

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **NANCY DANIELA MALLITASIG LOACHAMÍN**, C.I. **171859030-8** autora la disertación de grado intitulado: **MAPEO A ESCALA 1: 1.000.000 DE PELIGROS DE DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS EN EL ECUADOR CONTINENTAL**, previa a la obtención del grado académico de **INGENIERA EN CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y DESARROLLO SUSTENTABLE CON MENCIÓN EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL** en la Facultad de **Ciencias Humanas**:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, 18 de mayo de 2011



Nancy Daniela Mallitasig Loachamín
C.I. 171859030-8

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERÍA EN CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y DESARROLLO
SUSTENTABLE CON MENCIÓN EN ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

**MAPEO A ESCALA 1: 1.000.000 DE PELIGROS DE DERRUMBES Y
DESLIZAMIENTOS EN EL ECUADOR CONTINENTAL**

NANCY DANIELA MALLITASIG LOACHAMIN

DIRECTORA: PhD. SVETLANA ZAVGORODNIAYA

QUITO, 2011

Dedico este trabajo, mi hijo amado Camilo.
Porque desde tu llegada, eres la luz que me guía y
a partir de ese momento eres el motor de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de sobre manera a mi madre, quien a pesar de todas las dificultades que hemos tenido que vivir, siempre pienso que su presencia es fundamental para mi vida; a mi hermanos Monse, Freddy y Henry que de una u otra manera han estado apoyándome siempre, a mis tías y primas queridas.

A mis profesores de la Escuela de Geografía de la PUCE, que con su paciencia y conocimientos compartidos han influenciado en mí, para lograr culminar con esta meta y de manera muy especial a mi directora de la disertación Svetlana Zavgorodniaya.

A mis compañeros muy estimados: Gaby Arellano, Vere, Israel, Johnny, Álvaro, Gaby Romero y Sarita; a mis amigas: Amparito, Patricia, Lore y Marielisa que a lo largo de la carrera y la vida compartida respectivamente, me han sabido brindar su amistad.

RESUMEN

El Ecuador es un país con una morfogénesis heterogénea, es por eso que la presente disertación intenta introducir el método empírico de Dotor (modificado) para el análisis del peligro de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador continental. Este método, es el que más se ajusta a la realidad del país, debido a la información documental y cartográfica recopilada durante el estudio, ya que admite su aplicación a pequeñas escalas y grandes extensiones de áreas de estudio.

El análisis del método puesto en consideración, contiene principalmente los factores condicionantes de la susceptibilidad, tales como; pendiente, litología, cobertura vegetal, precipitación y densidad hídrica; por otra parte, para la obtención del peligro se toma en cuenta los eventos ocurridos en el Ecuador en el período de 1988- 1998 y 2010.

La diferencia de los datos y la aplicación de la metodología seleccionada permitieron la extrapolación de la información cartografía y consiguientemente la obtención del Mapa de peligros de derrumbes y deslizamientos del Ecuador continental a escala 1: 1.000.000, el mismo que servirá como insumo para aplicaciones posteriores relacionados con el tema de gestión de riesgos morfodinámicos.

Palabras Claves: derrumbes y deslizamientos, factores condicionantes, susceptibilidad y peligro.

ABSTRACT

Ecuador is a country with a heterogeneous morphogenesis, and is because of this, that the present dissertation tries to introduce Dotor's empirical method (modified) for the analysis of the danger of landslides and mudslides in the continental Ecuador. This method is the one that more adjusts itself to the reality of the country, due to the documentary and cartographic information compiled during the study, since it admits its application to small scales and big extensions of areas of study.

The analysis of the method under consideration contains mainly the determining factors of the susceptibility, such as; slope, lithology, vegetable coverage, rainfall and water density; on the other hand, in order to obtain the danger, the happened events are taken under consideration in Ecuador in the period 1988- 1998 y 2010.

The difference of the information and the application of the selected methodology allowed the extrapolation of the cartographic information and, consequently, the obtaining of the map of dangerous areas of landslides and mudslides of the continental Ecuador to scale 1: 1.000.000, the same one that will serve as input into subsequent applications related to the morphodynamic hazard topic.

Key words: landslides and mudslides, determining factors, susceptibility and danger.

ÍNDICE DE GENERAL

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	11
1.1	Justificación	11
1.2	Planteamiento del problema	12
1.3	Limitaciones del estudio.....	14
1.4	Objetivos.....	14
	Objetivo General:	14
	Objetivos específicos:.....	14
1.5	Determinación y Descripción del área de estudio.....	15
CAPÍTULO 2	MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL.....	18
2.1	Riesgos naturales	18
2.2	Procesos de derrumbes y deslizamientos (movimientos en masa)	20
2.3	Peligro de derrumbes y deslizamientos	23
2.4	Estudios realizados.....	25
CAPÍTULO 3	MARCO METODOLÓGICO	29
3.1	Métodos.....	29
3.1.1	Métodos directos o empíricos	29
3.1.2	Métodos indirectos.....	30
3.2	Descripción del método empírico de Dotor (2004).....	30
3.3	Sistemas de Información Geográfica.....	35
3.4	Fases del estudio.....	36
	FASE I.- Elaboración del mapa de susceptibilidad a partir de la reclasificación e integración de información temática de diferentes variables que establece el método de Dotor.....	36
3.4.1	Factor Pendiente.....	39
3.4.2	Factor Litología.....	44
3.4.3	Factor de la cobertura vegetal y el uso del suelo	51
3.4.4	Factor Precipitación	54
3.4.5	Factor Hidrográfico	57
3.4.6	Susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos	63

3.4.7	Análisis del mapa de susceptibilidad.....	68
	Fase II.- Procesamiento de datos de eventos ocurridos e interpretados por diferentes autores y particularmente en los años 1988-1998 y 2010 contestando a las interrogantes de ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Cuales son efectos?	71
	FASE III.- Generación del mapa de peligros de derrumbes y deslizamientos (zonificación) a nivel nacional.....	73
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS INTERPRETATIVO REGIONAL DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES EN ECUADOR		78
4.1	Incidencia de los factores condicionantes	78
4.2	Zonas de susceptibilidad vs los eventos ocurridos.....	79
4.3	Comparación de los datos y unidades mapeadas entre Costa, Sierra y Amazonia.....	80
4.4	Zonas de peligro vs factores desencadenantes	82
4.5	Conclusiones y recomendaciones.....	84
	BIBLIOGRAFÍA.....	87

ÍNDICE DE CUADROS

<i>CUADRO Nº 1</i>	ESQUEMA GENERAL DEL ANÁLISIS.....	24
<i>CUADRO Nº 2</i>	VARIABLES USADAS PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DOTOR (MODIFICADO)....	34
<i>CUADRO Nº 3</i>	CLASE/GRADO DE SUCEPTIBILIDAD	37
<i>CUADRO Nº 4</i>	PENDIENTE: 50 %.....	37
<i>CUADRO Nº 5</i>	LITOLOGIA: 30%.....	38
<i>CUADRO Nº 6</i>	COBERTURA VEGETAL: 5%.....	38
<i>CUADRO Nº 7</i>	PRECIPITACIÓN: 10 %.....	38
<i>CUADRO Nº 8</i>	RED HIDROGRÁFICA: 5%	39
<i>CUADRO Nº 9</i>	CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: PENDIENTE (50%)	39
<i>CUADRO Nº 10</i>	CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: LITOLOGÍA (30%)	44
<i>CUADRO Nº 11</i>	CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: VEGETACIÓN (5%)	51
<i>CUADRO Nº 12</i>	CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: PRECIPITACIÓN (10%)	54
<i>CUADRO Nº 13</i>	RANGOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD HÍDRICA	58
<i>CUADRO Nº 14</i>	CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: DENSIDAD HIDROGRÁFICA (5%).....	58
<i>CUADRO Nº 15</i>	RANGO DE LOS VALORES DE LA PONDERACIÓN TOTAL DE LA SUSCEPTIBILIDAD.....	64
<i>CUADRO Nº 16</i>	EVENTOS MORFODINÁMICOS OCURRIDOS 1988-1998	71
<i>CUADRO Nº 17</i>	COMPARACIÓN DE LOS EVENTOS OCURRIDOS	74
<i>CUADRO Nº 18</i>	CLASE/GRADO DE PELIGRO	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>GRÁFICO Nº 1</i> TIPOS DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA.....	20
<i>GRÁFICO Nº 2</i> DESLIZAMIENTOS OCURRIDOS EN EL ECUADOR 1988-1998	26
<i>GRÁFICO Nº 3</i> TIPO Y NÚMERO DE DESASTRES	27
<i>GRÁFICO Nº 4</i> TERRENOS INESTABLES DEL ECUADOR.....	28
<i>GRÁFICO Nº 5</i> EJEMPLO DE LA TABLA ASOCIADA DE LA COVERTURA DE SUCEPTIBILIDAD	65
<i>Gráfico Nº 6</i> PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE TOTAL DEL ECUADOR.....	68
<i>GRÁFICO Nº 7</i> PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN COSTA.....	69
<i>GRÁFICO Nº 8</i> PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN SIERRA	69
<i>GRÁFICO Nº 9</i> PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN AMAZÓNICA.....	70
<i>GRÁFICO Nº 10</i> PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE TOTAL DEL ECUADOR.....	80
<i>GRÁFICO Nº 11</i> PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN COSTA	81
<i>GRÁFICO Nº 12</i> PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN SIERRA.....	81
<i>GRÁFICO Nº 13</i> PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN AMAZÓNICA	82

