la facilidad de representar las características del área a través de celdas. Cada una de estas celdas de 1x 1m constituye la unidad de trabajo, que proporciona un gran detalle. La integración de las variables se efectuó con el fin de calcular la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de inestabilidad de los movimientos en masa un área dada. Esto es aún semi-cuantitativo porque calculamos solo la “cantidad” en la fórmula del riesgo.

Algunas decisiones para la solución del problema planteado, podrán adoptarse con base a la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa, generada en el presente trabajo, la cual permitirá diferenciar los sectores con una probabilidad alta de

ocurrencia de estos fenómenos, donde será necesario adoptar medidas de mitigación y prevención que favorezcan a la población y permitan mejorar su calidad de vida. Finalmente todos los mapas resultantes se muestran en el tomo de anexos de mapas.

5.5. Adquisición de Datos

EL modelo de riesgos considera en primer lugar la susceptibilidad intrínseca de los factores que inciden en la inestabilidad y los factores detonantes que aceleran el desencadenamiento. Una vez reconocida el área de estudio, por cierto limitada a las curvas de nivel (lo cual significa que es más reducida que el área urbana) y analizados algunos de los fenómenos de ocurrencia actual, fueron determinadas las variables a ser consideradas dentro del modelo de zonificación de la amenaza.

Por cada variable fue elaborada una o varias coberturas (mapas que representan espacialmente y a través de elementos geométricos los rasgos del mundo real), en las cuales fueron plasmados los aspectos evaluados. Algunas de estas coberturas son de primer nivel o mapas de entrada al SIG, otras son intermedias y obtenidas a partir del análisis espacial conducido con funciones del software SIG.

Después de haber evaluado la información existente, especialmente la parte correspondiente a la cartografía, se consideró necesario complementar la información altimétrica con GPS y altímetro Thomen en sectores donde no hay curvas de nivel (centro de la ciudad) que fue importante para generar el TIN (básico para el mapa de pendientes) y el Hillshade a escala 1:5000.

A partir de la fotointerpretación temática se generaron los siguientes mapas: geológico, estructural y de cobertura y uso. Con estos mapas se planificó el trabajo de campo y se verificó la interpretación, realizando los ajustes necesarios a la cartografía temática.

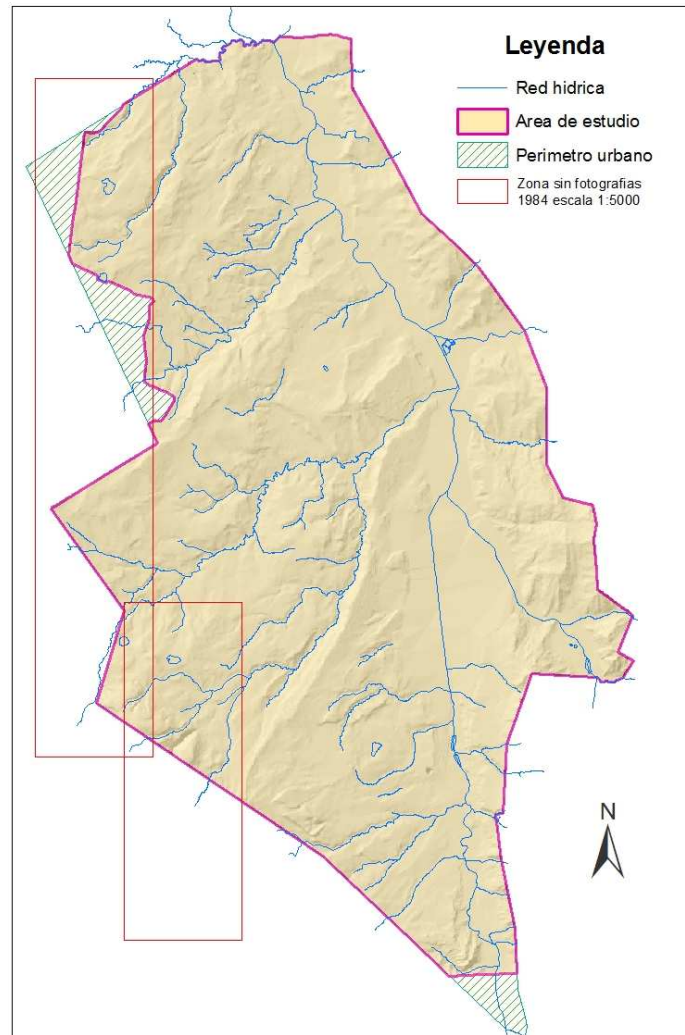


Fig. 5. Mapa del área real de estudio (magenta), el tramado en verde es el perímetro urbano

A continuación se describen las variables utilizadas:

5.5.1. Cobertura Vegetal

Para la interpretación y análisis de la cobertura vegetal y el uso de la tierra, en primer lugar se muestrean los diferentes tipos de cobertura mediante una clasificación estructural

de la vegetación, definida por el porcentaje de cobertura dada en la interpretación, reconocidos morfológicamente ya que responden a adaptaciones del medio ambiente o a transformaciones causadas por el hombre.

En esta fase, además de identificar las unidades de vegetación se observan los patrones de distribución de los diferentes tipos de cobertura que indican las relaciones de la vegetación con el medio, especialmente las tendencias en el uso de la tierra.

Para identificar las unidades de vegetación se tuvieron en cuenta las características de tono y textura como también el tamaño y patrón para las áreas de cultivo. La escala de la imagen, y la época en que se tomó la imagen son factores importantes que influyen en las características consideradas.

La interpretación de la cobertura vegetal se realizó teniendo en cuenta los criterios de cobertura vegetal natural y de cobertura vegetal cultural, puesto que su estrecha relación en el área, da las pautas para la elaboración de planes de manejo y conservación de áreas en lo posterior.

Para la elaboración del mapa se siguieron los lineamientos generales de la metodología, que incluye las siguientes actividades.

- Muestreo sobre la fotografía aérea
- Diseño de la Leyenda Preliminar de la cobertura vegetal
- Delineación de las Unidades de Vegetación
- Delimitación de las Unidades de Vegetación

La determinación de los tipos de cobertura se realizó mediante la interpretación del cambio de tonalidades, color y de texturas que nos permite en forma preliminar, definir los distintos tipos de cobertura que en el área de estudio están presentes.



Fig. 6. Interpretación de Cobertura y Uso

En total se registraron 6563 polígonos interpretados que nos dan las siguientes coberturas:

COBERTURA Y USO	Área (ha)	% Área
Área denudada	106,24	1,92
Área denudada con cultivo	2,73	0,05
Área denudada con matorral	3,32	0,06
Área denudada con pasto cultivado	6,58	0,12
Área denudada con zona poblada	2,90	0,05
Área erosionada	0,67	0,01
Área erosionada con matorral	4,44	0,08
Área erosionada con pasto cultivado	11,74	0,21
Área recreativa	24,73	0,45

Bosque	25,14	0,45
Bosque intervenido	32,68	0,59
Campo Santo Parque de los Recuerdos	15,56	0,28
Cuerpo de agua	14,71	0,27
Cultivo	440,32	7,96
Cultivo con matorral	1,20	0,02
Cultivo con pasto cultivado	146,61	2,65
Cultivo con plantación	1,32	0,02
Cultivo con zona poblada	264,84	4,79
Jardín Botánico	6,24	0,11
Matorral	138,80	2,51
Matorral con área denudada	5,62	0,10
Matorral con bosque intervenido	0,40	0,01
Matorral con cultivo	3,51	0,06
Matorral con pasto cultivado	60,32	1,09
Matorral con zona poblada	24,54	0,44
Pasto cultivado	1908,82	34,49
Pasto cultivado con área denudada	13,15	0,24
Pasto cultivado con cultivo	169,79	3,07
Pasto cultivado con matorral	123,24	2,23
Pasto cultivado con plantación	32,28	0,58
Pasto cultivado con zona poblada	273,16	4,94
Plantación	241,15	4,36
Plantación con área denudada	2,24	0,04
Plantación con matorral	0,95	0,02
Plantación con pasto cultivado	14,04	0,25
Plantación con zona poblada	6,42	0,12
Vía suelo desnudo	597,00	10,79
Zona poblada	669,39	12,10
Zona poblada con área denudada	2,01	0,04
Zona poblada con cultivo	86,57	1,56
Zona poblada con matorral	13,95	0,25
Zona poblada con pasto cultivado	34,40	0,62
Total	5533,71	100,00

Tabla 1 Cobertura y Uso actual del área de estudio

La cubierta vegetal se levantó a un nivel bien detallado para lo cual se caracterizó 42 tipos de cobertura vegetal. En la hoya de Loja la vegetación se encuentra intervenida en su

totalidad encontrándose solo tipos de cubierta de origen antrópicas, las coberturas resultantes se muestran en el cuadro de arriba.

Para la caracterización de las estructuras vegetales se procedió a unificar tipos de cubierta vegetal que tengan la misma estructura con asociaciones diferentes de lo cual se resumió en las siguientes coberturas:

COBERTURA	Hectáreas	%AREA
Área denudada	121,78	2,2
Área erosionada	16,85	0,3
Área recreativa	24,73	0,4
Campo Santo Parque de los Recuerdos	15,56	0,3
Cuerpo de agua	14,71	0,3
Cultivos	854,29	15,4
Jardín Botánico	6,24	0,1
Matorral	233,18	4,2
Pasto Cultivado	2520,43	45,5
Plantaciones	322,62	5,8
Vía suelo desnudo	597,00	10,8
Zona Poblada	806,32	14,6
TOTAL	5533,71	100,0

Tabla 2 Cobertura y Uso actual unificado para el análisis

5.5.2. Precipitaciones

El mapa de precipitaciones fue elaborado en base a las estaciones pluviométricas de Vilcabamba, La Argelia, San Francisco, Catamayo y San Lucas. Los valores pluviométricos medio anuales son los siguientes:

ESTACIONES	PERIODO	precipitación media anual mm
Catamayo	1969-1998	378
San Lucas	1969-2003	1176
La Argelia	1964-2000	761
San Francisco	1969-2003	2170
Vilcabamba	1969-2003	832

Tabla 3. Promedios anuales de estaciones pluviométricas utilizadas en el mapa de isoyetas

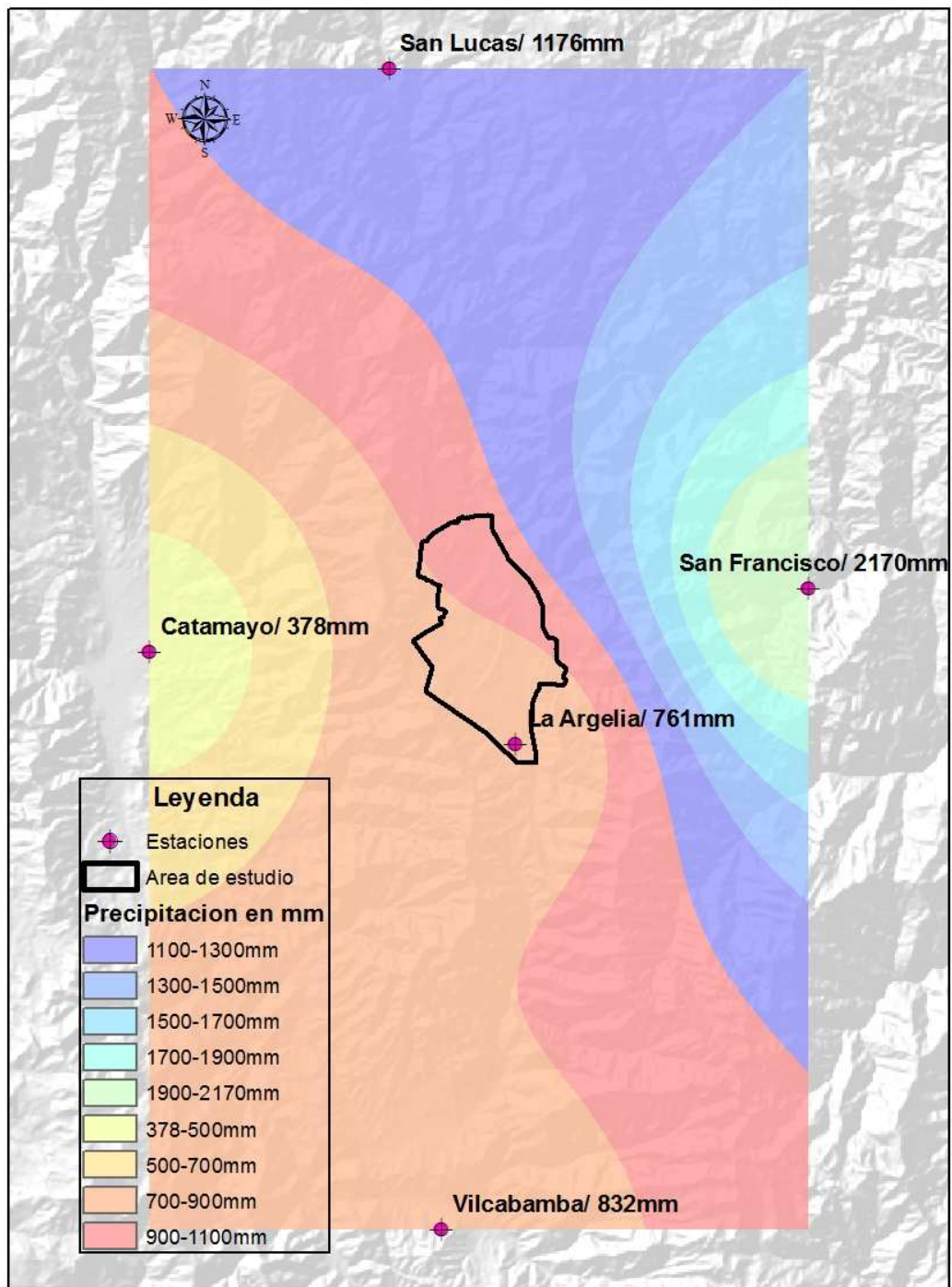


Fig. 7. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas

Utilizando el mapa de las estaciones meteorológica presentes en la zona, se hizo una interpolación para la precipitación media anual. Esto con la herramienta IDW (Inverse

Distance Weight). EL resultado es un raster con valores de precipitación como se observa en el mapa de arriba.

5.5.3. Pendientes

A partir del modelo de elevación digital se obtuvo el mapa de pendientes en porcentaje. Los cuáles serán reclasificadas en cinco categorías en base al riesgo por deslizamiento. De la tabla de abajo se deduce que la mayor área corresponde a los terrenos inclinados con el 37% y a los terrenos moderadamente escarpados con el 34,8%. Los valores de las pendientes se asignaron de la siguiente manera.

Categorías	Clases	Area (ha)	% Area
1. Terrenos planos o casi planos	0-15%	113,17	12,12
2. Terrenos inclinados	15-30%	347,35	37,21
3. Terrenos moderadamente escarpados	30-50%	325,02	34,82
4. Terrenos escarpados	50-75%	122,89	13,17
5. Terrenos muy escarpados	>75%	24,97	2,67
Total		933,40	100,00

Tabla 4. Tabla de categorías de pendientes modificado de Martínez & Mercado 1992.

6. AMENAZA POR MOVIMIENTOS DE MASA

6.1. Conceptos

El análisis de la amenaza se efectuó mediante el empleo de operadores y de técnicas de análisis de datos espaciales como los de superficie, superposición, cruces, distancias, vecindad, análisis estadístico, reclasificaciones, búsquedas booleanas y algebra de mapas.

El análisis de datos fue realizado modelando el mundo real en cuanto a las relaciones espaciales que existían entre las variables de susceptibilidad intrínseca y entre estas últimas y las detonantes.

La escala de trabajo fue un aspecto de gran relevancia, todos los datos producidos y los adquiridos, se buscó que dieran el nivel de detalle de una escala 1:5000, lo cual garantizó la homogeneidad en la representación de diferentes características que dieron origen a las entradas producidas para modelar los fenómenos en el SIG. Ya dentro del SIG, estos datos fueron representados a través de la unidad de trabajo adoptada para representar los datos con una estructura RASTER o GRID. Esta unidad fue la celda con dimensiones de 1x1m, formato al cual fueron llevadas todas las coberturas que participaron en el análisis de la amenaza, vulnerabilidad y finalmente el riesgo.

6.2. Definición de términos

A continuación se exponen una serie de términos para la utilización en el análisis cuantitativo de amenaza y riesgo para taludes y deslizamientos tomado de Jaime Suarez Díaz del libro de Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales 1998.

Riesgo: Es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o al ambiente. Se mide en vidas humanas y propiedades en riesgo. El riesgo generalmente se le estima como el producto de probabilidad por consecuencias o pérdidas.

Peligro: El deslizamiento geoméricamente y mecánicamente caracterizado se le define como peligro.

Amenaza: Una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Alternativamente la amenaza es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo.

Elementos en riesgo: Se incluyen la población, edificios, obras de infraestructura, actividades económicas, servicios públicos en el área potencialmente afectada por elementos amenazantes.

Probabilidad: La posibilidad de un riesgo específico medido como la relación de los resultados específicos sobre el número total posible de resultados. La probabilidad se expresa como un número entre 0 y 1 indicando con 0 la imposibilidad de ocurrencia y con 1 la certeza.

Vulnerabilidad: El grado de probabilidad de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos dentro del área afectada por el deslizamiento. Se expresa en una escala de 0 (no pérdida) a 1 (pérdida total).

Análisis de riesgo: El uso de la información disponible para estimar riesgo a individuos, población, propiedades o el ambiente debido a las amenazas. EL análisis de riesgo generalmente, comprende tres pasos: definición del alcance, identificación de la amenaza y la estimación de riesgo.

Valoración del riesgo: El proceso del análisis de riesgo y evaluación de riesgo.

Estimación del riesgo: El proceso utilizado para producir una medida del nivel de riesgos de salud, propiedad o ambiente que son analizados. La estimación del riesgo incluye las siguientes etapas: análisis de frecuencia, análisis de consecuencias y su integración.

6.3. Determinación del Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos y Derrumbes

6.3.1. Metodología

Un mapa de susceptibilidad a deslizamientos indica la susceptibilidad relativa del terreno a sufrir un deslizamiento. Solamente tiene una componente espacial. A diferencia, un mapa de amenaza ante deslizamientos también contiene información relacionada con la probabilidad temporal de ocurrencia frente a un evento detonante. Muchos de los llamados “mapas de amenaza” son realmente “mapas de susceptibilidad” debido a la dificultad de conseguir información temporal para la evaluación de la amenaza (Cees Van Westen, UNU – ITC Escuela para el Manejo de la Geo-Información de los Desastres).