ÍNDICE DE MAPAS

<i>MAPA Nº 1</i> SUSCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE: PENDIENTE.....	43
<i>MAPA Nº 2</i> SUSCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE: LITOLOGÍA.....	50
<i>MAPA Nº 3</i> SUSCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE: VEGETACIÓN (USO DEL SUELO)	53
<i>MAPA Nº 4</i> SUSCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE: PRECIPITACIÓN.....	56
<i>MAPA Nº 5</i> SUSCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE: DENSIDAD HIDROGRÁFICA.....	62
<i>MAPA Nº 6</i> SUSCEPTIBILIDAD A DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS EN EL ECUADOR CONTINENTAL.....	67
<i>MAPA Nº 7</i> PELIGRO A DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS EN EL ECUADOR CONTINENTAL.....	77

ÍNDICE DE FOTOS

<i>FOTO Nº 1</i> PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LA VÍA ALÓAG -SANTO DOMINGO	13
<i>FOTO Nº 2</i> DESLIZAMIENTO SECTOR DE NISAG- CHIMBORAZO.....	22
<i>FOTO Nº 3</i> DERRUMBE EN LAS CERCANÍAS A MINDO	22

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>ANEXO N° 1</i> MATRIZ DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	92
<i>ANEXO N° 2</i> CUADRO RESUMEN DE LA VARIABLE DE LITOLÓGÍA ORGANIZADA DE ACUERDO A LA EDAD (30%)	93
<i>ANEXO N° 3</i> TABLA EJEMPLO DE LA SUSCEPTIBILIDAD	98
<i>ANEXO N° 4</i> REGIONES NATURALES DEL ECUADOR CONTINENTAL EN BASE DE SUS CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	110
<i>ANEXO N° 5</i> MAPA DE PUNTOS DE OBSERVACIÓN DE CAMPO DE DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS	111

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Al no existir ningún territorio sobre la superficie terrestre que no se encuentre afectado por algún riesgo natural, al estar el Ecuador en un medio físico propicio para que manifiesten los derrumbes y deslizamientos, es necesario realizar los estudios cartográficos específicos sobre peligros y susceptibilidad a estos fenómenos. Sin embargo, existen estudios sobre el riesgo asociado y cartográficamente presentados a partir del registro de eventos extrapolados a nivel cantonal del Ecuador, tal como lo presenta Robert D'Ercole¹ y otros focalizados en determinadas áreas temáticas y lugares de estudio, como es el caso del trabajo de Milton Ramírez².

Es así que surge la iniciativa de realizar el mapeo a nivel nacional de los peligros por deslizamientos y derrumbes con el enfoque de análisis de riesgos y particularmente considerando los factores condicionantes y desencadenantes de eventos dañinos ocurridos dentro y registrados en trabajos de campo realizados en forma restringida dentro del Proyecto de investigación "Causas, efectos y riesgos por procesos morfodinámicos asociados al cambio climático en el Ecuador".

La aplicación de un método empírico, cartográfico e histórico de la ocurrencia de los derrumbes y deslizamientos permite tener perspectiva integrada para contar con una herramienta para la gestión de riesgos y prevención de desastres.

Por esta razón, se ha escogido este tema, para complementar y mejorar los otros estudios mencionados, al mejor conocimiento y análisis de los peligros de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador Continental.

¹ Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgos en el Ecuador. Los desastres un reto para el desarrollo. 2003

² La evaluación del peligro por fenómenos de remoción en masa y su aplicación a la planificación territorial: Provincia de Tungurahua"

Acogiéndose a la gentil invitación de la Dra. S. Zavgorodniaya para participar en el Proyecto de investigación "Causas, efectos y riesgos por procesos morfodinámicos asociados al cambio climático en el Ecuador" presentado y aprobado por la Dirección General Académica de la PUCE- 2010, incentiva a realizar el estudio propuesto para la disertación de Ingeniería.

1.2 Planteamiento del problema

Para mapear los peligros por deslizamientos y derrumbes ocurridos en el Ecuador, existen falencias en cuanto a la determinación de: criterios en los que basarse, distintos escenarios que se puedan presentarse y disponibilidad de una metodología aplicable a escala nacional.

Para establecer los criterios de análisis, se plantea identificar y comprobar los factores condicionantes que intervienen en la determinación de la susceptibilidad y peligrosidad de derrumbes y deslizamientos.

Para ello se tomó en cuenta las siguientes variables: pendiente, litología, cobertura del suelo, intensidad y régimen de precipitaciones y densidad hidrográfica, así como la localización y frecuencia de eventos ocurridos.

El cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo (acciones antrópicas), el régimen de precipitaciones (cambio climático) y movimientos sísmicos actúan como factores desencadenantes y aumentan el grado de susceptibilidad y peligrosidad manifestándose con el aumento en la intensidad y en la frecuencia de desestabilización y erosión de las laderas. Es por esto, que los problemas abordados demandan disponer del procedimiento para poder detectar o predecir estos cambios a través del mapeo y actualización de eventos en un Sistema de Información Geográfica para disponer de una herramienta para la planificación en la prevención de desastres.

Los ejemplos de fenómenos de magnitud de derrumbes y deslizamientos en Ecuador que provocaron pérdidas económicas importantes son: los deslizamientos que produjeron roturas en el oleoducto transecuatoriano (erupción de El Reventador, 1987), la represa del río Pisque

(1990)³; además, el ejemplo de un gigantesco deslizamiento estructural, es el de La Josefina ocurrido en 1993, el cual provocó el represamiento del río Paute y amenazó la ciudad de Cuenca, destruyó dique de la represa y los daños directos fueron estimados en cerca de 150 millones de dólares; este evento causó la muerte de alrededor de 50 personas.

Otro ejemplo más reciente de derrumbes y deslizamientos fueron los ocurridos en el año 2011 en la carretera Aloag- Santo Domingo, esto por las condiciones de la pendiente y litología de dicha vía, se muestra más afectada en la época de lluvias. La vía en cuestión es muy transitada por ser la principal conectora de las regiones costa y sierra. Cuando existe presencia de estos fenómenos en esta carretera en particular, hay un impacto en todo el ámbito social; ya que se produce paralización del comercio, pérdidas económicas, demora en los tiempos de viajes, entre otros.

FOTO Nº 1 PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LA VÍA ALÓAG -SANTO DOMINGO



FUENTE: DIARIO HOY. ABRIL, 2011

³SENPLADES-CAF/PREANDINO. 2005.

1.3 Limitaciones del estudio

En base de la información recopilada y considerada para el análisis del peligro de derrumbes y deslizamientos, se ha determinado que existe una gran heterogeneidad de la misma, ya que el levantamiento de los datos es hecho por distintas instituciones a diferente escala y con fines particulares para cada una, es así que la geoinformación no cuenta con metadatos que permitan entender los mapas base, ni compararlos con la información de otras fechas.