El mapa de susceptibilidad o de amenazas permite desarrollar una aproximación del grado de peligrosidad por remociones en masa, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, utiliza las demás variables elaboradas en la primera parte de este estudio, efectuando reclasificaciones en la tabla de datos alfanuméricos, mediante el uso del software Ilwis y ArcGIS.

6.3.2. Método Estadístico

El proceso de generación del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa utiliza un método estadístico básico, sencillo pero útil, llamado “Índice de amenaza”. Este método está basado en la siguiente fórmula:

$$W_i = \ln \left(\frac{\text{Densclas}}{\text{Densmap}} \right) = \ln \left(\frac{\frac{\text{Area}(S_i)}{\text{Area}(N_i)}}{\frac{\sum \text{Area}(S_i)}{\sum \text{Area}(N_i)}} \right)$$

Donde:

W_i = peso dado a cada clase parámetro (ejemplo: tipo de roca, o valor de pendiente).

Densclas = densidad de deslizamientos dentro de cada parámetro.

Densmap = densidad de deslizamientos en el área total.

Area(S_i) = áreas que contienen deslizamientos, para cada parámetro.

Area(N_i) = área total para cada parámetro.

El método está basado en el cruce de un mapa de deslizamiento con varios mapas de parámetros. El resultado de los cruces es una tabla que puede ser utilizada para estimar la densidad de deslizamientos para cada clase de parámetro. Una estandarización de los valores de densidad puede ser obtenida mediante una relación con la densidad total en el área de estudio. Esta relación puede realizarse por división o por sustracción. En este trabajo la densidad de deslizamientos por clase es dividida por la densidad total del área de estudio. Se utiliza el logaritmo natural para asignar “pesos negativos” cuando la densidad de deslizamientos es menor que la normal y positivo cuando es mayor a la normal. Al combinar dos o más mapas de “pesos” se puede generar un mapa de amenaza al simplemente añadir los “pesos” individuales.

Hay dos métodos principales para la evaluación de la susceptibilidad estadísticas de deslizamientos: Multivariable y bivariado este último será el utilizado en esta investigación. Ambos requieren un mapa de deslizamientos que debe contener solamente 1 tipo de deslizamiento. Cada tipo de deslizamiento o falla, tiene su propio mecanismo de combinación de los factores causales. El objetivo, es ser capaz de separar los distintos tipos de deslizamientos de la mejor manera posible. Asimismo, sólo debería utilizar las zonas escarpadas y no las zonas de acumulación, porque los factores son ampliamente diferentes.

6.3.3. Método estadístico Divariado

Este es el método más común para obtener una estimación cuantitativa y objetiva de la susceptibilidad a movimientos en masa. Este método se basa en asignar valores por parte del especialista a las distintas variables de predicción y combinarlos en una clasificación de susceptibilidad. Para esto, se obtienen las densidades reales de cada clase de movimientos

en masa a partir de cada mapa de inventario. Se obtiene una correlación divariada entre las variables de predicción y la densidad del movimiento en masa. El mapa de susceptibilidad resultante puede utilizarse para estimar la ocurrencia de futuros movimientos en masa. En esta investigación utilizaremos los siguientes mapas de factores: Litología, pendiente, aspectos (dirección de pendientes), cobertura y uso, distancia a ríos y distancia a vías.

Para este análisis se tiene los siguientes datos:

Nombre	Tipo	Características
Datos de los factores		
Slope_cl	Raster	Mapa de pendientes
Aspect_cl	Raster	Mapa de dirección de pendientes
Lithology	Raster	Mapa litológico
Landuse	Raster	Mapa de uso del suelo
River_dist	Raster	Distancia a los ríos
Road_dist	Raster	Distancia a las vías
Datos de deslizamientos		
Landslide_id	Raster	Polígono en cada deslizamiento interpretado con su tabla de atributos asociada.
Landslide_id	Tabla	Tabla de atributos con información de los deslizamientos del área.
Otros datos		
buildings	Shp	Mapa de predios de la ciudad por uso actual urbano

Tabla 5. Tabla de variables para la elaboración del mapa de susceptibilidad.

El proceso de generación del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa es el siguiente:

Empieza con el cruce de mapas de factores con el mapa de deslizamientos, este cruce consiste en una sobreposición de dos mapas raster en donde se comparan los pixeles correspondientes en ambos mapas. Se almacenan los valores de clases, identificadores o valores de pixels de ambos mapas. Los valores finales se presentan en forma de mapa de cruce y una tabla de cruce. La tabla de cruce incluye la combinación de valores de entrada, clases o Ids, el número de pixeles que ocurren en cada combinación y el área para cada

combinación. Ahora, realizado este proceso la cantidad de pixeles con diferente tipo de actividad en cada clase de pendiente, ha sido calculada; también pueden calcularse las respectivas densidades.

Después del cruce de mapas, el próximo paso es calcular los valores de densidades. La tabla de cruce incluye las columnas que se usaron durante este ejercicio. La tabla resultante es como la que se muestra a continuación:

	Slope_cl	Active	NPix	Area	AreaAct	Areasloptot	Areaslopeact	Areamaptot	Areamapact	Denscias	Densmap
0 - 5 * 0	0 - 5	0	4169438	4169438	0	4173424	3986	14000000	213446	0.0010	0.0152
0 - 5 * 1	0 - 5	1	3986	3986	3986	4173424	3986	14000000	213446	0.0010	0.0152
5 - 10 * 0	5 - 10	0	2718437	2718437	0	2723958	5521	14000000	213446	0.0020	0.0152
5 - 10 * 1	5 - 10	1	5521	5521	5521	2723958	5521	14000000	213446	0.0020	0.0152
10 - 15 * 0	10 - 15	0	1941860	1941860	0	1952714	10854	14000000	213446	0.0056	0.0152
10 - 15 * 1	10 - 15	1	10854	10854	10854	1952714	10854	14000000	213446	0.0056	0.0152
15 - 20 * 0	15 - 20	0	1488289	1488289	0	1502075	13786	14000000	213446	0.0092	0.0152
15 - 20 * 1	15 - 20	1	13786	13786	13786	1502075	13786	14000000	213446	0.0092	0.0152
20 - 25 * 0	20 - 25	0	1062314	1062314	0	1086549	24235	14000000	213446	0.0223	0.0152
20 - 25 * 1	20 - 25	1	24235	24235	24235	1086549	24235	14000000	213446	0.0223	0.0152
25 - 30 * 0	25 - 30	0	826051	826051	0	854335	28284	14000000	213446	0.0331	0.0152
25 - 30 * 1	25 - 30	1	28284	28284	28284	854335	28284	14000000	213446	0.0331	0.0152
40 - 50 * 0	40 - 50	0	407252	407252	0	450340	43088	14000000	213446	0.0957	0.0152
40 - 50 * 1	40 - 50	1	43088	43088	43088	450340	43088	14000000	213446	0.0957	0.0152
30 - 40 * 0	30 - 40	0	1017888	1017888	0	1073296	55408	14000000	213446	0.0516	0.0152
30 - 40 * 1	30 - 40	1	55408	55408	55408	1073296	55408	14000000	213446	0.0516	0.0152
50 - 60 * 0	50 - 60	0	125097	125097	0	147443	22346	14000000	213446	0.1516	0.0152
50 - 60 * 1	50 - 60	1	22346	22346	22346	147443	22346	14000000	213446	0.1516	0.0152
60 - 90 * 0	60 - 90	0	29928	29928	0	35866	5938	14000000	213446	0.1656	0.0152
60 - 90 * 1	60 - 90	1	5938	5938	5938	35866	5938	14000000	213446	0.1656	0.0152

Fig. 8. Tabla de cruce resultante elabora en Ilwis

Los valores de pesos finales son calculados al determinar el logaritmo natural de la densidad de clases, dividido por la densidad en el mapa total. Con este cálculo encontraremos que la densidad de cada mapa de factores:

Nombre archivo	Nombre del mapa	densidad del mapa	Weight (peso)
Slope_cl	Pendientes	0,01093	-2,4383
Aspect_cl	Aspectos	0,010945	0,0279
Lithology	Litología	0,010946	-2,5723
Landuse	Cobertura y uso	0,010286	-3,1677
River_dist	Distancia a rios	0,010946	0,0842
Road_dist	Distancia a vias	0,010946	-1,6262
Promedio		0,010833	

Tabla 6. Tabla de densidades y pesos de cada mapa procesado.

Previamente el cálculo fue hecho al realizar el cruce entre los mapas por ejemplo Slope_cl y el mapa de deslizamientos. El resultado se ve como en la tabla de abajo, en

donde a cada clase de pendiente le corresponde un solo registro. Esta es la razón por la que ahora trabajaremos con la tabla de atributos conectada al mapa Slopecl y usaremos “table joining” combinado con la función ”aggregation” para obtener los datos de la tabla de cruce.

	Areasloptot	Areaslopeact	Areamaptot	Areamapact	densclas
0 - 5	4173424	7972	28000000	426892	0.0020
5 - 10	2723958	11042	28000000	426892	0.0040
10 - 15	1952714	21708	28000000	426892	0.0112
15 - 20	1502075	27572	28000000	426892	0.0184
20 - 25	1086549	48470	28000000	426892	0.0446
25 - 30	854335	56568	28000000	426892	0.0662
30 - 40	1073296	110816	28000000	426892	0.1032
40 - 50	450340	86176	28000000	426892	0.1914
50 - 60	147443	44692	28000000	426892	0.3032
60 - 90	35866	11876	28000000	426892	0.3312

Fig. 9. Imagen capturada de Ilwis donde se muestra las áreas por movimientos en masa (slope)

Creando los mapas de pesos, esto se logra con la tabla anterior Se puede automatizar el procedimiento de cálculo utilizando un “script” el cual contendrá las fórmulas para las operaciones de ILWIS. Para nuestro análisis se usó el script ya desarrollado en el curso “Evaluación y Riesgos para Desastres Naturales” desarrollado en el CLAS de Bolivia, copiando la (s) formula (s) que se muestran en la línea de commando cuando se ejecutan las operaciones normales en ILWIS de código abierto (www.north32.com).

Combinando los pesos en mapa final de susceptibilidad: Luego de ejecutar el script para todos los mapas de factores y de seleccionar los mapas que se quieren usar para la creación del mapa final, solamente se deben sumar para obtener el mapa de peso final. La fórmula siguiente fue usada para este fin.

Weight:=activeaspect_cl+activeslope_cl+activelihology+ activelanduse+activeriver_dis

El mapa Weight (mapa de pesos) tiene muchos valores y no puede ser presentado como un mapa cualitativo de amenazas o susceptibilidad. Para lo cual se lo clasifica en

unidades más pequeñas, para ello se selecciona los valores límites a través de un análisis del histograma del mapa weight para clasificar en cuatro clases: Amenaza Baja, Moderada, Alta y Muy Alta.

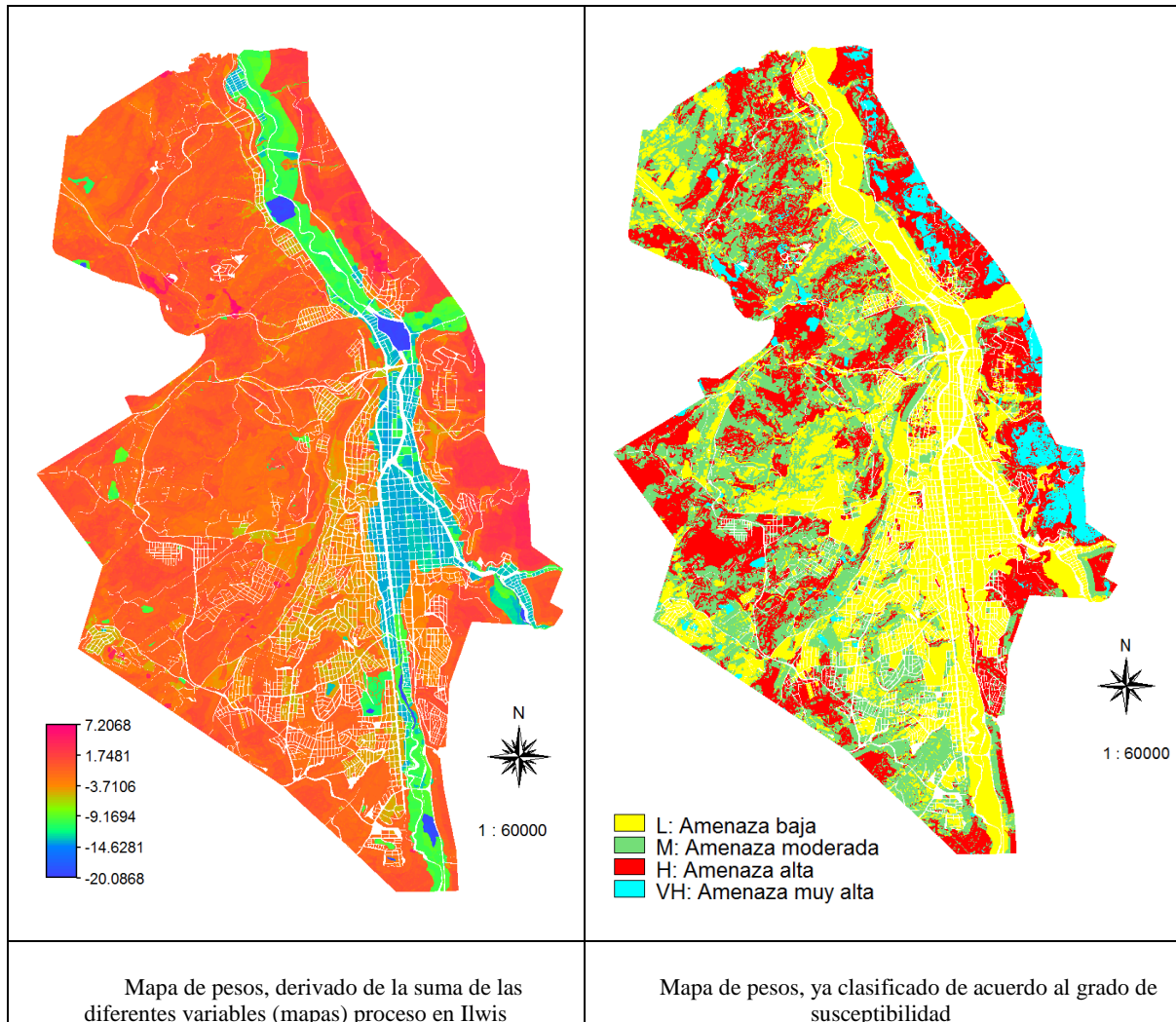


Fig. 10. Mapas de pesos resultantes elaborados en Ilwis

6.4. Trabajo de Campo

Debido a que la mayoría del inventario de movimientos en masa por parte de la Defensa Civil no está georeferenciados, se utilizó la información para poder ubicar los mismos en las ortofotos y proceder a la restitución de cada uno de ellos. Como se mencionó anteriormente no se utilizaron los deslizamientos mapeados por Abad (2002) debido a la

escala en que fueron realizados (1:50000) no permitían un acople con la escala nuestra de trabajo (1:5000).

El resultado de esta tarea fue de 93 deslizamientos restituidos del año 2003 (fecha de toma de las fotos aéreas) que representan un área total de 59,9 hectáreas. Estos fueron

introducidos para el análisis de riesgo. La caracterización de todos ellos no fue realizada por el factor tiempo, sin embargo la mayoría de los movimientos son de tipo flujos y están activos, en la mayoría de ellos se puede observar que su actividad podría tener relación directa con la construcción de tanques reservorios de agua.

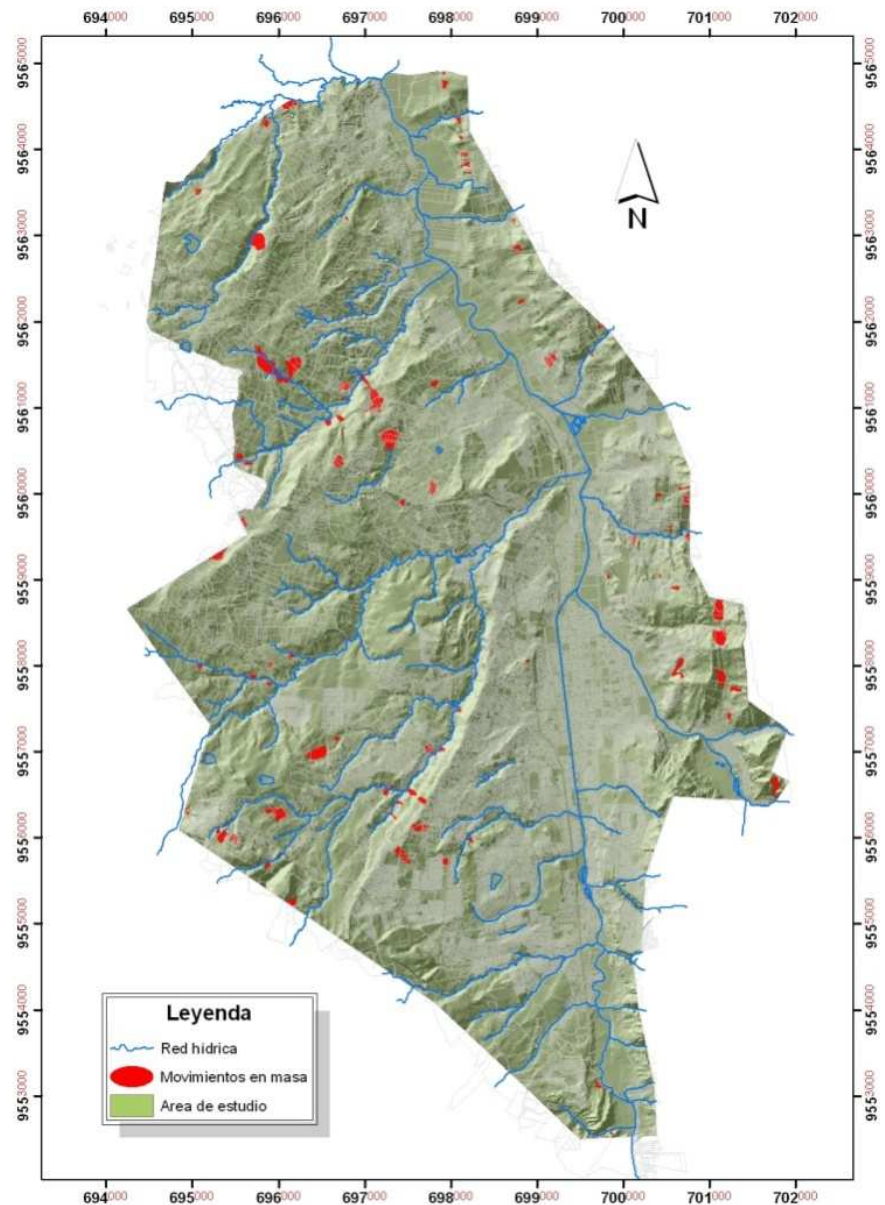


Fig. 11. Deslizamientos mapeados en el área de estudio

Lo arriba indicado se puede constatar en las fotografías aéreas del año 1984 a escala 5000 que reposan en los archivos del municipio de Loja, aquí se evidencia que en las zonas

destinadas para la construcción de tanques de agua no hay actividad de movimientos en masa a su alrededor, mientras que en las fotos del año 2003 del cual se pudo obtener la ortofoto, ya se evidencia movimientos de ladera como se indica a continuación:

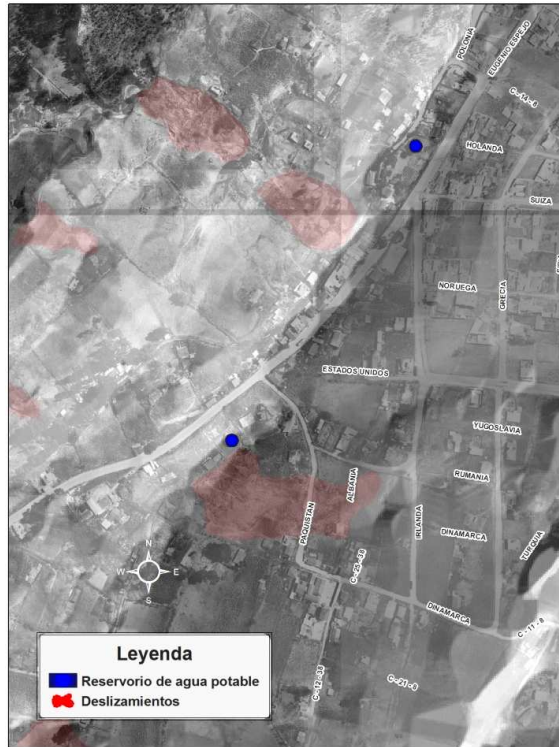
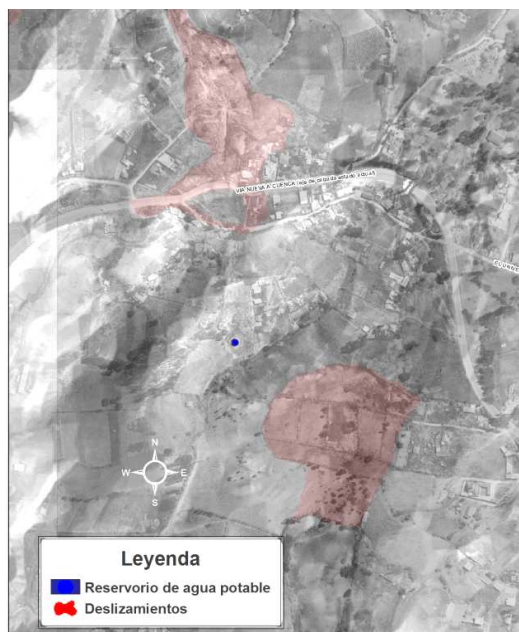


Fig. 12. La imagen de arriba muestra el tanque en la Urba. Reynaldo Espinosa,

Fig. 13. La imagen de abajo es en la vía a Cuenca y calle El Universo



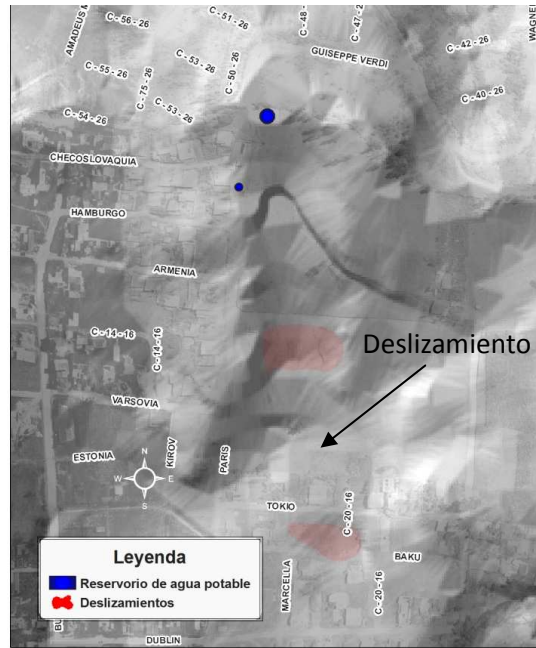


Fig. 14. La imagen de arriba muestra el tanque de agua en el Barrio San Cayetano Bajo.

Mosaico fotográfico de movimientos en masa documentados en la jornada de campo



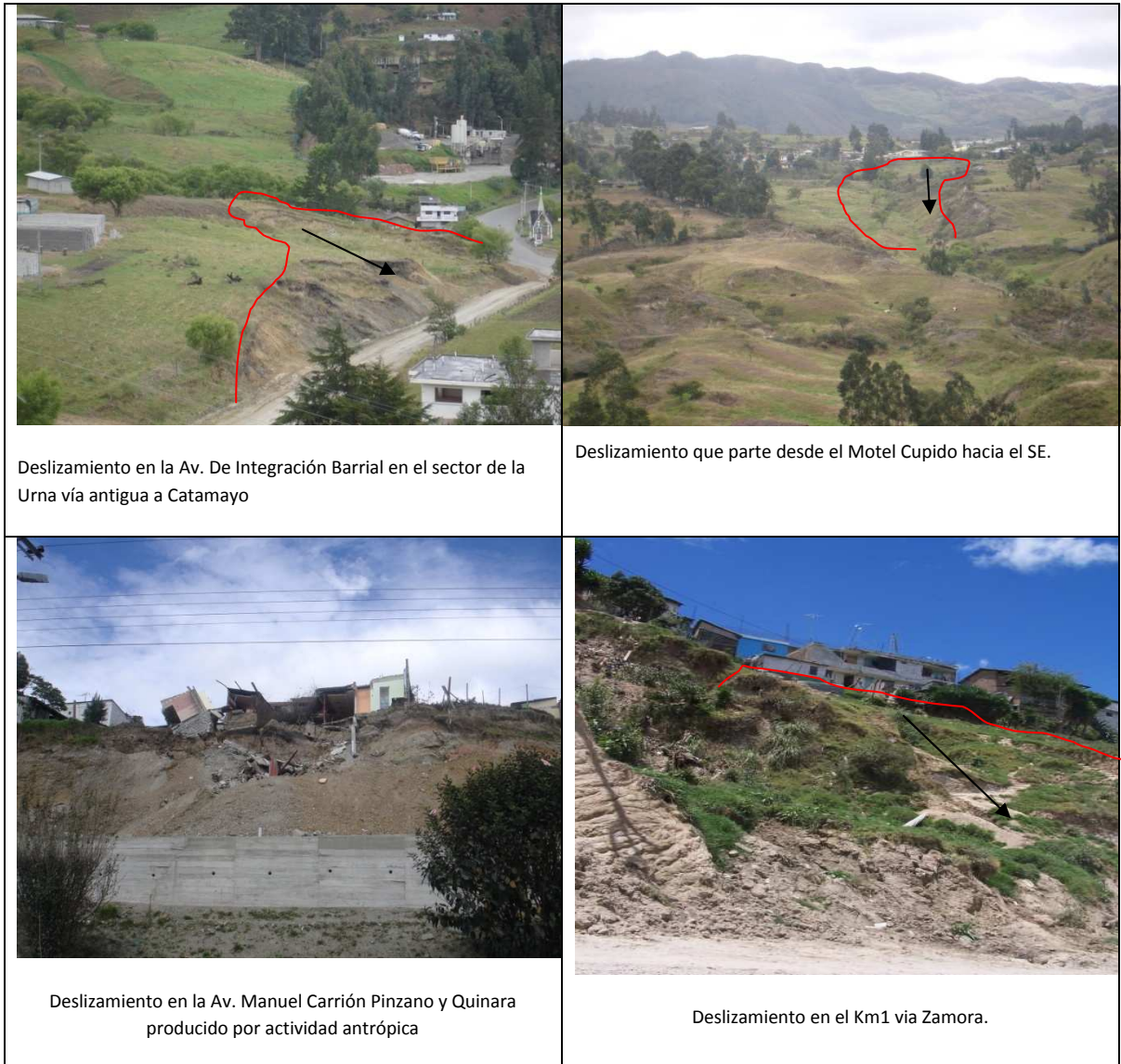


Fig. 15. Mosaico Fotográfico de movimientos en masa en el área urbana de la ciudad de Loja

6.5. Resultados del análisis de susceptibilidad y amenaza

El resultado fue mapear 93 movimientos en masa catalogados mayormente como flujos obtenidos de restitución en ortofotos del año 2003 (fecha de toma de las fotos aéreas) que representan un área total de 59,9 hectáreas. Del análisis realizado en Ilwis se puede obtener la siguiente gráfica estadística que relaciona el número de píxeles (1m²) en el eje Y versus el tipo de amenaza en el eje de las X.

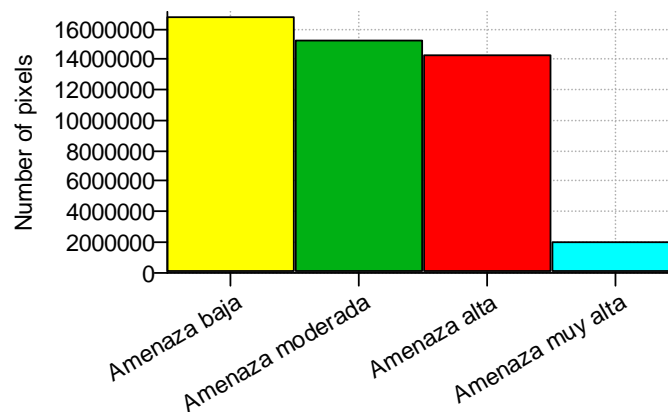


Fig. 16. Gráfica estadística que relaciona el número de píxeles (1m²) en el eje Y versus el tipo de amenaza en el eje de las X.

Esto indica que las zonas con amenaza baja ocupa un 34,7% del área total, mientras que las zonas con amenaza alta un 29,6% del área urbana y apenas un 4% con grado de amenaza muy alta que representan en si, los flujos mapeados.

Susceptibilidad	npix	npixpct	pctnotund	Área(m ²)	Área %
Amenaza baja	16770912	17.61	34.79	16770912	34,79
Amenaza moderada	15213882	15.97	31.56	15213882	31,56
Amenaza alta	14266808	14.98	29.60	14266808	29,60
Amenaza muy alta	1948084	2.05	4.04	1948084	4,04
Total				48199686	100,00

Tabla 7. Tabla de áreas de acuerdo al grado de susceptibilidad

Finalmente se calcula la tasa de éxito, el “poder predictivo” de los mapas de peso resultantes pueden ser evaluados y analizados a través del cálculo de la tasa de éxito y tasa

de predicción. La tasa de éxito es calculada al ordenar los píxeles del mapa de susceptibilidad en clases, de valores altos a bajos, basados en la frecuencia de la información en el histograma. Luego de esto, se desarrolla un overlay con el inventario de deslizamientos y entonces se calcula la frecuencia de unión. La tasa de éxito indica que porcentaje de todos los deslizamientos ocurren en píxeles con los más altos valores en las diferentes combinaciones de mapas. Por ejemplo, si el 50% de todos los deslizamientos son precedidos por el 10% de los píxeles con los más altos valores del mapa.

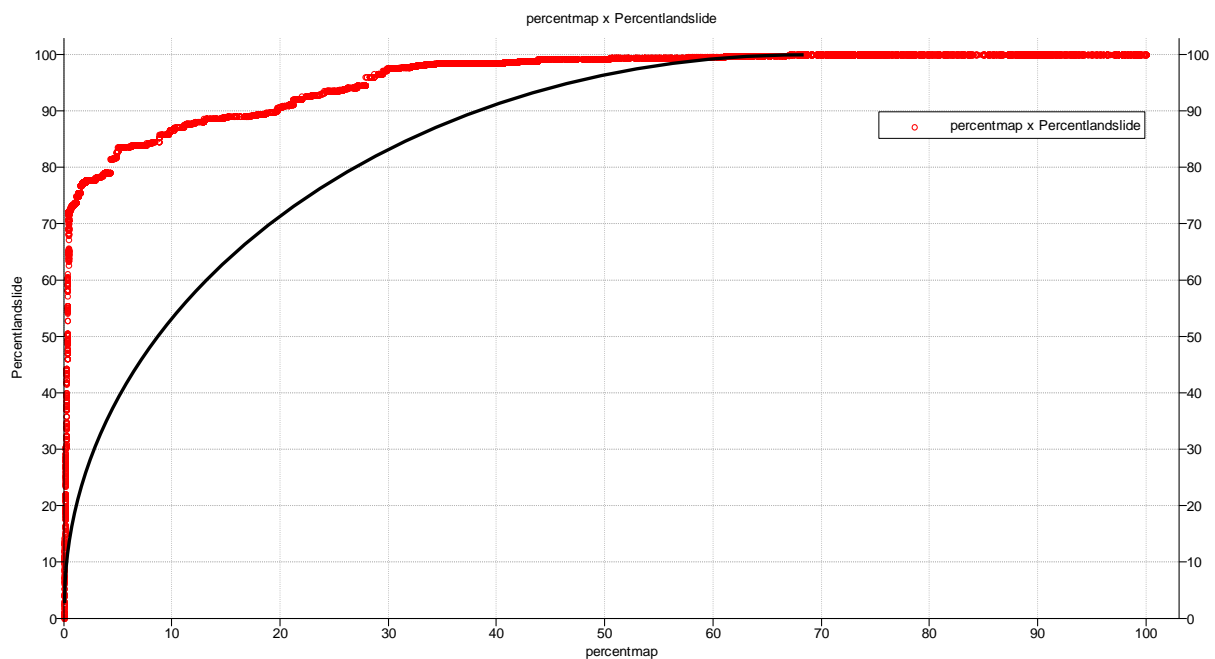


Fig. 17. Gráfica sobre la tasa de éxito

La figura de arriba muestra la tasa de éxito, en el cual el porcentaje de susceptibilidad del mapa está ordenado desde lo más alto a lo más bajo, contra el porcentaje de deslizamientos en el eje Y. De esta manera se puede indicar que el 70% de los deslizamientos están en un 20% del área del mapa lo que le da una buena confiabilidad al mapa elaborado.

Los mapas de susceptibilidad son probablemente los más comunes, pero son útiles solo para tomar decisiones relativas tales como una selección aproximada de sitios que sirven para evitar la construcción de urbanizaciones o construcciones civiles en zonas potencialmente inestables.

El método estadístico divariado es el método más común para obtener una estimación cuantitativa y objetiva de la susceptibilidad a movimientos en masa y puede utilizarse para estimar la ocurrencia de futuros movimientos en masa. Sin embargo se recomienda calibrar y probar diversas formas de combinación y compilación de los valores de susceptibilidad, a fin de obtener la mejor correlación. El mapa se valida mediante la comparación con un inventario de movimientos en masa y se acepta aquella combinación que resulta más adecuada.

No es posible recomendar algún método específico de mapeo de susceptibilidad. La persona que desarrolle el trabajo necesariamente deberá contar con suficiente experiencia y conocimiento del tema, para seleccionar las variables a intervenir en la modelación. Se recomienda el uso de múltiples métodos en paralelo, como el método heurístico en base a valores de pesos para las variables.

7. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LOJA

7.1. Recolección de Información y trabajo de campo

En algunas situaciones donde no hay disponible suficiente información espacial sobre edificaciones, distribución de población, cuantificación de elementos físicos detallada para poder estimar la vulnerabilidad espacial en un caso así, es mejor usar un método simple que nos permita rastrear la vulnerabilidad física en función del uso de suelo urbano y de la parcelación del terreno. Para nuestra valoración posterior emplearemos la unidad cartográfica considerando que cada unidad es homogénea. La vulnerabilidad puede ser de varios tipos, en esta caso se valorara la vulnerabilidad física para ello estimaremos el potencial impacto de eventos (amenazas) en los bienes como las edificaciones. El grado de vulnerabilidad lo clasificamos en función del uso del suelo urbano ello es importante estimar porque tiene diferentes actividades en el mismo periodo del día y el número de edificaciones por unidad. Este procedimiento lo indicamos a continuación.

7.2. Estimación del Uso Urbano del Suelo

El grado de vulnerabilidad será basado principalmente en el mapeo del uso urbano del suelo, el cual será combinado con el número de predios. El uso urbano del suelo es muy importante para la estimación de las pérdidas. Es importante diferenciar entre el tipo de uso del suelo porque tienen actividades diferentes en el mismo periodo del día. Por ejemplo, en las áreas residenciales la cantidad de pobladores, supuestamente es mayor durante la noche y mucho menor durante el día, sin embargo en los edificios de oficinas y colegios, esto es al revés. Por otra parte hay lugares donde se concentran cantidades numerosas de personas

durante periodos cortos (ejm, estadios, iglesias). También es importante mapear las áreas en que normalmente no existen personas (áreas libres).

7.3. Elaboración de Mapas

Para elaborar el mapa de uso del suelo urbano, se utilizó el archivo DWG del I. Municipio de Loja sobre uso del suelo efectuado en forma vectorial y con “hatch” de relleno como simbologías, este archivo se lo emigro a Arcgis donde después de la corrección topológica se poligonizaron las líneas, obtenido este shape ya de polígonos se fue llenando la base de datos de acuerdo a la leyenda que se muestra en la tabla de abajo, .para ello se adicionaron algunas categorías de las entregadas por el Municipio de Loja.

Nombre	Descripción
Red_vial	Red vial
Abastecimiento	Mercados, Centros comerciales
Asistencial	Guarderías, Orfanatos, Ancianatos
Com_Hotel	Hoteles
Comercial	Lugares comerciales
Comunal	Casa comunal
Educacion	Centros de Educación
Gestion	Bancos, Cooperativas
Ins_Industria	Industria
Ins_salud	Hospitales, Centros de Salud
Ins_salud/Educación	Centros mixtos
Institucional	Municipios, entidades del Estado
Pub_Estacion	Gasolineras, centros de acopio de gas
Pub_bodegas	Bodegas
Pub_cultural	Casa de la cultura, teatros, rotondas
Pub_recreacion	Parques y áreas verdes
Pub_religioso	Iglesias, conventos
Residencial_A	Construcciones en terrenos grandes de gran plusvalía
Residencial_B	Construcciones en terrenos moderados de mediana plusvalía
Residencial_C	Construcciones en terrenos pequeños de baja plusvalía
Residencial_Construccion	Urbanizaciones en proceso de construcción
Residencial_Cultivos	Residencias en áreas con predominio de cultivos
Seguridad	Cuarteles policiales
Servicios	Mecánicas, lavadoras
Vacante	Terrenos sin ocupación
Vacante_Construcc	Futuras lotizaciones

Tabla 8 Uso del suelo elaborado mediante fotointerpretación (en llwis se llaman dominios)

Después de haber estimado el uso del suelo con el archivo del Municipio de Loja y con ayuda de la ortofoto y con los atributos obtenidos se emigra a Ilwis para procesos posteriores. El grado de vulnerabilidad será basada principalmente en el mapeo del uso urbano del suelo, el cual será combinado con otra información como el número de edificios. El uso urbano del suelo es muy importante para la estimación de las pérdidas multi-riegos, como se puede definir posteriormente la cantidad de población la cual posiblemente va a ser parte de las unidades catastrales para un tiempo determinado del día. Es importante diferenciar entre el tipo de uso del suelo porque tienen actividades diferentes en el mismo periodo del día.

Es de destacar que no se hizo verificación de este mapa aunque en la realidad, se debería hacerla para una mejor caracterización de los usos de suelo urbano o usar un mapa existente y verificado del uso de suelo. Sin embargo, a menudo son muy generales.

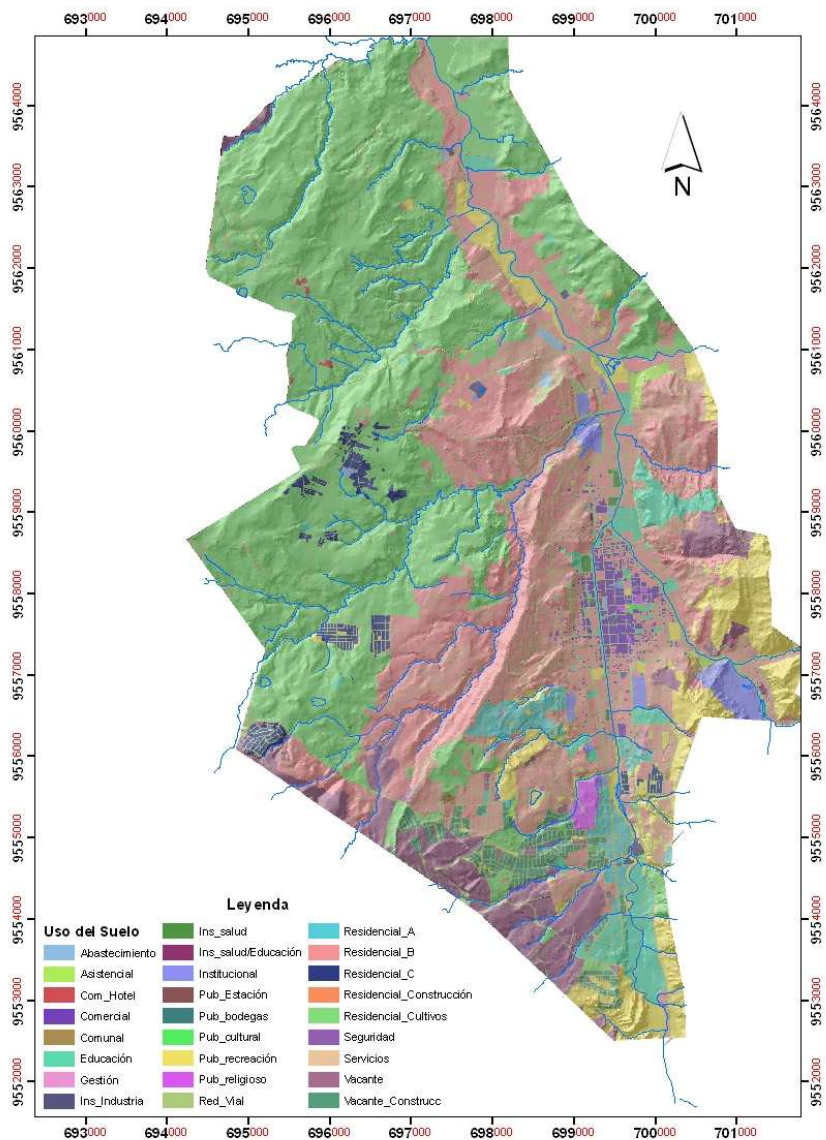


Fig. 18. Mapa de Uso actual urbano

7.3.1. Estimación del Número de Construcciones

Ahora que ya tenemos el mapa de uso del suelo urbano, se realiza el cálculo del número de construcciones por unidad de mapeo. Se estima el número de edificaciones por unidad mapeada puesto que de ello dependerá la valoración del riesgo.

Para ello realizamos un muestreo para conocer el número de edificaciones por unidad de mapeo, con ello calculamos el número de edificaciones de cada manzana (cuadra), basándonos en el tamaño de la unidad (tamaño de pixel 1x1m) así como el uso del suelo urbano.

La tabla cruzada contiene todas las combinaciones posibles de los identificadores de las unidades de mapeo y los predios individuales. Mediante la función de agregación realizada en Ilwis se calculan los componentes. En este proceso se obtiene una nueva tabla básica para la evaluación del riesgo en clases agrupadas. Importante destacar es que la tabla muestra un promedio del número de construcciones por uso del suelo urbano, por ejemplo del uso *Gestión* existen al menos 4 construcciones en el área urbana de la ciudad de Loja.

Los resultados de este proceso se muestran en el mapa siguiente y en la tabla de abajo:

Uso actual del suelo urbano	Nro construcciones	Area (ha)	% Area
Abastecimiento	11	4,43	0,09
Asistencial	3	2,83	0,06
Com_Hotel	45	6,20	0,13
Comercial	1742	70,09	1,47
Comunal	7	3,48	0,07
Educación	104	133,05	2,79
Gestión	4	0,71	0,01
Ins_Industria	8	7,12	0,15
Ins_salud	33	7,62	0,16
Ins_salud/Educación	1	0,73	0,02
Institucional	68	63,89	1,34
Pub_Estación	1	0,13	0,00

Pub_bodegas	1	0,40	0,01
Pub_cultural	9	1,49	0,03
Pub_recreación	5	326,37	6,84
Pub_religioso	31	20,19	0,42
Residencial_A	2007	74,85	1,57
Residencial_B	29859	1395,51	29,25
Residencial_C	4022	79,20	1,66
Residencial_Construcción	6	0,54	0,01
Residencial_Cultivos	1	1378,25	28,89
Seguridad	1	0,12	0,00
Servicios	1	3,03	0,06
Vacant_Construccion	1	116,51	2,44
Vacante	0	1074,48	22,52

Tabla 9 . Uso del suelo elaborado mediante fotointerpretación

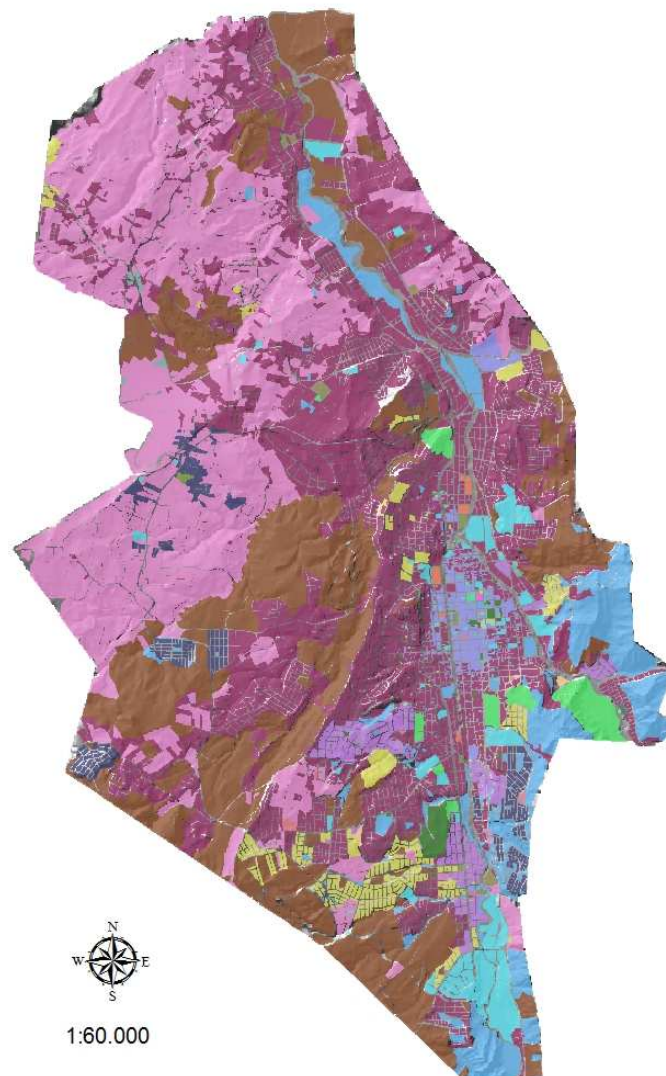


Fig. 19. Mapa de Número de construcciones por Uso actual urbano



7.4. Vulnerabilidad por deslizamientos

Como se dijo anteriormente, es el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de fenómeno de intensidad determinada. Depende de las características del elemento considerado y de la intensidad del fenómeno, se evalúa entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida o destrucción total del elemento).

Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades (como en es nuestro caso), infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona.

La clasificación de las vulnerabilidades se ha realizado en cinco clases en función del uso del suelo y el número de edificaciones así:

Vulnerabilidad	Numero de edificaciones por unidad	Código
Baja	0-5	1
Moderada	6-25	2
Alta	26-50	3
Muy alta	>50	4

Tabla 10 Clasificación de la Vulnerabilidad por número de edificaciones

Para la obtención del mapa de vulnerabilidad se procede a realizar un Cross entre el mapa de uso del suelo urbano y el mapa de predios incluida el número de edificaciones por unidad mapeada, se empleó para ello el software ILWIS, se lo realizo en este SIG en razón

que el permite crear tablas cruzadas y su muestreo por imagen es preciso. Luego se obtiene una tabla cruzada que posee todas las combinaciones posibles de los identificadores de las unidades de mapeo con ello obtenemos área vacante, área construida, esto lo clasificaremos por 1 a todas las unidades construidas y 0 a las no construidas en razón de que la vulnerabilidad se clasifica por la pérdida total o no de las edificaciones.

El resultado de este proceso nos permite generar un mapa con las clasificaciones antes indicadas, insumo que se utilizará para generar el mapa de riesgos. De acuerdo a ello se tiene aproximadamente la siguiente tabla con porcentajes.

VULNERABILIDAD	Area (m²)	% Area
Baja	25826394	54,13
Moderada	3434315	7,20
Alta	339718	0,71
Muy Alta	18112092	37,96
Total	47712519	100,00

Tabla 11. Porcentajes de Vulnerabilidad por número de edificaciones

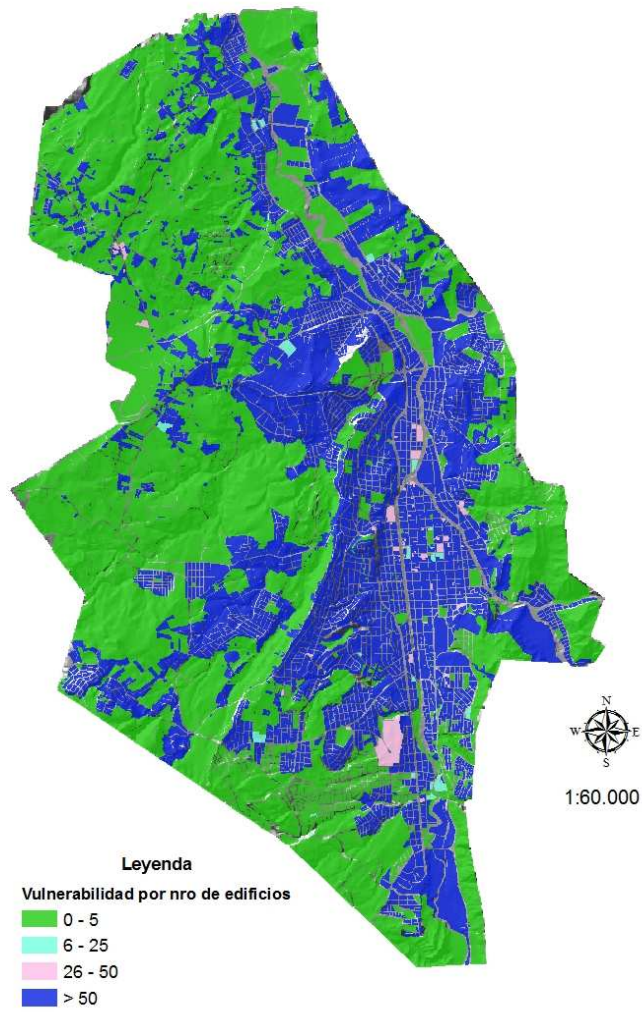


Fig. 20. Mapa de vulnerabilidad de acuerdo al número de construcciones

Nro construcciones	uso_actual	Susceptibilidad	Susceptibilidad
2	Abastecimiento	Alta	1-H
8	Abastecimiento	Baja	1-L
1	Abastecimiento	Moderada	1-M
1	Ins_salud/Educación	Baja	10-L
65	Institucional	Baja	11-L
2	Institucional	Moderada	11-M
1	Pub_Estación	Baja	12-L
1	Pub_bodegas	Baja	13-L
8	Pub_cultural	Baja	14-L
92	Pub_recreación	Alta	15-H
67	Pub_recreación	Baja	15-L
79	Pub_recreación	Moderada	15-M
55	Pub_recreación	Muy Alta	15-VH
26	Pub_religioso	Baja	16-L
105	Residencial_A	Alta	17-H

1682	Residencial_A	Baja	17-L
219	Residencial_A	Moderada	17-M
4440	Residencial_B	Alta	18-H
18921	Residencial_B	Baja	18-L
5880	Residencial_B	Moderada	18-M
481	Residencial_B	Muy Alta	18-VH
1285	Residencial_C	Alta	19-H
1586	Residencial_C	Baja	19-L
1150	Residencial_C	Moderada	19-M
2	Asistencial	Baja	2-L
1	Asistencial	Moderada	2-M
4	Residencial_Construcción	Baja	20-L
2	Residencial_Construcción	Moderada	20-M
815	Residencial_Cultivos	Alta	21-H
414	Residencial_Cultivos	Baja	21-L
1051	Residencial_Cultivos	Moderada	21-M
46	Residencial_Cultivos	Muy Alta	21-VH
1	Seguridad	Baja	22-L
1	Servicios	Alta	23-H
60	Servicios	Baja	23-L
1	Servicios	Moderada	23-M
817	Vacant_Construccion	Alta	24-H
574	Vacant_Construccion	Baja	24-L
1698	Vacant_Construccion	Moderada	24-M
10	Vacant_Construccion	Muy Alta	24-VH
144	Vacante	Alta	25-H
118	Vacante	Baja	25-L
220	Vacante	Moderada	25-M
24	Vacante	Muy Alta	25-VH
1	Com_Hotel	Alta	3-H
36	Com_Hotel	Baja	3-L
6	Com_Hotel	Moderada	3-M
1738	Comercial	Baja	4-L
2	Comunal	Alta	5-H
5	Comunal	Baja	5-L
2	Educación	Alta	6-H
91	Educación	Baja	6-L
8	Educación	Moderada	6-M
2	Educación	Muy Alta	6-VH
4	Gestión	Baja	7-L
8	Ins_Industria	Baja	8-L
32	Ins_salud	Baja	9-L
1	Ins_salud	Moderada	9-M

Tabla 12 Clasificación de la Vulnerabilidad por número de edificaciones y uso urbano

8. RIESGO

Riesgo es el número esperado de vidas humanas perdidas, personas heridas, daño a la propiedad, y pérdidas económicas relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno (Varnes 1984).

Para la implementación de medidas de prevención y control es conveniente identificar los niveles de riesgo. El análisis de riesgo se fundamenta en la observación y registro de los indicadores tanto naturales como los producidos por acción antrópicas, analizados desde el punto de vista de las consecuencias resultantes en el caso de formación o progreso de procesos de deslizamiento. Estas consecuencias deben analizarse no solamente para las áreas urbanizadas sino teniendo en cuenta la posibilidad de ocupación o urbanización de las áreas aledañas. Para el análisis de riesgo es importante que sean definidos los tipos y procesos, sus parámetros de formación y progreso y la previsión de las consecuencias resultantes. A partir de este procedimiento es posible caracterizar las situaciones de riesgo incluyendo sus dimensiones.

En este sentido se puede concluir que se trata de varias situaciones de riesgo localizado, afectando solamente a algunos sitios específicos del área ocupada o una situación de riesgo generalizado que afecta a toda el área ocupada. Esta caracterización es fundamental para definir la mejor forma de enfrentar un problema de deslizamientos.

Con la información sobre la amenaza y con la información disponible sobre los elementos de riesgo cartografiados, tales como cobertura y uso, predios, uso actual de predios, como

se dijo anteriormente, se analizó la vulnerabilidad. Al riesgo se le debe dar una escala y zonificar las áreas o puntos de riesgo.

Superponiendo los elementos o parámetros de los mapas indicados de amenazas y vulnerabilidad se pudo elaborar un plano delimitando las áreas de riesgo, dándole un peso determinado a cada factor y analizando las situaciones sitio por sitio, con la ayuda de los diversos planos.

La fórmula del riesgo empleada es la siguiente:

$$\mathbf{RIESGO = AMENAZA * VULNERABILIDAD * CANTIDAD}$$

Deben determinarse en cada sector el tipo de proceso, las áreas de influencia y el nivel de riesgo en lo referente a los bienes materiales (construcciones). El mapa de riesgo se lo obtiene a partir de la presente matriz.