En cuanto a la información de los peligros por derrumbes y deslizamientos es muy limitada y parcial ya que los eventos ocurridos son de carácter local.

1.4 Objetivos

Objetivo General:

Generar un Mapa de peligros de derrumbes y deslizamientos a nivel nacional a escala 1:1.000.000 para disponer de una herramienta de gestión de riesgos y prevención de desastres.

Objetivos específicos:

- Identificar los factores de la susceptibilidad de los movimientos en masa en el Ecuador.
- Aplicar el método de Dotor con la utilización de un SIG, basado en una sobreposición de mapas temáticos de diferentes factores condicionantes para establecer zonas de diferente grado de susceptibilidad a derrumbes y deslizamientos en el Ecuador.
- Georeferenciar y generar un mapa con la información de eventos producidos en el Ecuador en los años 1988-2010.
- Realizar el análisis interpretativo para las regiones naturales del Ecuador con conclusiones y recomendaciones.

1.5 Determinación y Descripción del área de estudio

En el presente estudio se realiza un análisis a nivel del Ecuador continental, con un área de 233.082 km² como indica el Instituto Geográfico Militar. Según datos preliminares del INEC del censo del 2010, la población del Ecuador es de 14.306.876 habitantes, donde el 44.9% está ubicada en la Sierra, el 49.8% en la región Costa y el 5.3% en la Amazonia y Galápagos.

Ecuador es un país con las características biofísicas particulares, esto debido a la presencia de la Cordillera los Andes, la misma que está dispuesta de Norte a Sur, lo que configura las tres grandes regiones naturales:

Costa, generalmente se puede determinar a esta región como área de tierras bajas a excepción de algunas cordilleras localizadas a pocos kilómetros de la zona de mareas, está dispuesta de forma alargada de entre 100 y 200 km de ancho.

El clima de esta región es una conjugación de tres tipos de climas⁴, los mismos que están determinados en zonas específicas; es así que para la zona de la península de Santa Elena, el cabo de San Lorenzo y la franja litoral meridional se identifica el clima tropical megatérmico árido y semi-árido, las temperaturas medias anuales son de aproximadamente 24°C y las precipitaciones son inferiores a los 500 mm y estas se presentan en una sola época lluviosa; en una franja de alrededor de 60 km ubicada al Este del clima anterior, se encuentra el clima tropical megatérmico seco a semi-húmedo donde las precipitaciones oscilan entre 500 y 1.000 mm, que se presentan en los meses de diciembre a mayo, por otra parte, la temperatura es mayor a los 24°C; y en último lugar esta el clima megatérmico húmedo, ceñido en una franja de 110 km aproximadamente, este se destaca por una variación de la precipitación entre 1.000 a 2.000 mm, sin embargo pueden existir valores superiores en las bajas estribaciones de la cordillera, como en todos los casos estas se manifiestan en un período único de diciembre a mayo, la temperatura fluctúa al rededor de los 24°C.

⁴ Pourrut. 1995

Sierra, al igual que la anterior región, está dispuesta de forma alargada constituyendo la formidable barrera montañosa de los Andes. Las altitudes promedio de la línea de crestas se encuentran generalmente alrededor de 4.000 msnm; los volcanes subandinos del Ecuador, cuyo número sobrepasa el centenar, están cubiertos por casquetes glaciares a partir de aproximadamente los 4.900 msnm, la altitud mayor alcanza los 6.310 msnm. En el volcán Chimborazo. Las Cuencas Interandinas, se oponen muy claramente a los relieves colindantes:

- Las del Norte tienen conformaciones Originales y continuamente son remodeladas por acumulaciones volcanoclásticas del cuaternario, erosión fluvial y eólica.
- Las Cuencas Interandinas del centro, representan los relieves encajonantes en el relleno sedimentario terciario plegado, evidenciando erosión diferenciada debido a la utilización agrícola. El relleno de las Cuencas es principalmente detrítico, debido a aportaciones fluviales antiguas y recientes.

En este estudio en la sierra, están incluidos los relieves subandinos entre 500 y 2.500 msnm. Como el levantamiento Napo, Cordilleras del Cutucú y del Cóndor con modelados cársticos.

En cuanto al clima, existen una gran cantidad de microclimas, pero se pueden describir cuatro grandes tipos. El clima tropical megatérmico muy húmedo, este es un clima de transición entre las zonas de la Costa y la Amazonia, las temperaturas medias anuales varían según la altura manteniéndose elevadas, las precipitaciones son superiores a los 2.000 mm y algunas veces pueden alcanzar los 4.000 mm, estas precipitaciones están concentradas en una sola época lluviosa; el clima mesotérmico semi-húmedo a húmedo, es el clima que predomina en la región ya que ocupa la mayor extensión, las temperaturas están en el orden de los 12°C y 20°C, las precipitaciones anuales fluctúan entre los 500 y 2.000 mm y están repartidas en dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y de octubre a noviembre; el clima mesotérmico seco está situado en los valles interandinos abrigados, las temperaturas anuales son de 12°C a 20°C, las lluvias anuales son inferiores a los 500 mm, la acumulación de aire frío contribuye a crear condiciones climáticas estables; y en último lugar, tenemos el clima ecuatorial frío de alta montaña se sitúa siempre sobre los 3.000 msnm. Las temperaturas máximas raramente son mayores a los 20°C y las mínimas son menores a 0°C y las medias anuales fluctúan entre los

4°C y 8°C, las precipitaciones van de 800 mm a 2.000 mm, las mismas que suelen ser de larga duración pero baja intensidad.

Amazonia, en esta región se incluyen los Pie de Monte cercanos en las inmediaciones del Puyo y Palora, en las Mesas y testigos disectados del viejo Pie de Monte que se encuentran entre los ríos Napo, Pastaza, Villao y Curaray. Los relieves más Orientales tienen un aspecto de pequeñas colinas de diferentes aspectos constituidas por rocas meteorizadas y con edafología asociadas a suelos rojos ferralíticos y finalmente los relieves fluviales de la Amazonia presentan rasgos continuamente renovables.

El clima de esta región es el clima uniforme megatérmico muy húmedo, se caracteriza por una temperatura media elevada, cercana a los 25°C el factor pluviométrico es casi siempre superior a los 3.000 mm que localmente pueden superar los 6.000 mm, existe una un máximo de lluvias en los meses comprendidos entre julio y agosto y un mínimo entre los meses de diciembre a febrero, sin embargo se puede mencionar que la presencia de las lluvias es constante todo el año.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

Para poder entender y adentrarnos en el tema de los peligros a derrumbes y deslizamientos, es necesario explicar algunos conceptos y términos relacionados con la materia, es por eso que, a continuación se detallan los más trascendentales para la presente disertación; además se presentan estudios que se tomaron en cuenta para el análisis.

2.1 Riesgos naturales

Los Riesgos naturales son determinantes en una sociedad ya que son de origen natural y tienen repercusión territorial. A pesar de que el conocimiento ha tenido un gran avance, no termina de sorprender e inquietar la génesis de los eventos naturales extraordinarios, puesto que la naturaleza muestra su dominio sobre los seres humanos en la constante dinámica por la ocupación y organización del espacio geográfico. Es importante el estudio de estos procesos debido a que, desde un punto de vista ético, deben prevalecer las vidas humanas sobre las pérdidas económicas en caso de un suceso de este tipo. No obstante, en la ocupación de los espacios de riesgos por parte de las sociedades está el origen de los desastres (no en la naturaleza)⁵.

Los riesgos naturales, son procesos donde los factores del riesgo deben manifestarse para que exista el mismo.

Riesgos naturales = peligro (susceptibilidad + eventos ocurridos) + vulnerabilidad.

Según algunos autores, se han agrupado en una sola las disciplinas que se dedican al estudio de riesgos naturales, planteando algunas expresiones y las relaciones entre las mismas incluye los conceptos como cyndinogénesis relativo a las causas de los peligros y cyndinólisis que alude a la defensa a aquellos⁶.