AMENAZA ↑	MUY ALTA	BAJA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA
	ALTA	BAJA	MODERADA	ALTA	ALTA
	MODERADA	BAJA	MODERADA	MODERADA	MODERADA
	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA
		BAJA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA
	VULNERABILIDAD →				

Fig. 21. Matriz de Riesgo

8.1.1. Evaluación Cuantitativa del Riesgo

Para realizar esta evaluación se utilizará el mapa de susceptibilidad de deslizamientos (**Susceptibility**), el cual ha sido generado usando el método estadístico. Para los elementos en riesgo, usaremos las unidades de mapeo que representaran los bloques de edificios.

En las situaciones en que no hay suficiente información temporal disponible para poder estimar la probabilidad ocurrencia de la amenaza, es mejor utilizar un método sencillo que combina la amenaza de forma cualitativa y los mapas de vulnerabilidad. El mapa cualitativo de la amenaza, de hecho es, el mapa de susceptibilidad y el mapa de vulnerabilidad, que muestran el número de elementos en riesgo (los edificios y la población en este caso). El método de la matriz se basa en la combinación que se muestra en la figura de arriba. Se utilizara el mapa de susceptibilidad de deslizamientos, en el cual los deslizamientos actuales han sido denominados como de susceptibilidad muy alta, alta, moderada y baja. El mapa de susceptibilidad a los derrumbes esta nombrado como **Susceptibility**. También se utilizara el mapa **Mapping_units** y la tabla que está vinculada a este mapa, para el para el análisis de la vulnerabilidad.

El próximo paso es combinar el mapa de vulnerabilidad y el de susceptibilidad en un mapa de riesgo cualitativo. Esto se lo realiza mediante una tabla de dos dimensiones o bidimensional, la cual se parece a la matriz de la figura siguiente.

AMENAZA ↑	MUY ALTA	BAJA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA
	ALTA	BAJA	MODERADA	ALTA	ALTA
	MODERADA	BAJA	MODERADA	MODERADA	MODERADA
	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA
		BAJA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA
	VULNERABILIDAD →				

Utilizando la siguiente formula en Ilwis nos permite calcular la matriz
 $Qualitative_risk = Qualitative_risk [Susceptibility, Vulnerability]$

De la cual obtenemos la siguiente tabla de valores:

RIESGO	Area (ha)	% Area
Muy Alto	45,8325	0,99
Alto	362,1982	7,81
Moderado	655,3837	14,12
Bajo	3576,7592	77,08
Total	4640,1736	100,00

Tabla 13. Clasificación de Riesgo

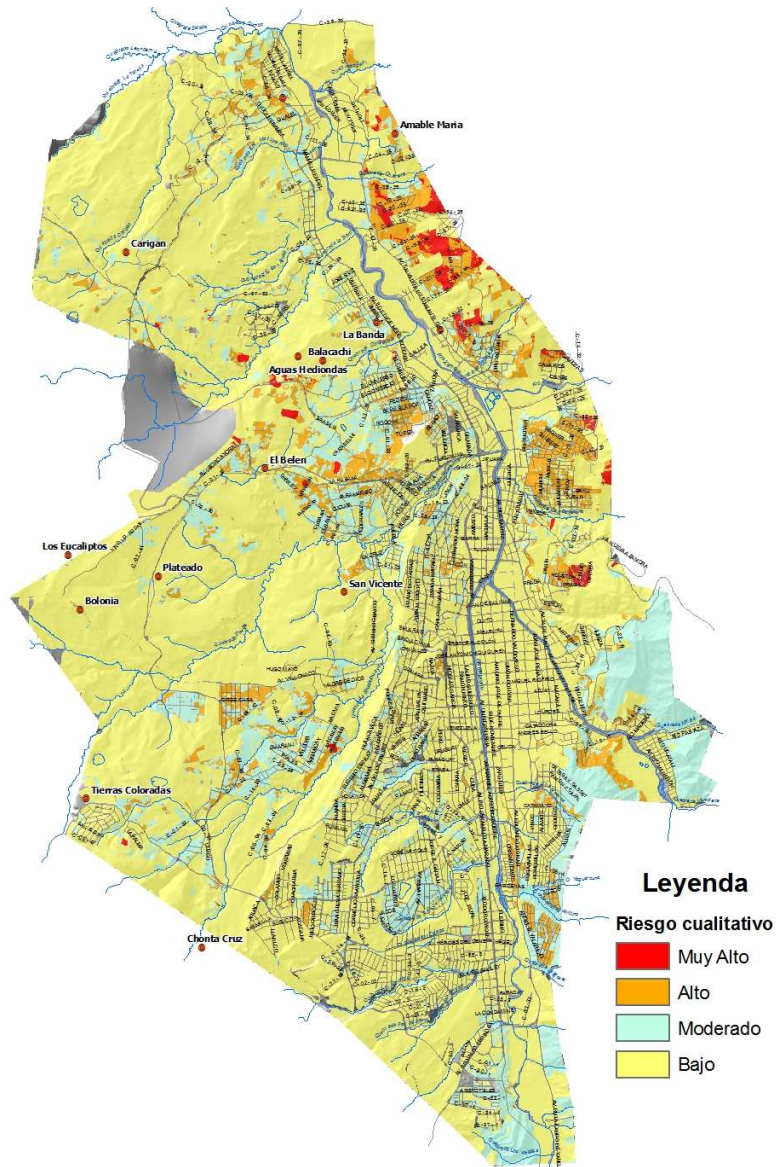
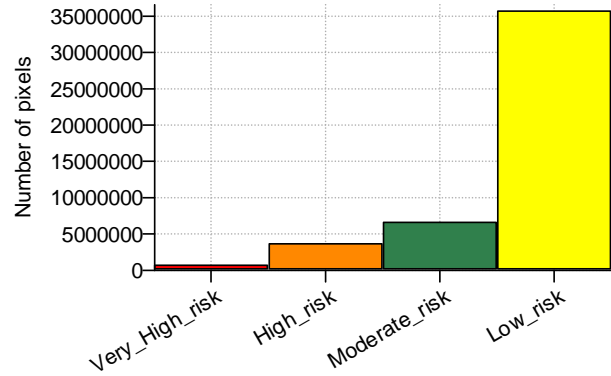


Fig. 22. Mapa de Riesgo por movimientos en masa

El porcentaje de área en construcción es igual al porcentaje de área en riesgo en razón que se elaboró con unidades de mapeo en las cuales el predio fue tomado como edificación.

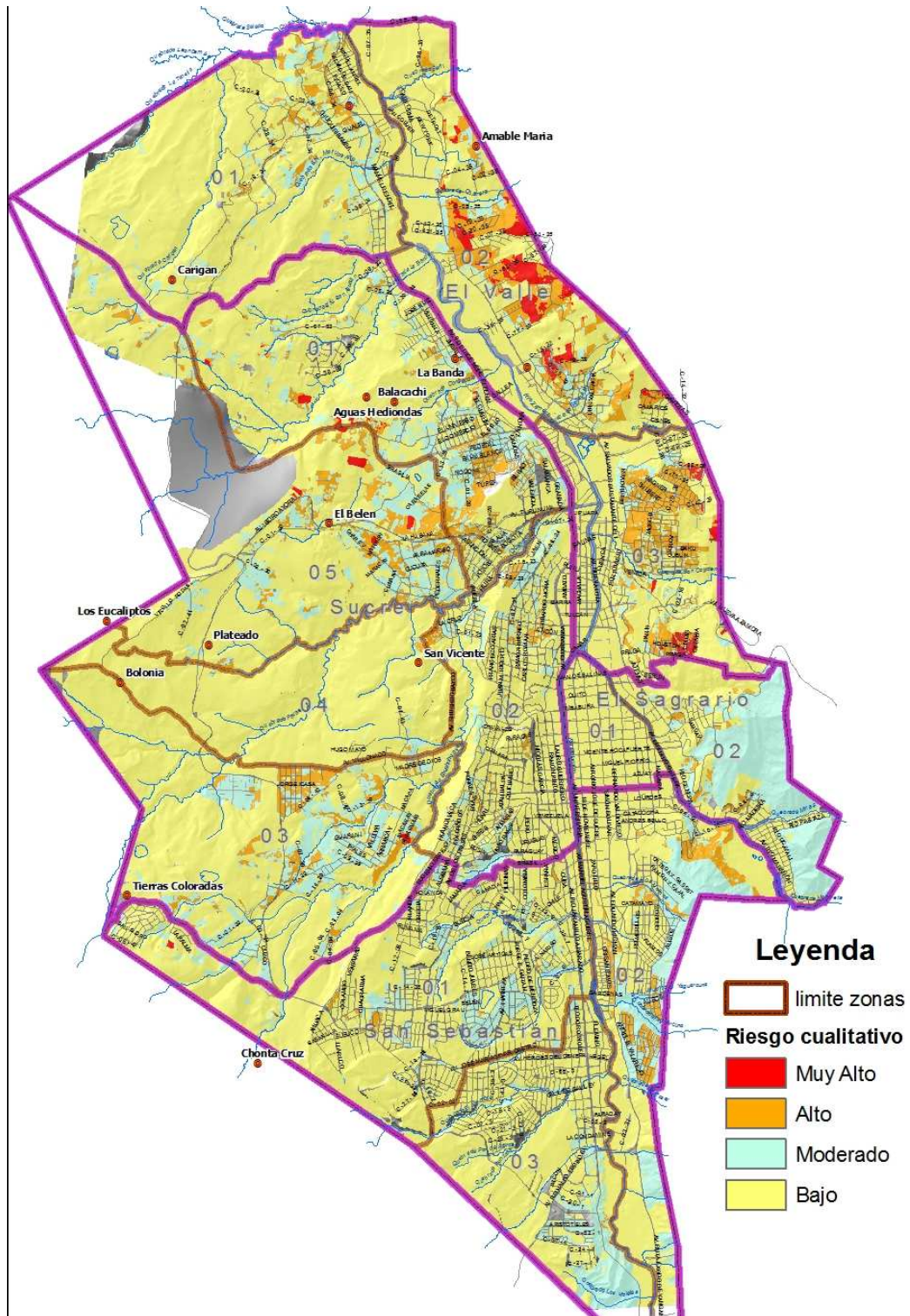


Fig. 23. Mapa de Riesgo y límites parroquiales

La zona 2 de la parroquia el valle que constituyen los barrios nor-orientales, sectores de La Inmaculada, Estancia Norte, La Paz, Amable María, Chinguilanchi y el Parque Industrial. Esta zona tiene el riesgo Alto a Muy Alto (parte alta de Chinguilanchi), debido a zonas muy susceptibles a movimientos en masa por condiciones litológicas y geomorfológicas.

En la zona 3 de la misma parroquia los sectores con riesgo muy alto se evidencian en la parte sur del barrio San Cayetano Alto, San Cayetano Bajo, y la parte alta del Hogar de Ancianos en Jipiro. Mayormente toda esta zona oriental colinada y de alta pendiente tiene un riesgo Alto.

9. MANEJO DE DESASTRES EN LA CIUDAD DE LOJA

Desde un punto de vista práctico y circunscribiéndose a los alcances de la presente investigación, el tema del manejo de desastres se delimitará en los siguientes ejes básicos, a saber:

- Amenazas naturales actuales, Organización y Planes de Respuesta.
- Información, Planes de Prevención, Respuesta y Gestión del Riesgo.

Partiendo del contexto de eventos ocurridos en la década de los 90's, las consultas realizadas a la población determinan que han sido cuatro los eventos significativos que han superado la capacidad de respuesta local, por tanto la necesidad de recurrir a la asistencia nacional. Mayores eventos en la década del 90, que la población considera como grandes emergencias.

1. Inundaciones por desbordes de ríos y quebradas como el del 28 de febrero de 1999 en la terminal terrestre.
2. Aluviones como el del 11 de octubre de 2008, de la quebrada Las Minas que destruyó algunos puentes y tuberías de agua potable.
3. Deslizamientos en diferentes sectores de la ciudad.

Definiremos por tanto, a la *pérdida de la respuesta comunitaria o de un sector de la población* para sobrellevar o enfrentar ante una situación de crisis dada (sismos, deslizamientos, inundación, etc), con sus propios recursos y organización, configurando el estado o fase de emergencia.

Efectivamente los pobladores de la ciudad, dentro de la *fase de emergencia* identifican tres sub-etapas:

- Etapa de atención a la emergencia o el desastre: caracterizada por actividades de auxilio, atención de heridos, búsqueda y rescate (incluyendo desaparecidos y muertos). Incluye activación extraordinaria de los organismos de respuesta local (Hospital, clínica, centro de salud, Cruz Roja, Bomberos y el Comité Local de Emergencia).
- Etapa post-emergencia: definida por una extensión del auxilio en términos de sobrevivencia por pérdida de bienes materiales, tales como vivienda, alimentación, entre otros. Esta sub-etapa muy cercana a la sub-etapa de atención de primeros auxilios y médica, es denotada por el período de instalación de alojamientos temporales (albergues), asistencia alimentaria y de suministros básicos.
- Paralela a la reubicación o desplazamiento de la población hacia sitios seguros se encuentra la sub-etapa del registro de daños y no necesariamente su cuantificación, ya que incluiría una desagregación de la infraestructura y bienes perdidos y el costo total de las pérdidas.
- La otra fase que está bien enmarcada en la mentalidad de los pobladores, es la **fase de rehabilitación**, que en términos prácticos se refiere la reposición de los servicios sociales básicos o los relativos a las líneas vitales (energía, agua, combustible, carreteras y puentes, entre los más comunes).

No obstante, existe en **la fase rehabilitación** dos separaciones importantes, a saber:

- Rehabilitación de bienes sociales o de uso común: Electricidad, Telefonía, abastecimiento y distribución de Agua Potable, Servicios de Salud y Comerciales.

- **Rehabilitación de Bienes Particulares:** Entendido este como una reposición inmediata de los bienes perdidos producto de la crisis o el desastre. Sin duda alguna, el mayor rubro comprende la necesidad de reponer la vivienda destruida total o parcialmente, o la reubicación de los residentes en áreas cercanas de peligro, aun y cuando estas no hayan sufrido daño alguno.

Al respecto es notorio que ante la declaratoria oficial de estado de emergencia para la zona, la reubicación y reposición de vivienda por parte de las entidades del Estado correspondientes, se ha hecho para aquellos casos de destrucción total o bajo condición extrema de peligro. Existen sitios que por su cercanía a eventos pasados y sus condiciones topográficas y geológicas requerían de la implementación de una estrategia de reubicación hacia sitios seguros.

9.1. Procesos de Construcción del Riesgo

Los procesos naturales (que más se evidencian en nuestra área urbana) propios de estos ecosistemas y las zonas de pendiente en las diversas microcuencas dentro del perímetro urbano, tales como avenidas torrenciales y deslizamientos son convertidos a riesgo debido a:

- Deterioro ambiental causado por actividades anteriores al origen del asentamiento formal e informal: agricultura, pastoreo, etc.
- La generación de exposición por el desarrollo de asentamientos en donde dichos procesos se manifiestan con mayor intensidad o frecuencia: zonas inestables,

márgenes de quebradas y ríos (en algunos casos estrangulamiento de las quebradas por embaulados), cárcavas, etc.

- La intensificación de las amenazas por prácticas frecuentes de la ocupación de las laderas, como la deforestación, corte de taludes para la construcción de viviendas, manejo inadecuado de aguas servidas y escorrentías, arrojo de basuras y escombros a las quebradas (por ejm, Qb. Shushuhuayco), mala construcción de reservorios de agua con fallas en su base que permite que el agua se percole y provoque movimientos en masa a sus alrededores, entre los más importantes.
- El agravamiento de la condición de riesgo por la densificación progresiva de la ocupación del suelo y el proceso acumulativo de vulnerabilidades.

Además se suman las vulnerabilidades y amenazas propias de asentamientos sin planificación, independientes del tipo de terreno, derivadas de la precariedad de construcción (colapsos de edificaciones, conexión inadecuada a redes de servicios públicos, etc) y la mezcla desordenada de usos y actividades (vivienda, agricultura, industria, etc), cada uno con sus propios procesos generadores de riesgo.

Adicionalmente, y no menos importante, las condiciones topográficas (pendientes) de las laderas y la estructura de los asentamientos mismos dificultan el acceso de personal, suministros y equipos a las áreas afectadas en caso de emergencia.

9.2. Información, Planes de Prevención, Respuesta y Gestión del Riesgo

Existe una debilidad en la disponibilidad, uso y manejo de información sobre peligros naturales y riesgos, denotado por los siguientes aspectos:

- El organismo directamente relacionado con el uso del suelo, esencialmente con el otorgamiento de permisos de construcción, como lo es la Municipalidad, que no cuenta con una sistematización idónea de los peligros existentes, difícil por tanto contar con este tipo de información para orientar la toma de decisiones técnica de nuevas construcciones hacia sitios sin riesgos potenciales.
- No existe un registro histórico sistematizado por tipo de eventos que permita diagnosticar la evolución de las principales amenazas o la caracterización de eventos extremos.
- A pesar de que existen algunas versiones sobre mapas de amenazas naturales de fuentes reconocidas como el de la EPN (Abad F, 2002) y la UTPL (Mora y Macas) para los encargados en aspectos como la planificación física, emergencias o desastres, es difícil contar con esta información de forma inmediata o en las escalas adecuadas.
- El mayor componente en el manejo de desastres, ha sido la organización institucional local, bajo la coordinación y dirección de la Defensa Civil conformando el COE (ver organigrama mas abajo), donde figuran instituciones como Municipalidad, Bomberos, Centros de Salud, Hospital, Cruz Roja, Ministerio de Obras Públicas, Seguridad Pública y Transportes y ciudadanos de los medios de comunicación colectiva local.
- Aunque Loja no ha sufrido eventos catastróficos, es importante destacar en caso de desastre, el nivel de convocatoria de las instituciones es considerado como una de las fortalezas.

La Gestión del riesgo en el escenario puede dividirse en las siguientes formas de respuesta:

- La gestión del estado de riesgo, que abarca el monitoreo y corrección del riesgo ya generado a través de la reducción del impacto de la amenaza (obras preventivas de control de taludes, reforestación, drenajes pluviales) como la reducción de las condiciones de vulnerabilidad de la población (relocalización, provisión de servicios, construcción adecuada, organización comunitaria, etc).
- La gestión de los efectos del riesgo, la cual implica desde los preparativos ante emergencias, la atención de desastres, la asistencia continuada a las víctimas luego de la emergencia, hasta las labores de rehabilitación y reconstrucción, incluyendo la corrección de los factores generadores que llevaron a la emergencia y los mecanismos que transfieren el impacto económico y financian la recuperación.