5 Rousseau. 2002

6 UNESCO. 1987.

Se trata por lo tanto de una rama del conocimiento donde convergen las ciencias naturales, sociales, históricas, económicas, disciplinas técnicas en sus aspectos básicos y aplicados, puesto que el estudio de un acontecimiento implica el análisis de los diferentes sistemas (físicos y humanos) que se dan en territorio en cada momento histórico.

Es así que para la época moderna los estudios de White, Burton y Kates son los pioneros en el manejo del concepto de riesgo y además otorgan un enfoque global (importancia del factor humano en la consideración del grado de riesgo) al tratamiento de los eventos de la naturaleza (geofísicos y atmosféricos)⁷.

El *peligro* es la probabilidad de ocurrencia dentro de un período de tiempo específico y para un área establecida de un determinado fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el ser humano con consecuencias potencialmente destructoras⁸.

La *susceptibilidad* son las características naturales las cuales propician la acción combinada de determinados factores que favorecen la ocurrencia de determinados eventos naturales y los mismos son puestos de manifiesto como resultado del análisis de susceptibilidad ante los peligros.

Los *factores condicionantes* son los elementos que propician la ocurrencia de los eventos naturales debido a las relaciones espaciales y temporales de los objetos analizados, depende de la ubicación físico - geográficas, la estructura geológica y evolución geomorfológica.

La *vulnerabilidad* es la propensión de un elemento expuesto a sufrir daños. Es decir hace referencia al impacto del fenómeno sobre la sociedad, y es precisamente el incremento de la vulnerabilidad el que ha llevado a un mayor aumento de los riesgos naturales. La vulnerabilidad abarca por el uso del territorio desde la estructura de los edificios y construcciones, varias infraestructuras como básicas, sociales y viales, y depende fuertemente de la respuesta de la población frente al peligro, especialmente durante el desastre.

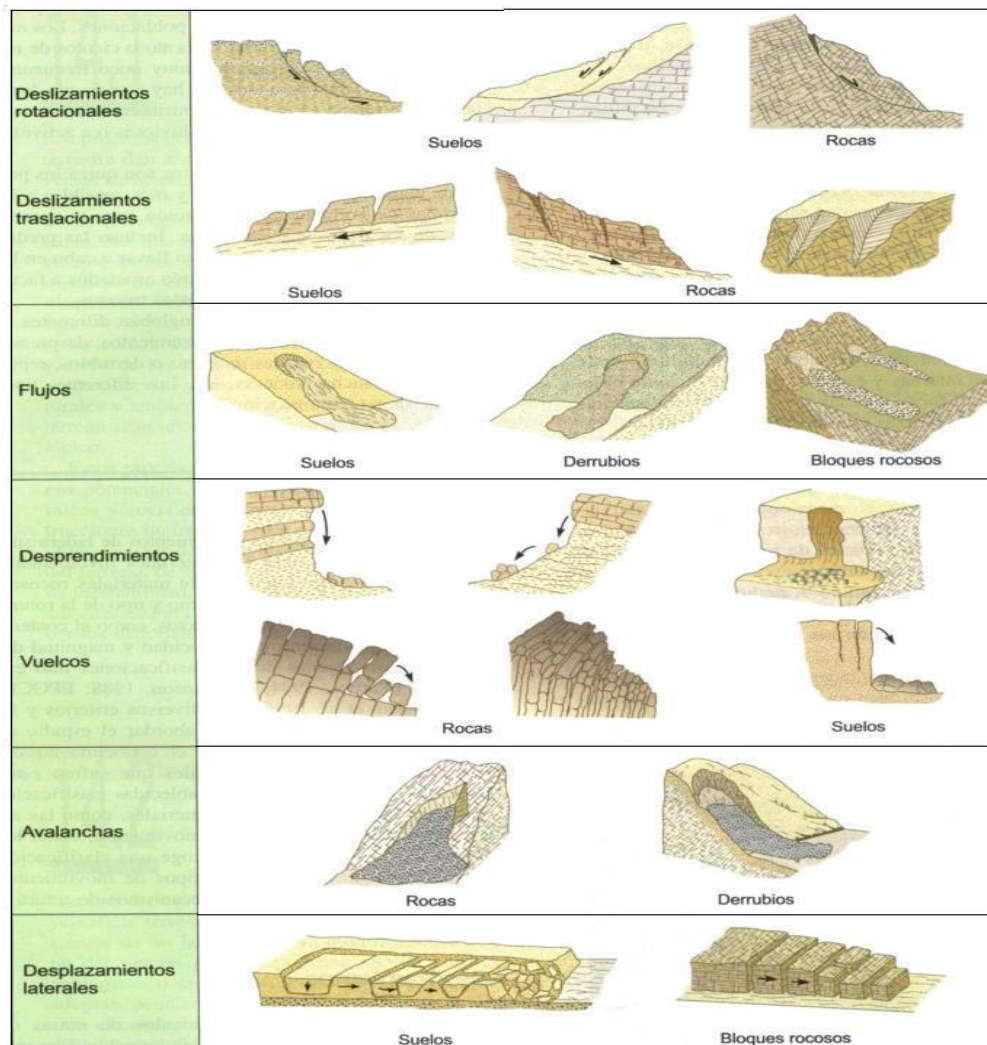
7 Riesgos Naturales. ARIEL 2002

⁸ Brabb 1984, Cardona 1988 en Hermelin M, 1995

2.2 Procesos de derrumbes y deslizamientos (movimientos en masa)

Los procesos de movimientos en masa pueden ser provocados por sismos, lluvias intensas, erupciones volcánicas, la acción del ser humano, y para localizar los potenciales movimientos en masa (que para el tema de la presente disertación es la adaptación del método de Dotor), se debe realizara una caracterización del relieve, la litología, la intensidad de las precipitaciones, diferenciaciones entre la vegetación natural y el uso del suelo y las áreas de concentración del drenaje.

GRÁFICO Nº 1 TIPOS DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA



ELABORADO POR: GONZÁLES DE VALLEJO, 2002.

Los derrumbes y deslizamientos se manifiestan por causas naturales (factores condicionantes) y acciones antrópicas (factores desencadenantes). Estos procesos consisten en la movilización por gravedad de los diversos materiales que componen el suelo.

Los lugares que se encuentran en mayor riesgo por derrumbes y deslizamientos son evidentemente en la Sierra debido a su geomorfología, no obstante no se puede decir que en la Costa y Amazonia ecuatoriana no se presentan estos procesos que constituyen una parte de movimientos en masa, es así que es clave señalar que existen diferentes niveles de riesgo dependiendo de los factores que incidan en determinado territorio, es por ello que para la realización del Mapeo de peligros de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

Los deslizamientos y derrumbes, son denominados como procesos de movimientos en masa, esto debido a que cuando ocurren existe el traslado del material de un lugar a otro.

Deslizamiento, es un movimiento de una masa de suelo y rocas en una ladera de más de 15° de inclinación, plano sobre el que resbala; se llevan a cabo favorecidos por infiltración de agua y contacto de rocas inclinadas en dirección de la pendiente de la ladera.

Las dimensiones y espesores de las masas de deslizamiento son muy variables. Al producirse un deslizamiento se origina una grieta de forma cóncava vista en plano, en la zona de ruptura, con un escarpe. La masa deslizante presenta, por lo general, una superficie irregular escalonada (Diccionario geomorfológico, 1989).

FOTO Nº 2 DESLIZAMIENTO SECTOR DE NISAG- CHIMBORAZO



FUENTE: SALIDA DE CAMPO PUCE, 2006

Derrumbe, es el proceso de desprendimiento de una masa de rocas y su desplazamiento laderas abajo. Se produce generalmente en laderas empinadas, de más de 20° . Los derrumbes se ven favorecidos por el agua que se filtra en el subsuelo, que paulatinamente agranda las grietas; en ocasiones se producen ó adelantan en tiempo ó por fuertes sismos. La masa removida varia en volumen, puede ser 10 m^3 a más de 10 km^3 , las acumulaciones de montículos son hasta 30 m de altura con predominancia de bloques de centímetros hasta varios metros de diámetro (Diccionario geomorfológico, 1989).