Existen algunas medidas de mitigación de los riesgos y las actuaciones posibles en cada caso, que dependen de las características del proceso y de la posibilidad de prevenirlo. Estas actuaciones reciben también el nombre de medidas “medidas preventivas“, aunque bajo este concepto se incluyen además las acciones encaminadas a evitar los procesos geológicos y sus efectos. Las más efectivas y de menor costo son las “medidas estructurales” que se basan en la ordenación y el uso del territorio.

La tabla siguiente permite prevenir y mitigar los riesgos geológicos (tomado de Gonzales Vallejo, Ingeniería Geológica, 2003, pag 616).

Procesos	Prevención y Predicción	Mitigación de los riesgos	Actuaciones para mitigación	
			Estructurales	No estructurales
Deslizamientos y desprendimientos	Espacial y temporal(1)	Control del proceso(2) Protección Evacuación	Medidas de corrección, estabilización y medidas de protección	Prohibición o restricciones de ocupación de zonas de elevada peligrosidad
Hundimientos y Subsidiencias	Espacial y temporal(1)	Control del proceso(2) Protección Evacuación	Medidas de consolidación y relleno	Planificación y ordenación del territorio Planificación y ordenación del territorio Normativas y recomendaciones
Inundaciones y Avenidas	Espacial y temporal	Control del proceso(2) Protección Evacuación	Obras de desvío, contención y regulación. Diseño de obras y drenajes	Sistemas de alarma y aviso Planes de emergencia Divulgación y educación ciudadana

Tabla 14. Mitigación de riesgos geológicos

1. Prevención temporal siempre que se conozca la recurrencia de los factores desencadenantes
2. Únicamente cuando los procesos tienen magnitud o escala "geotécnica".

Finalmente el SISTEMA DE DEFENSA CIVIL⁵ (Art. 87 Ley de Seguridad Nacional) es el conjunto de Organismos de los sectores público, privado, nacional, provincial, municipal, parroquial y barrial que mediante una coordinación integrada ejecutan acciones permanentes de protección a la población y sus bienes Antes, Durante y Después de un desastre.

El propósito es desarrollar en la comunidad involucrada una cultura de Gestión del Riesgo debido a la existencia de una alta vulnerabilidad, para elevar y fortalecer su capacidad de respuesta, tendiente al mejoramiento de su calidad de vida y desarrollo. El organigrama de su funcionalidad tomado del PROYECTO DE COOPERACION EN GESTION DE

⁵ Tomado del Proyecto De Cooperación En Gestión De Riesgo Gestionado Por Catholic Relief Services – Programa Ecuador Crs a través de Predecán. Defensa Civil

RIESGO GESTIONADO POR CATHALIC RELIEF SERVICES – PROGRAMA
 ECUADOR CRS A TRAVES DE PREDECAN; se muestra a continuación:

**ORGANIGRAMA DE LA JUNTA PROVINCIAL DE SEGURIDAD
 CIUDADANA Y DEFENSA CIVIL DE LOJA**

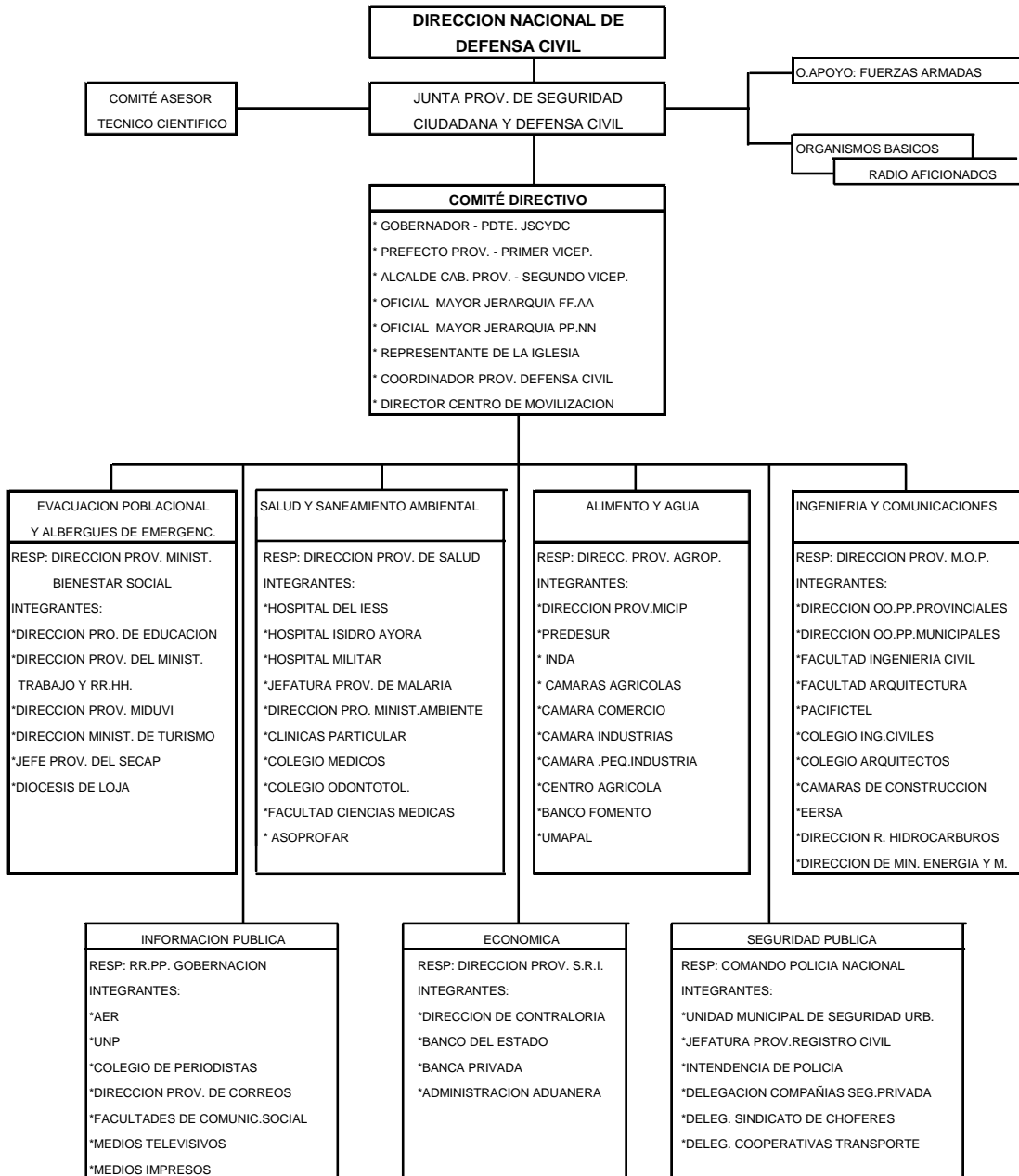


Fig. 24. Organigrama de la Junta provincial de seguridad ciudadana

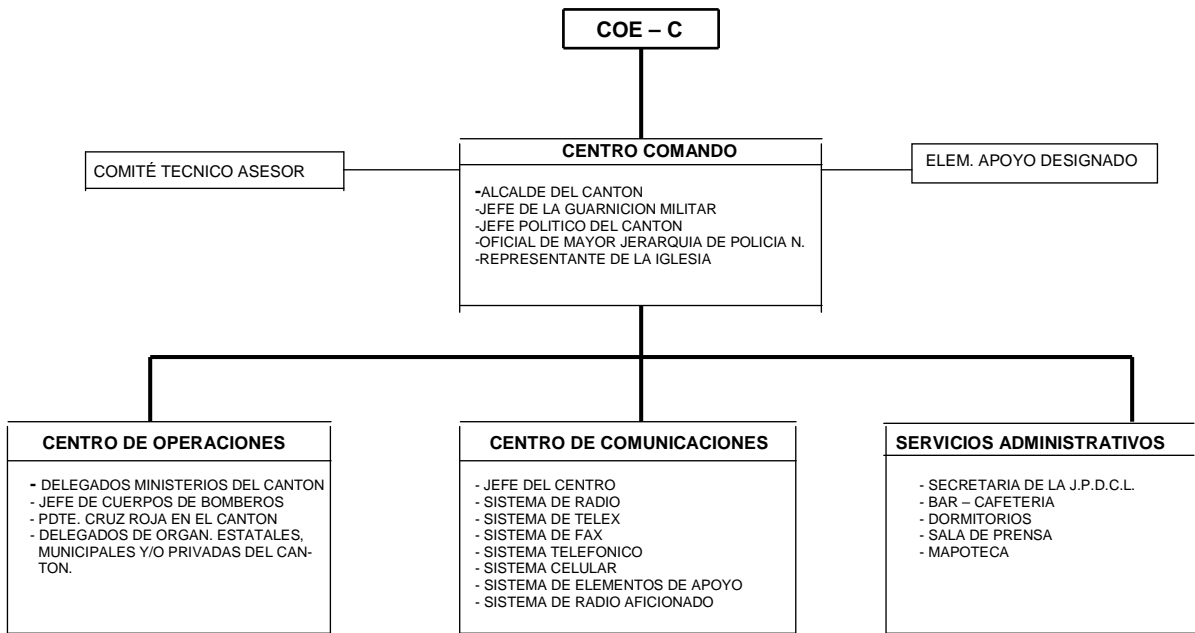


Fig. 25. Organización del centro de operaciones de emergencia cantonal (COE-C)

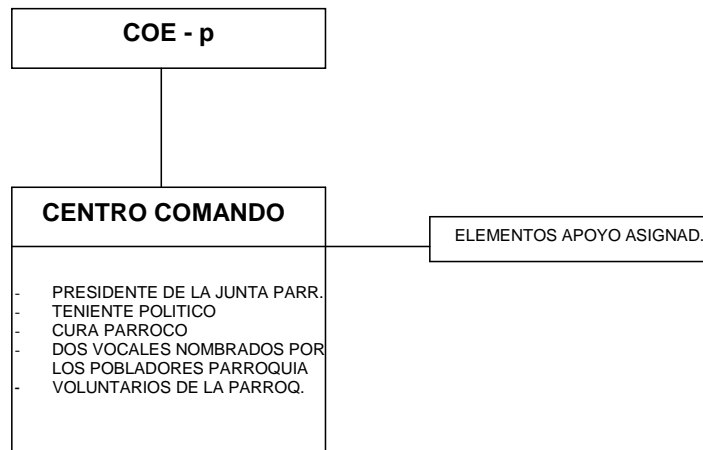


Fig. 26. Organización del centro de operaciones de emergencia parroquial (COE-P)

Los estudios realizados en el área urbana de la ciudad de Loja, y el proceso de diagnóstico seguido conforme para esta “zonificación preliminar”, aclara algunos aspectos que son interesantes en la definición de estrategias, entre estas podemos citar los siguientes:

- El área de estudio presenta una cobertura de boscosa (bosques intervenidos, plantaciones forestales) del 5%, el 40% aproximadamente corresponde a pastizales

y el 23% a vías y urbanizaciones, el 2,40% son zonas degradadas, erosionadas y el 16% a cultivos.

- El porcentaje de construcciones en alto y muy alto riesgo a movimientos en masa constituyen el 9% del área total, mientras que el 65% está en un rango bajo a muy bajo, siendo el riesgo moderado en un 26%.
- El desarrollo económico se ha concentrado en la parte baja y media, por la topografía presente en esa zona, en la parte alta y en los alrededores se ha reducido a actividades agrícolas y en menor porcentaje a actividades hoteleras.
- En el área urbana habitan aproximadamente 118000 personas, cuya mayoría está dedicada a actividades académicas y actividades de subsistencia.
- Existen zonas silvestres protegidas en los alrededores del área urbana como son los bosques protectores Hoya de Loja, el área de amortiguamiento y Parque Nacional Podocarpus.

Analizando la información disponible y resumida anteriormente, es posible establecer las prioridades para la implementación de estrategias que son necesarias para un plan de ordenamiento urbano.

- De acuerdo a la vocación del suelo y a la zonificación preliminar realizada indica que la conservación de la biodiversidad tiene una importancia fundamental en el ordenamiento del territorio, ya que representa el 19,2% de la superficie de la misma.
- El objetivo principal de es mantener, bajo cobertura boscosa, el 33% del área de estudio incluyendo las zonas urbanizadas con restricción, al tiempo que se debe mejorar la calidad de vida de los habitantes de la misma.

- Con el manejo de las áreas protegidas de los alrededores del área urbana y los terrenos de propiedad del estado, se está garantizando la permanencia del recurso agua con potencial para los proyectos de agua y de riego, que permitan maximizar los potenciales productivos de tipo sostenible para nuestras comunidades relacionada con las áreas silvestres.
- Se tiene plenamente identificadas y ubicadas espacialmente las amenazas geológicas.
- Se tiene plenamente identificadas las áreas de riesgo y que no deben ser aptas para urbanizar o que deben ser manejadas técnicamente.
- Con el objetivo de minimizar cualquier efecto negativo sobre la vegetación boscosa y reducir los impactos negativos sobre el terreno, es necesario atender las necesidades de las comunidades, que se encuentran dentro y fuera del área urbana.

Paralelamente a las acciones que se dan en el campo de la biodiversidad, se debe continuar en el incremento de la obtención de las actividades productivas tradicionales, con la integración de nuevas tecnologías, que permitan alcanzar estos resultados de forma sostenible. Para ello se plantean incentivar las zonas productivas agrícolas, evitando en esos sectores la expansión urbana.

A continuación se proponen los programas y proyectos que permitan realizar gestiones para un ordenamiento territorial que minimicen las zonas de riesgo a la población.

Programa	Proyectos
Consolidar las áreas silvestres protegidas por el MAE	Redefinición de los límites de las áreas silvestres actuales. Ampliar las áreas silvestres actuales en terrenos

	baldíos y del estado.
Control de proceso de erosión urbana	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción del sistema de alcantarillado en áreas periféricas. - Construcción de sumideros para aguas lluvias por la poca capacidad de estos - Diseño y construcción de colectores de agua en coronas de taludes o en superficie de áreas urbanizadas. - Control y fiscalización eficiente en el diseño y construcción de reservorios de agua. - Control inadecuado de relleno, debido a que los rellenos sin compactación o compactados inadecuadamente permiten la saturación y el colapso de los suelos facilitando el escurrimiento del suelo y la formación de cárcavas por erosión. - Eliminación de basura de los taludes, debido a que la basura permite fácilmente la infiltración formando depósitos de agua subsuperficial y corrientes de agua entre la basura y el suelo, se producen escurrimientos de suelo y basura formando cárcavas las cuales crecen en un proceso combinado de erosión y flujos. - Reforestación, debido a que al eliminar la protección vegetal se deja el terreno expuesto a la lluvia.
Restauración de cauces fluviales y de zonas de riesgo	<p>Recopilación y sistematización de datos que permitan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar el estado de su estructura procesos y funciones. - Identificar las alteraciones que sufren y sus efectos - Identificar factores que limitan o condicionan la restauración.

	<p>DIAGNOSTICO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecer relaciones causa-efecto y su dinámica espacial y temporal - Establecer prioridades y fijar el escenario objetivo. - Definir objetivos del programa de restauración - Establecer alternativas <p>ACTUACION</p> <p>Establecida la problemática se trata de determinar qué tipo de actuaciones como.</p> <ul style="list-style-type: none"> - ejecución de obras de corrección y estabilización, mejoramiento de la resistencia del suelo Control de aguas superficiales (zanjas de coronación, drenes, trincheras estabilizadoras, pozos de drenaje. - Rediseño de embaulados y alcantarillas que no abastecen el caudal generado por las quebradas. - programas de gestión (ordenación de usos, reforestación) que deben llevarse a cabo para alcanzar los objetivos propuestos. - En la planificación de la ejecución de las actuaciones es necesario considerar, junto a las tareas propias de la construcción, una serie de precauciones para minimizar las perturbaciones sobre el medio.
Seguimiento y evaluación de cauces fluviales y de zonas de riesgo	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo y actualización de los movimientos en masa - Monitoreo seguimiento y evaluación de los

	<p>trabajos de restauración.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de la dinámica de los procesos fluviales.
Programa de comunicación, educación ambiental y alerta temprana	<p>Establece vínculos entre entorno social donde se desarrolla el plan y el propio plan a través de</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planificación y desarrollo de un Programa de Capacitación Comunitaria. - Fortalecimiento de la capacidad de respuesta de la población involucrada. - Organización de la Brigada Barrial de Autoprotección Ciudadana. - Elaboración de Planes de Contingencias. - Involucramiento directo del Equipo Técnico de Defensa Civil Provincial en las actividades técnicas de Proyectos con relación a riesgos y amenazas. - Difusión de la información técnica y aplicación de la misma a nivel comunitario
Infraestructura climática	<p>Proyecto de creación de estaciones meteorológicas en el norte, este y oeste de la hoya de Loja.</p>

Tabla 15. Programas y proyectos que permiten realizar gestiones para un ordenamiento territorial que minimicen las zonas de riesgo a la población.

9.3. Gestión del riesgo y su complementariedad con la aptitud de expansión urbana

En zonas urbanas la ocurrencia de desastres ha crecido en número, variedad e impacto. El desorganizado proceso de crecimiento de sus áreas formales e informales ha propiciado la configuración de condiciones de riesgo. Son diversas las causas que originan estos problemas, en muchos casos tan alejadas a la administración de la ciudad que no permiten

una incidencia directa, y en otros casos tan cotidianas, urgentes y prioritarias que dificultan una acción más rápida e imperativa.

En las condiciones de riesgo intervienen factores no sólo de origen físico-natural sino principalmente de orden social, económico, cultural, político y/o institucional. Son estos factores los que inciden en la generación de vulnerabilidades. Es la población de escasos recursos que, en contextos que no le ofrecen oportunidades de acceder formalmente a una vivienda, servicios y actividades económicas, se ve forzada a recurrir a estrategias de sobrevivencia que la lleva a ocupar, bajo procedimientos informales, terrenos no adecuados para habitar.

En este proceso el punto de partida debe ser la incorporación de la temática de reducción de riesgos en la cultura institucional y comunitaria. Definitivamente, cualquier esfuerzo fracasaría, tarde o temprano, si no se asegura la voluntad política de las autoridades para incorporar este tema en la dinámica institucional. Por otro lado, la participación comunitaria contribuirá a dar sostenibilidad a las acciones.

El mapa de áreas aptas a urbanizar elaborado permiten deducir información valiosa sobre las áreas aptas para construcción, sin embargo tanto el mapa elaborado necesariamente deberá ser ajustado con parámetros geotécnicos para su real estimación. A pesar de ello expresa una buena aproximación porque utiliza variables que permiten evaluar el territorio de un modo cualitativo con una clasificación general.