FOTO Nº 3 DERRUMBE EN LAS CERCANÍAS A MINDO



FUENTE: ANDRÉS FERNÁNDEZ, 2009

2.3 Peligro de derrumbes y deslizamientos

El *peligro de derrumbes y deslizamientos* son considerados parte de los procesos geológicos y se los denomina procesos externos, por lo tanto son fenómenos naturales terrestres, que pueden causar pérdida de vidas humanas, daños materiales, interrupción de la actividad social y degradación ambiental⁹. Además, debe tomarse muy en cuenta que si bien es cierto el peligro es la probabilidad potencial destructiva, no necesariamente se presenta con la máxima magnitud en las zonas de susceptibilidad¹⁰.

Los *factores desencadenantes*, son los elementos denominados disparadores por algunos autores, los cuales con su acción desencadenan y cambian la dinámica de los procesos. Se hallan relacionados con otros fenómenos naturales y con acciones antrópicas que en ocasiones tienden a aumentar la peligrosidad. Por ejemplo el sismo de 1987 contribuyó a numerosos derrumbes y deslizamientos en la Cuenca del Río Coca dañando infraestructuras tales como, el oleoducto transecuatoriano, carreteras entre Baeza y Lago Agrio y causo la muerte de alrededor de 3500 personas.

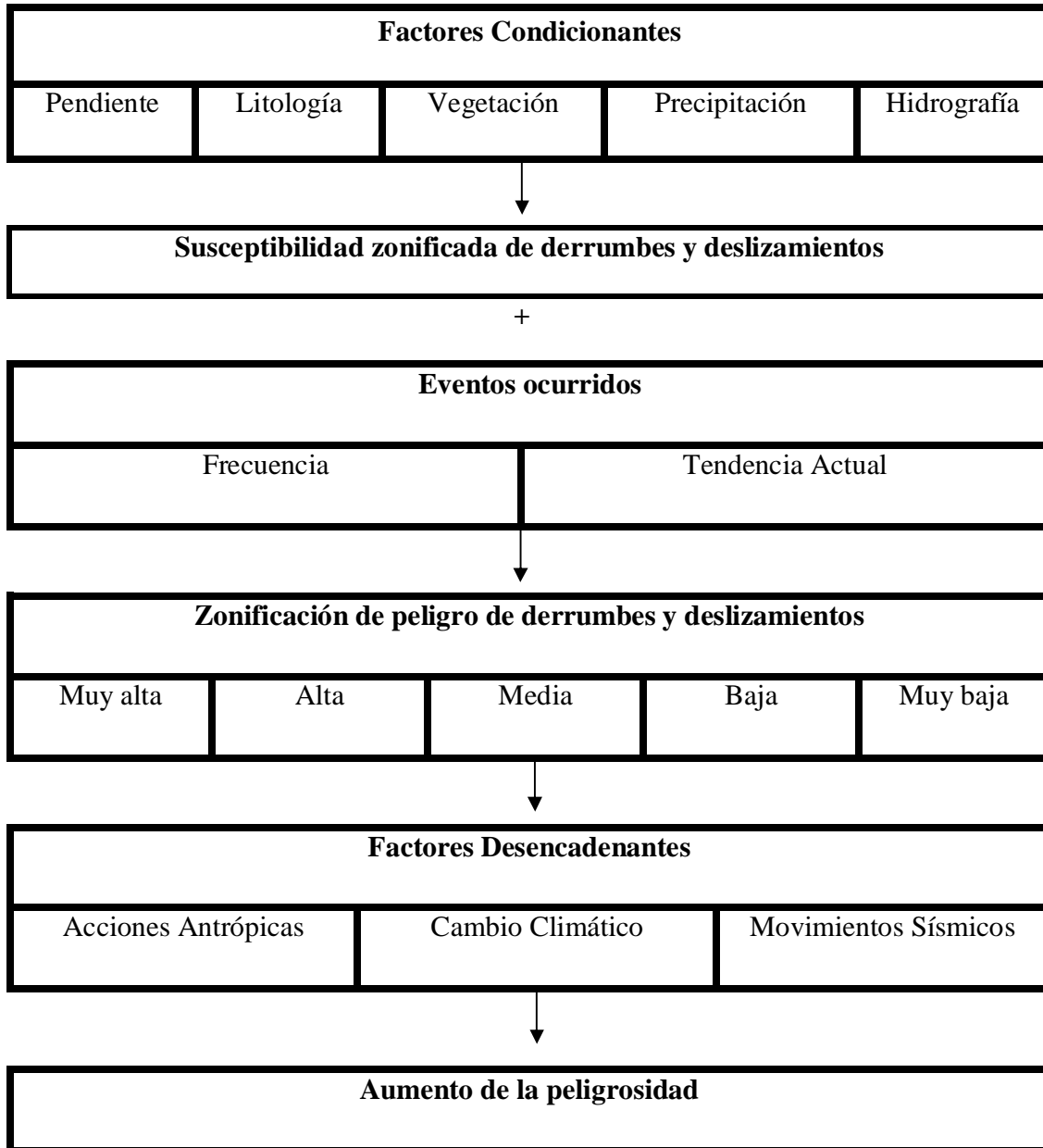
La *Peligrosidad* es el conjunto formado por la intensidad y probabilidad de un peligro, que están mutuamente relacionados, siendo en general la intensidad tanto mayor cuanto menor es su probabilidad.

En resumen; después de entender todos los términos que intervienen en el estudio del tema de derrumbes y deslizamientos podemos esquematizar el análisis de la siguiente forma:

⁹ Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), 2004.

¹⁰ Gonzáles, 2005.

CUADRO N° 1 ESQUEMA GENERAL DEL ANÁLISIS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2009