Para realizar el mapa de aptitud de zonas constructivas se contó con las siguientes variables:

- Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (valoración de geología y geomorfología)

- Mapa de pendientes
- Mapa de protección de riberas

EL mapa de susceptibilidad fue utilizado porque contiene una zonificación con áreas vulnerables a producir movimientos en masa, variable que necesariamente debe estar en la evaluación del mapa de aptitud constructiva, igualmente aquí se toman como parámetros que los terrenos con susceptibilidad muy baja tendrán un menor peso (valor 1), mientras que los de susceptibilidad muy alta tendrían un peso mayor (valor 5).

El análisis es similar a la metodología descrita en el análisis de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, pero para los valores de pendientes es muy necesario reclasificar los valores puesto que según la clasificación de Martínez y Mercado (Manual de Investigación Urbana,1992) indica que los valores de pendiente mayores a 30% son inadecuadas para la mayoría de los usos urbanos, por sus pendientes extremas. Por lo tanto todas las áreas mayores a 30% tendrán mayor peso en el análisis (valor 5) y las menores a 30% tendrán menor peso (valor 1).

El mapa de protección de riberas fue elaborado mediante la red hídrica entregada por el I.M.L, para ello se construyó un campo margen de protección en la tabla de atributos del mapa (buffer en Arcgis), el cual toma el valor de distancia desde el eje de la quebrada o río hacia la izquierda y hacia la derecha, estos valores de protección son:

Tipo	Margen de protección (desde el centro)
Ríos	30m
Quebradas	15m
Canales, embaulados	2m

Tabla 16 Tabla de márgenes de protección de la red hídrica

Los mapas de estas tres variables rasterizadas previamente fueron introducidas en el calculador de mapas de Arcgis, para obtener tres categorías de condiciones constructivas:

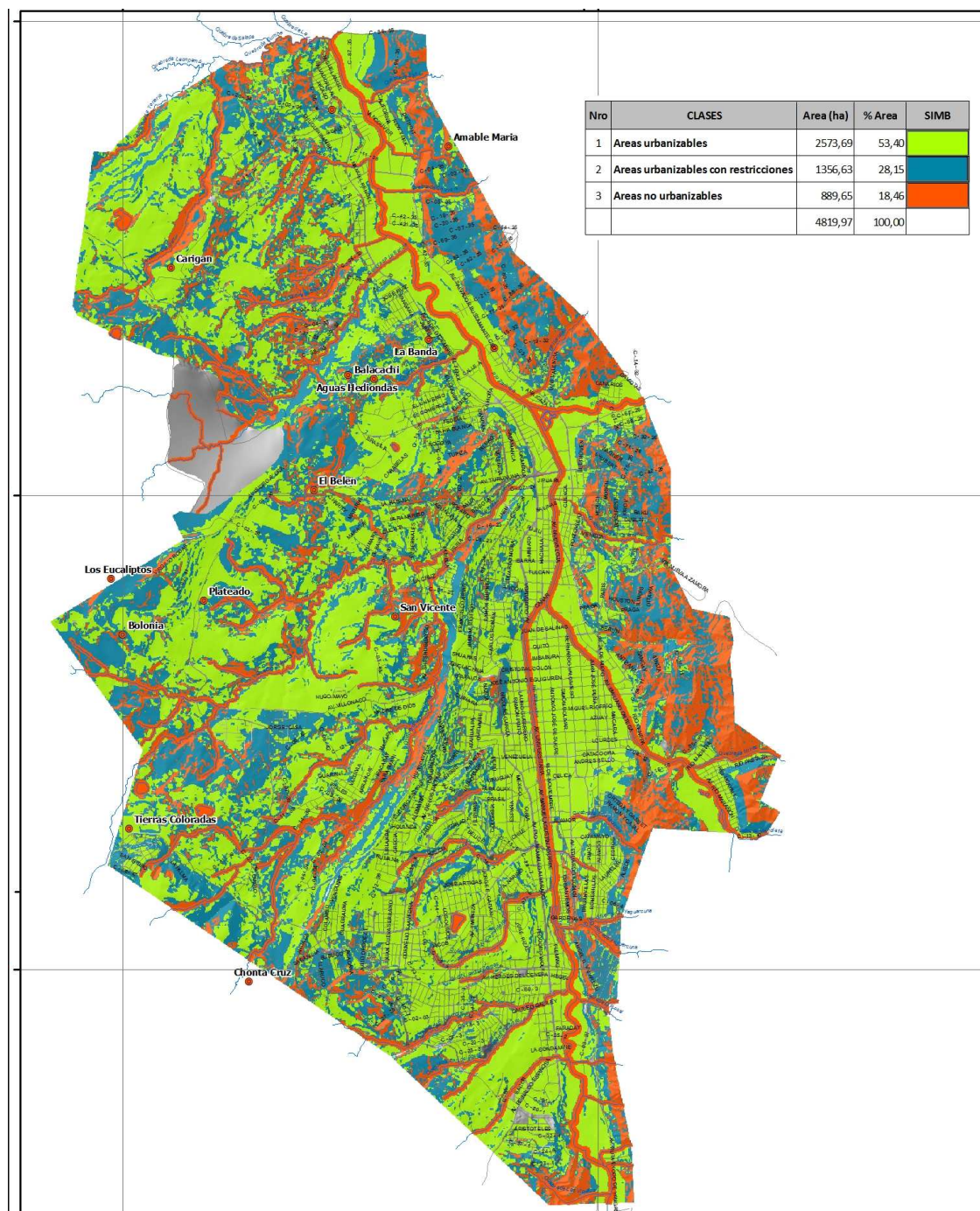


Fig. 27. Mapa de áreas urbanizables

9.3.1. Categorías de Condiciones Constructivas

9.3.2. Áreas Urbanizables

Tiene condiciones litológicas, geomorfológicas y geotécnicas favorables a aceptables para urbanizaciones de media a alta densidad, de condiciones adecuadas para infraestructuras medias (hormigón) y en caso de infraestructuras mayores (mayor de 3 pisos) con estudios geotécnicos básicos.

9.3.3. Urbanizables con Restricciones

Tiene condiciones litológicas (gravas y coluviales mayormente), geomorfológicas, hidrológicas y geotécnicas aceptables a desfavorables, debido a cierta variación dinámica que pudieran afectar o causar problemas en la implantación de obras, para lo cual es obligado y necesario de “Estudios Geotécnicos” minuciosos, sobre todo en obras mayores a 2 plantas, donde además deberá analizarse si la forma del terreno es producto de relleno y si podría provocar subsidencias o hundimientos, además de probar si la zona es susceptible a inundaciones o son suelos saturados por un nivel freático alto.

9.3.4. No Urbanizables

En este caso las condiciones topográficas, litológicas, geomorfológicas, hidrológicas y geotécnicas son muy desfavorables para la construcción urbana. Estas zonas deben destinarse para conservación ecológica y natural.

EL cuadro de abajo muestra en resumen el porcentaje de área de acuerdo a cada categoría, donde las áreas urbanizables con restricciones representan el 33%, las áreas urbanizables 37% y no urbanizables el 29,20%.

Nro	CLASES	Área (ha)	% Área
1	Áreas urbanizables	2573,69	53,40
2	Áreas urbanizables con restricciones	1356,63	28,15
3	Áreas no urbanizables	889,65	18,46
		4819,97	100,00

Tabla 17. Tabla categorías de urbanización

10. CONCLUSIONES

10.1. Geología y Geomorfología

- Los fenómenos de remoción en masa restituidos indican la susceptibilidad de una zona a movimientos en masa y define áreas de amenaza a la población y en donde deben llevarse a cabo estudios más a detalle.
- La cuenca de Loja se ha caracterizado por una abundante presencia de deslizamientos, este fenómeno se debe a numerosas causas. En primer lugar a la litología, pues existen numerosos cuerpos arcillosos, y limo arcillosos intercalados con areniscas y conglomerados, lo que sumado a las precipitaciones y a la pendiente (mayores al 30%) han propiciado que se genere una degradación de los suelos.
- El resultado de fotointerpretación encontró 93 deslizamientos restituidos del año 1984 y que hasta ahora se mantienen, representan un área total de 59,9 hectáreas
- En el presente trabajo se ha encontrado que los movimientos en masa mayormente son de tipo flujos y están activos y son más comunes en la Fm. Quillollaco, San Cayetano y U Chiguinda.
- Las zonas con niveles de amenaza bajos corresponden a las formaciones El Belén, La Banda y aluviales del río Malacatos y Zamora y en general zonas de pendientes suaves.
- Los movimientos en masa representados en el mapa también corresponden a condiciones muy locales del terreno como construcción de vías u otras obras de

infraestructura, infiltración de agua de tanques reservorios o por falta de alcantarillado, etc.

- Las inundaciones son otro factor que afectan a nuestra cuenca, y pueden darse por las siguientes razones:
 - a. Aluviones por desborde de ríos y quebradas
 - b. Insuficiente capacidad de los colectores marginales
 - c. Mal funcionamiento o ausencia de alcantarillas
- Geomorfológicamente el área de estudio es muy accidentada, lo que ha dado lugar a zonas con pendiente muy fuerte donde generalmente existen movimientos en masa, pero generalmente las condiciones de humedad y el agua subsuperficial constituye un factor desencadenante de los mismos.
- Las unidades genéticas de relieve presentes en la zona de estudio son:
 - a. Formas Estructurales y Fluvio Erosionales
 - b. Formas Denudacionales, y
 - c. Formas Fluviales

Vegetación

- La mayor parte del área se encuentra cubierta por pastos degradados y son dedicados para la ganadería, en un 45%.
- La mayor parte del área boscosa se encuentra ocupada de plantaciones de pino en una pequeña área y en una gran parte por plantaciones de eucalipto que se encuentra mal conservados y manejados o descuidados.

- Los incendios y las plantaciones y la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria han cambiado y remplazado la estructura vegetal del área y así bajando la diversidad florística.
- Existe una pequeña área de bosque siempre verde montano natural ubicado en hondonadas y pequeñas quebradas donde es posible encontrar vegetación arbórea nativa y se ubica en el Parque recreacional la Argelia en la UNL.
- La diversidad florística de la vegetación es baja debido a la práctica de actividades antrópicas que han remplazado y cambiado totalmente la vegetación natural de estas áreas por pastizales para ganadería, cultivos y plantaciones de pino y eucalipto.
- Existen algunas manchas de plantaciones que pueden ser protegidos mediante un manejo racional y ser declarados bosques protectores dentro de la hoya de Loja.
- El poco remanente de vegetación que queda sirve como refugio para algunas, o casi muy pocas aves y animales.

Precipitaciones

- El mapa de precipitaciones fue elaborado en base a las estaciones pluviométricas de Vilcabamba, La Argelia, San Francisco, Catamayo y San Lucas. Los valores pluviométricos medio anuales son los siguientes:

ESTACIONES	PERIODO	precipitación media anual mm
Catamayo	1969-1998	378
San Lucas	1969-2003	1176
La Argelia	1964-2000	761
San Francisco	1969-2003	2170
Vilcabamba	1969-2003	832

Pendientes

- La mayor área corresponde a los terrenos inclinados con el 37% y 347 ha, los terrenos moderadamente escarpados con el 34,8% y 325 ha, los terrenos escarpados el 13,17% y 122,8 ha, los muy escarpados el 2,67% y 24,97 ha, los terrenos planos o casi planos el 12,1% y 113,17 ha.

Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo a Fenómenos de Remoción en Masa

- La escala de trabajo fue un aspecto de gran relevancia, todos los datos producidos y los adquiridos, se buscó que dieran el nivel de detalle de una escala 1:5000, lo cual garantizó la homogeneidad en la representación de diferentes características que dieron origen a las entradas producidas para modelar los fenómenos en el SIG. Ya dentro del SIG, estos datos fueron representados a través de la unidad de trabajo adoptada para representar los datos con una estructura RASTER o GRID. Esta unidad fue la celda con dimensiones de 1x1m, formato al cual fueron llevadas todas las coberturas que participaron en el análisis de la amenaza, vulnerabilidad y finalmente el riesgo.
- El mapa de susceptibilidad o de amenazas permite desarrollar una aproximación del grado de peligrosidad por remociones en masa, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, utiliza el mapa de Unidades de Terreno Geomorfológicas, litología, pendientes, buzamiento de las capas, precipitación mediante el uso del software Ilwis y ArcGIS 9.2.
- El resultado del mapa de susceptibilidad nos permite encontrar que el mayor rango que predomina en el área de estudio es de Bajo con el 77,08% en 3576,75 ha, y el rango de Alto a Muy Alto es de 8,8% con 408.02 ha y Moderado el 14,12% con 655,38 ha.

RIESGO	Area (ha)	% Area
Muy Alto	45,8325	0,99
Alto	362,1982	7,81
Moderado	655,3837	14,12
Bajo	3576,7592	77,08
Total	4640,1736	100,00

- El grado de vulnerabilidad se basó principalmente en el mapeo del uso urbano del suelo, el cual se combinó con el número de predios. El resultado de esto nos permitió generar 26 tipos de usos. El uso urbano del suelo es muy importante para la estimación de las pérdidas constructivas.
- Con el mapa de uso del suelo urbano, se realizó el cálculo del número de construcciones por unidad de mapeo. Se estimó rangos desde 0 a 680 predios por unidad de las diferentes categorías de uso del suelo.
- La clasificación de la vulnerabilidad se la realizó en cinco clases en función del uso del suelo y el número de edificaciones, así se definieron 5 clases, considerando que la vulnerabilidad muy baja es de 0 a 1 edificaciones por unidad, de 1 a 5 baja, de 5 a 30 moderada, de 30 a 50 alta y mayores de 30 edificaciones por unidad muy alta.
- De lo anterior se concluye que el 61.57% de predios tiene vulnerabilidad moderada a baja, mientras que el 38.67% tienen vulnerabilidad de alta a muy alta a sufrir pérdidas cuantiosas en caso de un evento.

VULNERABILIDAD	Area (ha)	% Area
Baja	2583	54,13
Moderada	343	7,20
Alta	34	0,71
Muy Alta	1811	37,96
Total	4771	100,00

- El resultado del mapa de riesgos producto de la combinación de los mapas de vulnerabilidad y amenaza, indica que las construcciones en alto y muy alto riesgo a movimientos en masa corresponde al 8,8%, el 91,2% en riesgo moderado a bajo.

RIESGO	Area (ha)	% Area
Muy Alto	45,8325	0,99
Alto	362,1982	7,81
Moderado	655,3837	14,12
Bajo	3576,7592	77,08
Total	4640,1736	100,00

- La generación de exposición por el desarrollo de asentamientos en donde dichos procesos se manifiestan con mayor intensidad o frecuencia: zonas inestables, márgenes de quebradas y ríos (en algunos casos estrangulamiento de las quebradas por embaulados), cárcavas, etc.
- La intensificación de las amenazas por prácticas frecuentes de la ocupación de las laderas, como la deforestación, corte de taludes para la construcción de viviendas, manejo inadecuado de aguas servidas y escorrentías, arrojo de basuras y escombros a las quebradas (por ejm, Qb. Shushuhuayco), mala construcción de reservorios de agua con fallas en su base que permite que el agua se percole y provoque movimientos en masa a sus alrededores, entre los más importantes.
- Existe agravamiento de la condición de riesgo por la densificación progresiva de la ocupación del suelo y el proceso acumulativo de vulnerabilidades.

Condiciones Constructivas

- Del análisis realizado se tiene que el 53,40% del área en 2573,6ha corresponde a zonas urbanizables. El 28,15% de 1356,63 ha a zona urbanizables con restricciones. El 18,46% de 889,7ha corresponde a terrenos no urbanizables.

Nro	CLASES	Area (ha)	% Area
1	Areas urbanizables	2573,69	53,40
2	Areas urbanizables con restricciones	1356,63	28,15
3	Areas no urbanizables	889,65	18,46
	Total	4819,97	100,00

- Debe tomarse en cuenta la dinámica de urbanización, la cual origina cambios en el nivel de amenaza y riesgo, de tal manera que en menos de seis meses un nivel de amenaza o riesgo bajo se transforme a media o alta.

Sistemas de Información Geográfica

- El sistema de información geográfica ha sido una herramienta muy útil en la generación de los mapas por la facilidad con que se pudo combinar y analizar toda la información temática utilizada.

11. RECOMENDACIONES

Geología y Geomorfología

- Es necesario que los fenómenos de remoción en masa restituidos se lleven a cabo estudios más a detalle como los generados en la Urb. Reynaldo Espinosa, a fin de conocer su dinámica y demás características del fenómeno.
- Los procesos constructivos en litologías de cuerpos arcillosos, y limo arcillosos intercalados con areniscas y conglomerados en zonas de pendiente muy escarpada (mayores al 30%) deben tener especial interés en estudios geotécnicos debido a que son los más favorables a producir movimientos en masa.
- Sin duda alguna se debe realizar el mapeo de nuevos deslizamientos en el área urbana sobre la base creada en este estudio, a fin de mantener actualizada la base de datos y tener plenamente identificado estos fenómenos en forma espacial y temporal.
- En Los movimientos en masa que puedan ser generados por infiltración de agua de tanques reservorios, deben ser estudiados minuciosamente a fin de mitigar estos problemas, por ejemplo con impermeabilizaciones del fondo de los tanques de agua.
- Especial interés se debe mostrar en la franja de los aluviales de los ríos Malacatos y Zamora, pues sus crecidas periódicas indican que aun tienen el potencial de destrucción. Por lo que debe construirse infraestructura que permita el control de torrentes y muros de protección que permitan la protección de las urbanizaciones

sobre todo del centro al norte de la ciudad (Sauces Norte) que son las más vulnerables.

- Para las inundaciones es necesario realizar estudios hidrológicos de cada microcuenca que rodean el centro urbano a fin de determinar mediante modelamientos la probabilidad de ocurrencia de inundación en la urbe, así como determinar las alturas de crecidas y la población que sería afectada bajo diferentes escenarios.
- Es prioridad que para evitar las inundaciones se siga con los estudios y construcción de los nuevos colectores marginales, y alcantarillas ampliando su red a los barrios periféricos.
- Se debe considerar que los cauces naturales constituyen zonas de debilidad por donde fluye el agua, por lo tanto debe evitarse en lo posible su embaulamiento, los diseños de planeación urbana deben incorporar en sus proyectos estas zonas como áreas verdes y de protección.
- Las zonas geomorfológicas muy accidentadas, como los encañonamientos, vertientes de erosión, escarpes deben en lo posible ser áreas verdes.
- Sería importante realizar un mapa multitemporal de formas fluviales y degradacionales a fin de conocer el proceso erosivo y cambiante del área urbana.
- Utilizar buenos sistemas de drenaje superficial tanto en las áreas dedicadas a las actividades agropecuarias, así como en las de viviendas.