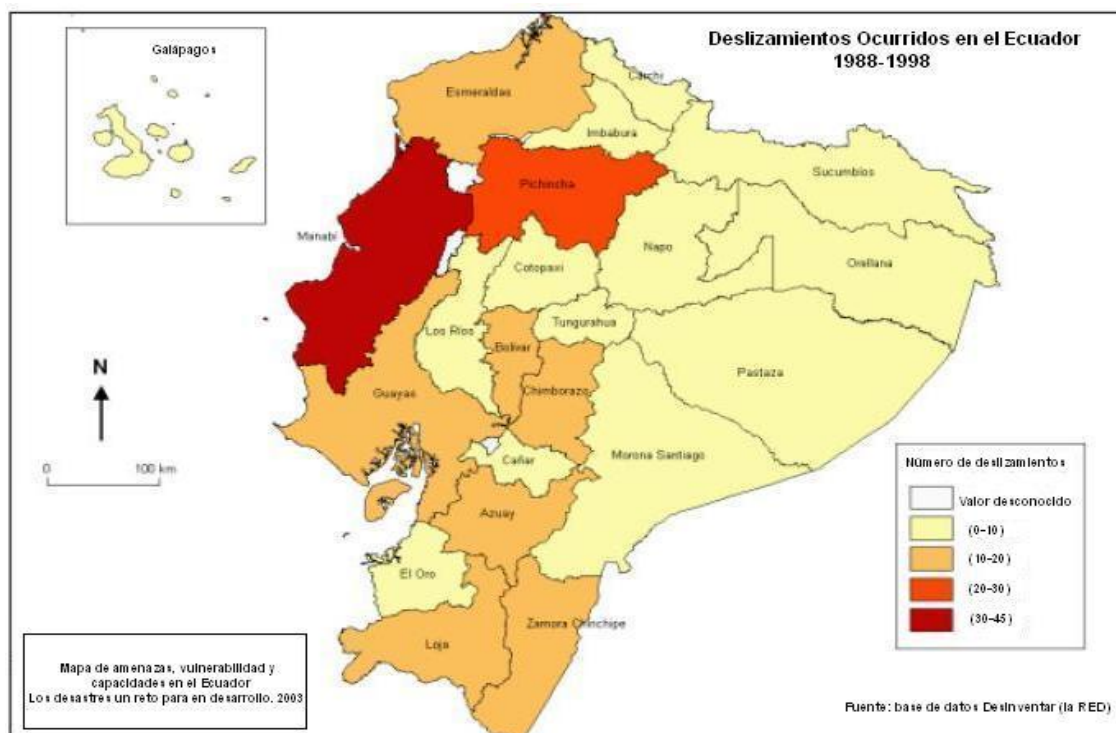
2.4 Estudios realizados

Los estudios analizados como antecedentes para el presente trabajo de disertación de grado, proceden de diferentes fuentes y distintos análisis, es el caso Robert D'Ercole (2003), que presenta un análisis a nivel nacional enmarcado en el ámbito político administrativo de los eventos ocurridos; por otra parte, este trabajo es expuesto desde el punto de vista de los riesgos naturales ya que se toma en cuenta sismos, vulcanismo, inundaciones, entre otros dedicándole al tema de movimientos en masa o movimientos morfodinámicos un espacio reducido, también está el estudio de Ramírez M (2007), al igual que el caso anterior, nos presenta un análisis de los procesos morfodinámicos en el espacio específico de la provincia de Tungurahua con el enfoque a la planificación territorial. Estos trabajos son muy valiosos ya que nos permiten tener una visión para poder adaptar y modificar los elementos requeridos en el presente análisis, de acuerdo a las necesidades.

En el caso del trabajo de Robert D'Ercole en el capítulo de análisis de amenazas presenta el mapa N° 9- deslizamientos ocurridos en el Ecuador (1988-1998)¹¹ que representa el número de deslizamientos en la base DesInventar de la RED en el mismo período de tiempo, según el autor la expresión de que "Manabí es al parecer la que ha sufrido la mayor cantidad de deslizamientos con más de 40 eventos" demuestra la necesidad de realizar nuevas y actualizadas verificaciones sobre eventos, ya que no se puede únicamente generalizar en base de la división político administrativa, si no también dentro del contexto de los factores condicionantes y desencadenantes.

¹¹ Mapas de amenazas, vulnerabilidad y capacidades en el Ecuador: Los desastres un reto para el Desarrollo.

GRÁFICO Nº 2 DESLIZAMIENTOS OCURRIDOS EN EL ECUADOR 1988-1998



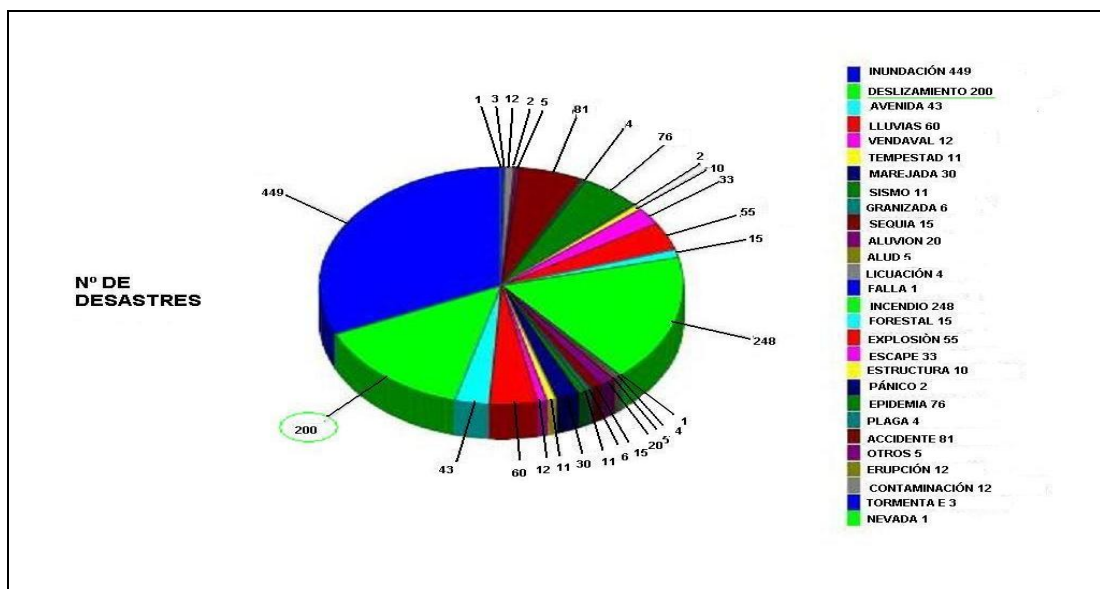
FUENTE: ROBERT D'ERCOLE, 2003.

La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina ó LA RED, desarrollo varios proyectos de investigación regionales que tienen por objeto conocer las condiciones de vulnerabilidad de sus respectivas sociedades ante las amenazas naturales y propender a su mitigación. Uno de los principales proyectos que ejecuto La Red es la elaboración de un Sistema de Inventario de Desastres en América Latina DESINVENTAR¹².

Dentro del Proyecto de LA RED "Inventarios de Desastres en América Latina" usando DesInventar, se define como deslizamientos, a todos los movimientos en masa, es por ello que los derrumbes y deslizamientos (tomados en cuenta en la presente disertación) están encasillados en los deslizamientos. En el informe del proyecto antes referido coincidieran algunos eventos desastrosos y los cuantifican de la siguiente manera:

¹² Zevallos O. 1999

GRÁFICO N° 3 TIPO Y NÚMERO DE DESASTRES
(Período Enero 1988- Diciembre 1998)



FUENTE: DesInventar La Red
ELABORADO POR: ZEVALLOS, 1999

Los deslizamientos, han ocurrido en un número de 200 a lo largo de los once años investigados. Típicamente, los deslizamientos eran fenómenos que ocurrían preponderantemente en la sierra, producto de las fuertes pendientes y alto grado de meteorización de los Andes, inducidos o agravados por los cortes de los taludes o el desalojo de materiales provocados por la apertura de las vías. Hasta 1996 el 55% de los deslizamientos reportados ocurrieron en la sierra, 28% en la costa y 17% en la Amazonia.

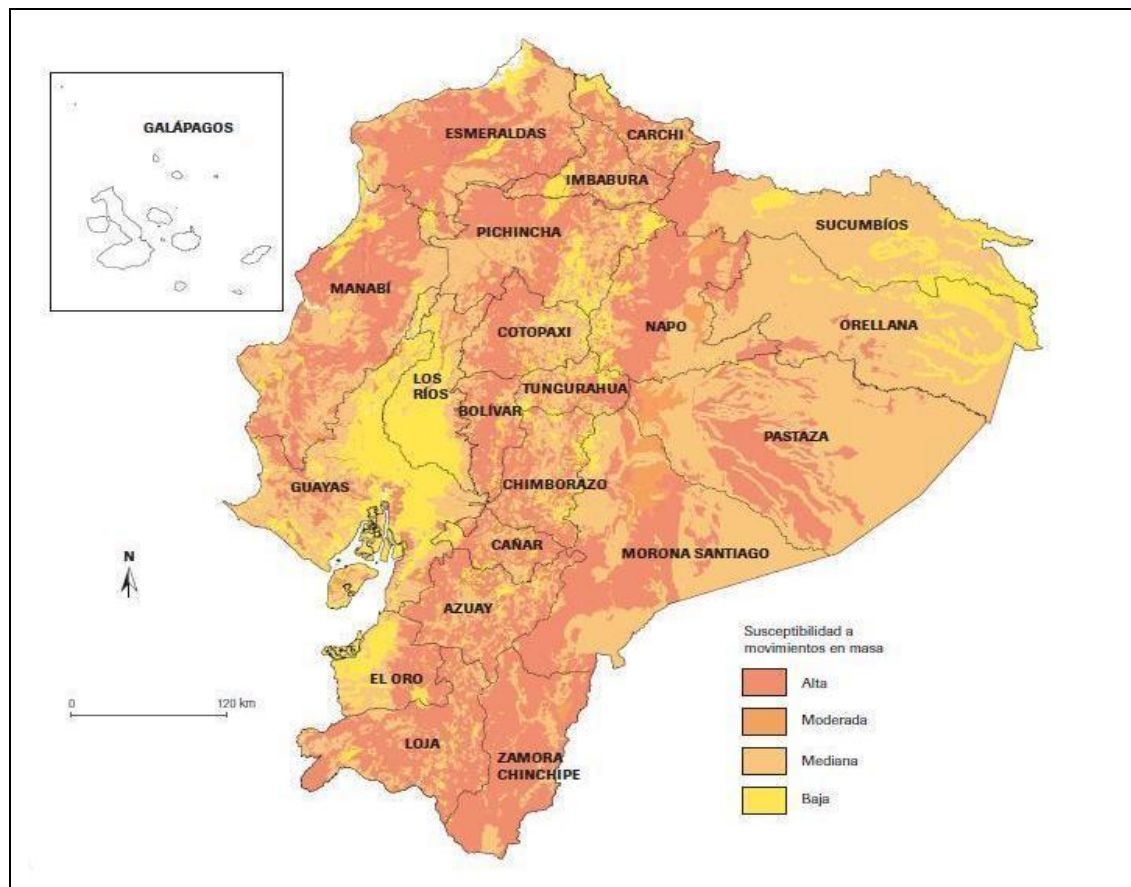
Es así que, como lo muestra el gráfico N° 2, los deslizamientos ocupan el tercer lugar de los eventos más frecuentes en el Ecuador y principalmente en la Sierra.

En el Plan de reducción de riesgos del sector agua potable y saneamiento Propuestas para el análisis de vulnerabilidad y riesgo y lineamientos de políticas para su gestión¹³, en su análisis de la susceptibilidad a deslizamientos de terrenos y derrumbes, se menciona que se requiere

¹³ SENPLADES-CAF/PREANDINO. Quito, Octubre de 2005.

profundizar las investigaciones+para contar con mayores aportes sobre el tema. En este mismo trabajo se presenta un mapa de Susceptibilidad de terrenos inestables en el Ecuador donde se determinan las áreas de susceptibilidad a movimientos en masa y se clasifica cuatro grados: alta, moderada, mediana y baja.

GRÁFICO Nº 4 TERRENOS INESTABLES DEL ECUADOR



FUENTE: SENPLADES
ELABORADO POR: MSP, IG-EPN, 2002

CAPÍTULO 3 MARCO METODOLÓGICO

Una metodología es una secuencia lógica de tareas concatenadas, es decir, un conjunto de tareas bien diferenciadas que se ejecutan según el orden determinado que permite conducir el proceso de reflexión a través del cual se da respuesta a las preguntas y objetivos planteados en la investigación¹⁴.

3.1 Métodos

La selección de metodologías juega un rol importante dentro del análisis y el mapeo de los peligros de derrumbes y deslizamientos, esto debido a que no se puede generalizar un solo método para todos los espacios sujetos a estudio, en el caso del Ecuador como ya lo hemos manifestado en la descripción del área de estudio, existen factores endógenos, propios de su morfogénesis que son particularmente decisivos en el momento de elegir un método concreto.

Para realizar la investigación de los peligros de derrumbes y deslizamientos se pueden usar métodos directos e indirectos.

3.1.1 Métodos directos o empíricos

Estos métodos propenden a un inventario de los factores condicionantes y los eventos ocurridos basados en la geomorfología del área en estudio, la experiencia del ejecutor del estudio será fundamental en la interpretación de las unidades espaciales a cartografiar; indiscutiblemente, la idea principal será que las áreas más afectadas por los procesos de remoción en masa en el pasado, son las que tienen mayor posibilidad de ocurrencia en el futuro. Este método se aplica para estudios de grandes áreas ya que no son muy costosos como lo son los métodos indirectos.

¹⁴ Gómez Orea 2004.

3.1.2 Métodos indirectos

Dentro de estos métodos se puede citar los siguientes:

Método determinístico, el mismo que está relacionado a la vinculación de datos geotécnicos separados, los cuales necesitan de tomas de muestra y análisis de laboratorio (González, 2005); además, este se concentra básicamente en la estabilidad del talud en el que se está trabajando donde las condiciones genéticas son homogéneas y las leyes físicas son aplicables fácilmente (Bonachea, 2006) para así determinar a ciencia cierta el factor de seguridad de dicha ladera. Este método no es recomendado para el estudio de grandes áreas ya que son costosos y demandan de mucho tiempo.

Métodos estadísticos o probabilísticos, en la aplicación de estos métodos se busca relacionar datos estadísticos en base de distintos métodos, puede tomarse en cuenta los factores condicionantes (pendiente, litología, cobertura vegetal, entre otros) y la distribución actual o pasada de los eventos ocurridos de los procesos de remoción en masa.

3.2 Descripción del método empírico de Dotor (2004)

El área de estudio elegida por Esther Dotor, es la hoja 1050 de Ubrique, a escala 1:50.000. Las razones de elección de esta zona son la presencia de antiguos deslizamientos y la disponibilidad de datos.

La metodología usada para el estudio de la susceptibilidad y peligrosidad de los deslizamientos de ladera en una zona es un proceso de análisis de los factores que las condicionan.

Los sistemas de información geográfica permiten realizar dicho análisis mediante superposición de mapas temáticos de los diferentes factores condicionantes, gracias el establecimiento de bases de datos asociadas.

Las fases de análisis son: elección de las variables, análisis de las variables, obtención de los resultados y representación de los mismos en mapas de susceptibilidad y peligrosidad

Elección de las variables

Los factores que intervienen en el análisis de susceptibilidad y peligrosidad se cuantifican mediante variables, que les asignan un valor numérico a cada factor en función de su importancia en la probabilidad de que se produzcan deslizamientos de una zona y del riesgo de estos para la actividad humana.

La cuantificación de estos factores se presta a la subjetividad, aunque es obvio que unos factores son más decisivos que otros.

Las variables usadas para este estudio para los análisis de susceptibilidad y de peligrosidad son detalladas a continuación:

Hoja 1/2

Variable	Descripción	Obtención	Uso
Pendiente	El ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor viene expresado de 0° a 90°. La pendiente es el factor que más condiciona la aparición de deslizamientos.	Modelo Digital de elevaciones 100 m de Andalucía, del Instituto de Cartografía de Andalucía.	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Litología	Se estima la estabilidad del terreno en función sus características geológicas. La valoración se realiza de forma semicuantitativa, asignándole un valor numérico en función de los tipos de rocas y de suelos existente en la zona de estudio, dependiendo del grado de estabilidad que a priori presentan los suelos y rocas según su clasificación geológica.	A partir de Mapa Geológico Digital MAGNA 1:50.000	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas

Variable	Descripción	Obtención	Uso
Vegetación	Hace referencia a los diferentes tipos de vegetación existentes en la zona de estudio. Se valora de forma semicuantitativa, teniendo en cuenta la presencia o ausencia de vegetación y el tipo de vegetación. La presencia de vegetación disminuye la probabilidad de deslizamiento y la pérdida de cobertura vegetal aumenta la posibilidad de deslizamiento	Mapa de coberturas de vegetación	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Precipitaciones	Indica la cantidad de precipitaciones en el área de estudio, factor que influye considerablemente en la estabilidad de los taludes, ya que después de épocas de grandes lluvias se suelen producir grandes deslizamientos, esto es debido a que la infiltración de agua en terreno, puede ocasionar un incremento de las fuerzas que tienden al deslizamiento.	Datos Publimétricos de la zona e interpolación de los datos	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Red Hidrológica	La proximidad de una zona a una red hidrológica implica un aumento de la posibilidad de deslizamiento. Esto se debe a la que la presencia de agua en el terreno reduce la resistencia al corte de los materiales	Mapa Digital 100.000 de Andalucía, de Instituto de Cartografía de Andalucía	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Vías de comunicación y tendido eléctrico	La afectación de los deslizamientos a las vías de comunicación y tendido implica grandes riesgos tanto económicos, como de pérdidas de vidas humanas.	Mapa Digital 100.000 de Andalucía, de Instituto de Cartografía de Andalucía	Variabes antrópicas para el análisis de la peligrosidad
Núcleos de población	La proximidad a zonas urbanas con alto índice de población implica un mayor riesgo de peligrosidad de zonas susceptibles de deslizamientos.	Datos estadísticos provenientes del Instituto de Estadística de Andalucía, referente a la población del año 2001	Variabes antrópicas para el análisis de la peligrosidad

FUENTE: DOTOR, E. 2004

La metodología cartográfica que se usa como procedimiento primordial para la obtención de resultados requeridos en la presente disertación, ha sido ajustada y valorada; es por ello que se puede decir que el presente trabajo no es meramente de recolección y evaluación de datos e información para incorporar en la construcción de resultados, ya que se realizaron actividades como: la observación, análisis comparativos temporales (ver gráfico N° 2) y espaciales, demostración y la conclusión aplicando conocimientos obtenidos. En este contexto, la metodología utilizada es aplicable a la realidad de este estudio para entender e intervenir sobre los escenarios de la manifestación de derrumbes y deslizamientos.