Vegetación

- Par realizar un ordenamiento de la hoya de Loja se debe realizar una zonificación de la cubierta vegetal y las área consolidadas de la población, que permite seleccionar en cada caso particular, formas optimas de utilización del espacio y

dedicarlo a un uso lo más beneficioso posible, los procesos de planificación y de ordenamiento del territorio exigen un conocimiento del medio biofísico y socioeconómico muy cercano a la realidad. Para ello es necesario implementar un plan de manejo sostenible para flora y fauna con el fin de implementar medidas de manejo para cada una de ellas, pero estas propuestas deben ser concertadas con la población involucrada.

- Los pocos remanentes de vegetación y bosque plantados ubicados en sitios particulares como quebradas, hondonadas, no deben ser deforestados, debido a que afectaría gravemente los hábitat de vida vegetal y animal que allí se desarrollan. Además porque causaría problemas erosivos y alteraría el equilibrio ecológico de estos ecosistemas, principalmente en lo referente a la función protectora del suelo y servicios ambientales.
- Se recomienda reforestar con especies de rápido crecimiento que permitan recuperar la maza vegetal lo más rápido posible. Las especies que deben utilizarse en estos casos son la chilca *Baccharis latifolia*, Aliso *Alnus jorullencis*, Laurel de cera *Myrica pubescens*. Esto en zonas a ser declaradas de protección.
- Se recomienda hacer un enriquecimiento "posterior" con especies nativas en las áreas de matorrales. Esta actividad debe hacerse con el fin de proporcionar condiciones favorables para la fauna y garantizar la sobrevivencia de especies silvestres nativas. La importancia del matorral radica en la protección del suelo, ya que debido a su abundante vegetación pero poca biodiversidad, produce grandes cantidades de materia orgánica, que se va incorporando al suelo poco a poco y lo va modificando, por ende existe una gran cantidad de microfauna, así se dan las

condiciones para que la vegetación arbórea se desarrolle y vaya ampliando paulatinamente su superficie

- Será necesario diseñar una campaña que permita capacitar a la población local para la protección y conservación del remanente boscoso.
- Se recomienda difundir un programa de capacitación y educación sobre quemas controladas y control de incendios dirigido a los campesinos especialmente en la zona para reducir la incidencia de incendios forestales.
- Recomendar los cultivos en terrazas para evitar la erosión y empobrecimiento de la capa arable que se encuentra en las laderas. Es necesario proteger el suelo del impacto directo de la lluvia aumentando la materia orgánica en los suelos, para facilitar esto se debe dejar los residuos vegetales de cosechas y deshierbas en las chacras.
- Para evitar la erosión del suelo se recomienda realizar las siguientes actividades :
 - Se pueden establecer plantaciones forestales para la protección y rehabilitación de suelos.
 - Se podría implementar sistemas agroforestales con plantas que aporten MO y Nitrógeno conjuntamente con organismos de desarrollo como ONGs, OGs, Universidades o comunidades de base.
 - Se debe evitar el sobrepastoreo ya que es la causa más grave de erosión de suelos.
- Elaborar un plan de manejo u ordenamiento territorial en forma conjunta y participativa entre el municipio, comunidad y organismos involucrados en el área.

Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo a Fenómenos de Remoción en Masa

- Se debe realizar con mejor precisión un mapa de uso del suelo urbano, que puede irse actualizando continuamente y enlazar estas variables con la base de datos del Municipio o Cuerpo de Bomberos para los diversos permisos de funcionamientos otorgados a diferentes instituciones y locales de expendio. De esta manera la información resultante podría ser usado por diferentes instituciones.
- Buscar la forma de reubicar a los habitantes que construyeron sus viviendas en zonas de deslizamientos como en el sector de Carigan y viviendas ubicadas en los alrededores y en Tierras Coloradas.
- Minimizar mediante programas de educación ambiental la ocupación de las laderas muy escarpadas, así como minimizar la deforestación e incorporar vegetación que permita estabilizar los taludes de vías.
- Rediseñar y cambiar la alcantarilla presente en la quebrada Shushuhuayco y la Avda Villonaco, porque se constituye una bomba de tiempo si se llega a represar (hecho que ya ha ocurrido en años anteriores según los moradores de la zona), con consecuencias nefastas para la población aguas abajo (terminal terrestre).
- Tratar de incorporar mediante ordenanzas, zonas de amenaza alta a muy alta en zonas de conservación con recuperación de su cobertura vegetal.
- Aunque las zonas urbanizables con restricción abarca toda la zona consolidada debido a la litología del subsuelo (gravas mayormente) deben siempre tomarse en cuenta para la construcción de edificaciones mayores de 2 pisos a fin de evitar subsidencias o hundimientos de las infraestructuras como ya ha ocurrido con algunos edificios de la urbe.

- Es fundamental la conservación de la biodiversidad por su importancia fundamental en el ordenamiento del territorio, ya que representa el 19,5% de la superficie de la misma.
- Tratar por ende mantener y aumentar bajo cobertura boscosa, el 33% del área de estudio incluyendo las zonas urbanizadas con restricción, al tiempo que se debe mejorar la calidad de vida de los habitantes de la misma.
- Fomentar el manejo de las áreas protegidas de los alrededores del área urbana y los terrenos de propiedad del estado, a fin de garantizar el recurso agua con potencial para los proyectos de agua y de riego, que permitan maximizar los potenciales productivos de tipo sostenible para nuestras comunidades relacionada con las áreas silvestres.
- Las áreas plenamente identificadas como áreas de riesgo no deben ser aptas para urbanizar.
- Con el objetivo de minimizar cualquier efecto negativo sobre la vegetación boscosa y reducir los impactos negativos sobre el terreno, es necesario atender las necesidades de las comunidades, que se encuentran dentro y fuera del área urbana.
- Considerar la elaboración de una Estrategia Básica orientada a la Reducción de Riesgos. Esta estrategia debe integrar dos etapas claves en el manejo de desastres:
 - Preparación-Respuesta.
 - Prevención de Riesgos.
- Promover la actualización de un censo actualizado sobre aquellos sitios que periódicamente han sufrido el impacto de eventos por inundaciones y deslizamientos, especialmente con variables de carácter socio-económico (número de personas, tipo de empleo, ingreso, composición et al, entre otras importantes). El

conocimiento de estas variables permitirá desarrollar un proceso de asistencia y logística más rápido, planificado y consecuente con las necesidades de las comunidades afectadas periódicamente.

- Identificar las instituciones y organizaciones claves en procesos de emergencia, a su vez asignar un rol y responsabilidades específicas, estos deberán ser descritos y ampliamente divulgados a la población. Inclusive, es importante que se conozcan las atribuciones y los roles de las organizaciones comunitarias en situaciones de crisis.
- Debido a las características de multiamenaza de la ciudad de Loja se hace imprescindible en un corto plazo, destinar los recursos humanos, físicos y financieros para el desarrollo en corto de un sistema de alerta temprana en inundaciones y deslizamientos.
- En los aspectos de prevención de riesgos, deben considerarse: La incorporación de la variable amenaza a aspectos de ordenamiento del territorio, Propiciar que las instituciones aseguradoras y los bancos que otorguen crédito de vivienda utilicen la información sobre amenazas existente en la Estudio integral preliminar de amenazas naturales como una medida precautoria y de orientar la inversión constructiva hacia sitios seguros o de menor riesgo.
- Promover la creación de una unidad técnica para el seguimiento, diagnóstico y evaluación del riesgo del cantón, recomendable su ubicación en la municipalidad y con una participación directa e irrestricta de un comité local de emergencia.
- Concientizar a los habitantes de la ciudad de las amenazas que les rodean, para que tomen una actitud más agresiva en la reducción de la vulnerabilidad.

- Las conclusiones y recomendaciones dadas en este proyecto llevan como objetivo el análisis y puesta en marcha de una nueva visión ante las amenazas en la población de la urbe, la cual debe reconocer de que se trata de su ciudad y no es ignorando el peligro como se solucionan los problemas, más bien se llama a la organización y vinculación a los comités de trabajo comunitario y de emergencias proponiendo ideas y conociendo del lugar que se habita.
- El ordenamiento territorial exige que los gobiernos seccionales en el Ecuador deben tener la herramienta SIG como parte de sus procesos de planificación, por la versatilidad que tienen estos programas y el enlace que permiten con base de datos, dejando los programas graficadores (CAD) como una herramienta de introducción de datos al SIG.

Para futuros trabajos será necesario ir ajustando el modelo realizando sobre todo un mayor trabajo de campo. Un análisis de las variables utilizadas en este trabajo se presenta en el cuadro de abajo donde se describen las deficiencias y limitaciones en la adquisición de datos y modelación así como los beneficios y logros que permitieron en base a una limitada información poder zonificar amenazas y el riesgo a movimientos en masa como una herramienta básica y a corto tiempo para el ordenamiento territorial.

TABLA DE EVALUACION DE RESULTADOS

LOGROS	BENEFICIOS	DEFICIENCIAS	LIMITACIONES
Mapa de movimientos en masa	Inventario de movimientos en masa	No hubo categorización exacta del movimiento	Trabajo de campo
Mapa de Susceptibilidad	Modelamiento de zonas con probabilidad de deslizarse	Se lo realizo para todos los movimientos en masa mapeados	No se hizo categorización del movimiento por poco trabajo de campo
Elementos en riesgo en Base de Datos Geográfica	Se cuenta con una BD del predio urbano y su uso actual	Falta exactitud en la determinación del uso actual urbano, numero de pisos y tipo de construcción	El archivo de predios no esta a nivel de área construida sino de área total
Evaluación de Vulnerabilidad	Se cuenta con un mapa de vulnerabilidad a nivel de predio	Poca exactitud en la determinación de vulnerabilidad del área afectada en el predio	
Análisis de Riesgo	Se tiene una zonificación de Riesgo a movimientos en masa como insumo para Ordenamiento Territorial	Hay zonas que pudieran estar activas pero que no se aprecian en el mapeo porque están urbanizadas	Trabajo de campo
Gestión del riesgo y su complementariedad con la aptitud de expansión urbana	Mapa de áreas urbanizables y no urbanizables y con restricciones	No se cuenta con un respaldo geotécnico que corrobore la zonificación realizada	Financiamiento para realizara ensayos geotécnicos

Tabla 18. Tabla de evaluación de resultados

12. Referencias

- ABAD** Francisco. 2006. *Ensayo Metodológico para la Evaluación y Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, cuenca de Loja*. Tesis de Grado. EPN Quito.
- BUCH** Texaj Mario S. 2001. *Evaluación del Riesgo a Deslizamientos en la Subcuenca Matanzas, Rio Polochic, Guatemala*. Tesis de Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- CATIE** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 2006. *Guías del curso de Ordenamiento Territorial con aplicación SIG*. Turrialba. Costa Rica
- CLASS** Centro de Excelencia Académica. 2008. *Guías del curso de Adiestramiento de Amenazas y Riesgos Naturales*. Cochabamba Bolivia.
- CUEVA** Edwin y Gonzáles Hernán. 2003. *Caracterización y Evaluación de las Arcillas en el sector Oriental de la cuenca de Loja*. Tesis de Grado. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja – Ecuador.
- CASTELLANOS** Abella, E.A. 2008. *Multiscale landslide risk assessment in Cuba, Utrecht, Utrecht University*. ITC Dissertation 154, 1-10 p. ISBN: 978-90-6164-268-8.

DERRUAU Max. *Geomorfología*. Ediciones Ariel.S.A. Barcelona.

DGGM Dirección General de Geología y Minas. 1979. *Hoja Geológica, Loja y Gonzanamá*. Escala 1:100,000.

DUQUE, P. 2000. *Léxico Estratigráfico del Ecuador*. CODIGEM.

DNDC & ESPE. 1991. *Mapa sismotectónico del Ecuador, escala 1:1 000 000*. Egred J. 2004. *Catálogo de terremotos del Ecuador, Intensidades. Resumen de efectos de los terremotos de grado VIII*. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito.

DRURY S.A. 1987. *Image interpretation in Geology. Second edition. Published by Chapman & Hall*. London

EGÜEZ, A., Alvarado, A., & Yepes, H. 2003. *Mapa de fallas y pliegues cuaternarias de Ecuador y regiones oceánicas adyacentes*. U. S. Geological Survey – Escuela Politécnica Nacional, Programa Internacional de la Litosfera, Grupo de Trabajo II-2. OFR 03-289.

ETTER Andres. 1991. *Introducción a la Ecología del paisaje*. Bogota. Pp 7-8.

FOUCALT A & Raoult J-F. 1985. *Diccionario de Geología*. Primera Edición. Editorial Masson, S.A Barcelona-España.

GONZÁLES de Vallejo Luis. 2003. *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación, Madrid, 744pag.

HUNGERBUHLER Dominik. 1997. *Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and tectonic implications*. Swiss federal Institute of Zurich.

ILUSTRE MUNICIPIO DE LOJA. 2009. *Plan de Ordenamiento Urbano de la Ciudad de Loja. Dirección de Prospectiva y Proyectos*. Planeamiento Urbano.

JIMÉNEZ Francisco O. 2007. *Gestión del Riesgo a Desastres. Guías del curso de Maestría en Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*. CATIE.

LITHERLAND M, Aspden J. A., & Jemielita, R.A. 1994. *The metamorphic belts of Ecuador*. Overseas Memoir 11, BGS, Keyworth, United Kingdom. 147p.

KROGSTAD Finn 2001. *Incorporating Landslide Probability into Operations Planning*. University of Washington. College of Forest Resources, Seattle Washington 98195, fkrogsta@u.washington.edu.

KENNERLEY, J.B. 1973. *Geology of Loja Province Southern Ecuador*. Institute of Geological Sciences. Overseas Geology and Mineral Resources, Photogeological Unit, No. 23, 34 pp.GGS, Nottingham

MARTÍNEZ T, Mercado E. 1992. *Manual de Investigación Urbana*. Editorial Trillas.
México D.F.

MOPT Monografías de la Secretaria de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente,, 1992. *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico*, España. Pp 654.

PEROTTO-BALDIVIEZO H.L., et.al. 2003. *GIS-based spatial analysis and modeling for landslide hazard assessment in steeplands, southern Honduras*.

RAPCA Programa de Acción Regional para Centro América. 2000. *Estudio Preliminar de Amenazas Naturales en la Cuenca del Rio Turrialba, Cantón Turrialba*. Costa Rica.

RAPCA Programa de Acción Regional para Centro América. 2003. *Zonificación de Amenazas Naturales en la cuenca del río Samalá y Análisis de vulnerabilidad y riesgo en la población de San Sebastián Retalhuleu*. Guatemala. Centro América.

REYES W, Jiménez O Francisco, Faustino M Jorge, Velásquez Sergio. 2003. *Vulnerabilidad y áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua*. Honduras. Recursos Naturales y Ambiente/no. 48:103-110.

ROMER S Henry. 1969. *Fotogeología Aplicada*. Editorial Universitaria de buenos Aires Argentina. 125 pag.

STEVEN W. Edbrooke et.al. 2002. *Geology and geological hazards of the Auckland urban area, New Zealand.* Elsevier Science Ltd and INQUA. All rights reserved.

SALGADO Montoya Ramón Antonio. 2005. *Análisis Integral del Riesgo a Deslizamientos e Inundaciones en la Microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras.* Tesis de Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

SNGR Secretaria Técnica de Gestión de Riesgos. 2009. *Modelo de gestión-hacia la gestión territorial.*

SNGR Secretaria Técnica de Gestión de Riesgos . 2009. *El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos.*

SUÁREZ Dias J. 1998. *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.* Bucaramanga-Colombia. 548 p

TARBUCK, E.J y Lutgens, F.K. 1999. *Ciencias de la Tierra.* Prentice may. ISBN edición latinoamericana. Madrid-España.

VARNES, D.J., 1978. *Slope movements types and processes.* In: *R.L. Schuster and R.L. Krizek (Editors), Landslides: Analysis and Control.* Special Report 176. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 11-33.

- VILLOTA** Hugo. 1991. *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las Tierras*. Santa Fe de Bogotá.
- WESTEN** Van, C.J., 2002. *Hazard, vulnerability and risk analysis*. ITC. Holanda.
- WESTEN** Van, C.J., 2009. *Multi-hazard risk assessment*. Distance education course Guide book. ITC. Netherlands.
- WESTEN** Van, C.J., 1998. *Gis Applications for Natural Hazard Zonation the Role of ITC in Adrressing the Training Needs*. ITC. Enschede. The Netherlands.
- WILCHES** –Chaux Gustavo. 2009. *La principal herramienta para la gestión del riesgo, la Constitución de la República del Ecuador*. Secretaria Técnica de Gestión de Riesgos.
- WHITTEN** D.G.A & Bropks, J.R.V. 1980. *Diccionario de Geología*. Primera Edición en Castellano. Editorial Alianza. Madrid-España.
- ZUIDAM** Van R.A. 1985. *Aereal Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Printed Smith Publishers. Netherlands

13. Recursos WEB

Naciones Unidas UNISDR (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Recuperado de <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng%20home.htm>

Naciones Unidas UNISDR. Hyogo Framework for Action (HFA). Building the resilience of nations and communities to disasters. Recuperado de <http://www.unisdr.org/eng/hfa/hfa.htm>

Asian Disaster Preparedness Center. ADCP. Urban Disaster Risk Management. Recuperado de <http://www.adpc.net>

The World bank. Disaster risk management program. Recuperado de http://wbi.worldbank.org/wbi/Data/wbi/wbicms/files/drupal-acquia/wbi/urban_disasterriskmgt_planning2011.pdf

ESRI. Training Catalog. Recuperado de <http://training.esri.com/gateway/index.cfm?fa=search.results&cannedsearch=2>

UNU ESD. Environment and Sustainable Development Programme (ESD). Multi-hazard Risk Assessment. Recuperado de <http://archive.unu.edu/esd/projects/hazardrisk.htm>

ITC UNU-ITC DGIM. UNU-DRM Centre for Spatial Analysis and Disaster Risk Management. Recuperado de <http://www.itc.nl/unu-drm>

CLAS, Bolivia. Curso de perfeccionamiento profesional “EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS PARA DESASTRES NATURALES”. Recuperado de http://www.clas.umss.edu.bo/cursos/formulario_riesgo.asp

14. ANEXOS MAPAS