En cuanto a las variables escogidas en el método, para la determinación de la susceptibilidad se adapta el método empírico de Dotor (2004), puesto que dentro de la previa elección de un método este permite analizar las características de cada una de las cinco variables que tienen connotación dentro de los procesos de derrumbes y deslizamientos.

Este método permite aplicar un análisis para áreas más heterogéneas (como es el caso de Ecuador) ya que como hemos expuesto anteriormente considera los factores condicionantes que dan origen a los procesos de derrumbes y deslizamientos.

Los factores condicionantes están basados en la elección de las variables que son cuantificadas en función de la importancia de la probabilidad que se produzcan derrumbes y deslizamientos; así mismo, esta cuantificación es subjetiva ya que claramente unos factores son más decisivos que otros.

El Ecuador no cuenta con la suficiente y eficiente información secundaria referente a las variables; por lo tanto, el análisis detenido de cada una de ellas y de la información que contengan, es primordial para establecer la funcionalidad dentro de la aplicación del método.

A continuación se detalla las variables escogidas para ser tomadas en cuenta dentro del proceso de mapeo de la susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos, donde se puede apreciar, que por la escala y el enfoque del presente trabajo no se toma en cuenta la afectación a la infraestructura ni los núcleos urbanos, existentes en el método de Dotor (2004).

CUADRO Nº 2 VARIABLES USADAS PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DOTOR
(MODIFICADO)

VARIABLES	PONDERACIÓN	INDICADORES
Pendiente	50%	Rangos de pendientes % 0-12%; 12- 25%; 25- 40%; 40- 70%; >70%
Litología	30%	Rocas magmáticas: <ul style="list-style-type: none"> • intrusivas (meteorización: baja, intermedia, alta) • volcánicas: cristalinas y clásticas (meteorización: baja, intermedia, alta). Rocas metamórficas (meteorización: baja, intermedia, alta) Rocas sedimentarias: consolidadas, no consolidadas, arcillas (meteorización: baja, intermedia, alta)
Cobertura vegetal	5%	Formaciones naturales (arbórea, arbustiva, herbácea) Uso del suelo (cultivos, pastos, plantaciones forestales) Sin cobertura.
Precipitación	10%	Cantidad mm y distribución anual.
Red hidrográfica	5%	Densidad hidrográfica km/km ² .
Datos históricos		Localización y efectos.

FUENTE: ELABOLACIÓN PROPIA

3.3 Sistemas de Información Geográfica

Dentro del análisis y consecuentemente el mapeo de derrumbes y deslizamientos, un Sistema de Información Geográfica (SIG) juega un rol primordial para llegar a los objetivos planteados.

Un SIG, está compuesto por software, hardware y datos, además se considera dentro de este sistema como parte fundamental, personal calificado que ayude en la manipulación, análisis y presentación de la información bajo una representación espacial. La localización espacial, usualmente una localización geográfica, es por ello que la información, visualización y análisis de datos depende mucho del técnico y de la capacidad del mismo para explotar todo el poder que tiene la herramienta SIG ya que según estimaciones generales el 80% de la información que se utiliza para la gestión de distintos intereses para la sociedad tiene componentes espaciales¹⁵.

Mediante el uso de un SIG podemos realizar un análisis más profundo para poder hallar y entender las relaciones espaciales que existen entre las distintas unidades consignadas en el sistema, permitiéndonos efectuar si es el caso simulaciones y moldeamientos de los fenómenos que tienen ocurrencia en la superficie de la Tierra, estas características son fundamentales para la notable diferenciación de los diversos paquetes de graficación que existen.

En consecuencia de todo lo expuesto anteriormente, los productos que resultan del manejo correcto de este sistema, son los mapas temáticos estáticos (papel o digital). Este nivel es importante, permite que aparte del especialista en la materia, la gente involucrada muestre interés puesto que de fácil manejo y entendimiento, lo que permitirá el aporte de todo el conjunto de involucrados para poder realizar actualizaciones o modificaciones a medida que avancen los estudios sobre el tema.

¹⁵ Torres P. 2010.

Con respecto a la presente disertación, el uso de un SIG permitió realizar el análisis mediante la superposición y generalización cartográfica de las coberturas fuente temáticas de los diferentes factores condicionantes (variables) los que nos da la pauta para zonificar el territorio por diferentes clases (grado) de susceptibilidad y posteriormente el grado de peligro, además cabe decir que la utilización de este software especializado en geoinformación nos ayuda con el despliegue en de una manera organizada, rápida y eficiente de la información georeferenciada y sus bases de datos.

3.4 Fases del estudio

La investigación para determinar los peligros de derrumbes y deslizamientos se llevo a cabo mediante un marco metodológico secuencial (CUADRO N°1), es decir se analizan los factores condicionantes y los eventos ocurridos, es así que dentro de este esquema se consideran las siguientes fases:

FASE I.- Elaboración del mapa de susceptibilidad a partir de la reclasificación e integración de información temática de diferentes variables que establece el método de Dotor.

La recopilación de la información cartográfica temática de las cinco variables o factores considerados en el presente trabajo, nos permitió realizar la reclasificación de las unidades temáticas y la digitalización de las mismas. En la siguiente matriz se muestra la base cartográfica usada y su evaluación (ver anexo N°1).

Para la realización de los mapas temáticos (Pendiente, Litología, Cobertura Vegetal, Precipitación y Red Hidrográfica) se realizó una reclasificación, donde se les atribuye un valor dependiendo del grado de susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos, tal como lo muestra el siguiente cuadro:

CUADRO N° 3 CLASE/GRADO DE SUCEPTIBILIDAD

Susceptibilidad	Clase/Grado
Muy Baja	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Muy Alta	5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para realizar las ponderaciones se ha considerado la siguiente fórmula:

$$(X / \hat{U}Y) * Y$$

Donde:

X = % de la variable independiente

Y = clase

A continuación se presenta los valores que se determinaron mediante el cálculo con la fórmula indicada, para cada una de las variables:

CUADRO N° 4 PENDIENTE: 50 %

CLASE (Y)	Valor Ponderado
1	3,3
2	6,7
3	10,0
4	13,3
5	16,7
$\hat{U}Y=15$	% 50

CUADRO N° 5 LITOLOGIA: 30%

CLASE (Y)	Valor Ponderado
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10
ŪY=15	% 30

CUADRO N° 6 COBERTURA VEGETAL: 5%

CLASE (Y)	Valor Ponderado
1	0,3
2	0,7
3	1,0
4	1,3
5	1,7
ŪY= 15	% 5

CUADRO N° 7 PRECIPITACIÓN: 10 %

CLASE (Y)	Valor Ponderado
1	0,7
2	1,3
3	2,0
4	2,7
5	3,3
ŪY=15	% 10

CUADRO N° 8 RED HIDROGRÁFICA: 5%

CLASE (Y)	Valor Ponderado
1	0,3
2	0,7
3	1,0
4	1,3
5	1,7
ŪY 15	%5

3.4.1 Factor Pendiente

Se analiza el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal, como resultado de las formas del relieve. El nivel de susceptibilidad a derrumbes y deslizamientos viene expresado por el porcentaje de la pendiente, este factor es el que más condiciona la para ocurrencia de los derrumbes y deslizamientos. Por ello el análisis y la reclasificación de la cobertura fuente (ver anexo N°1) es la siguiente:

CUADRO N° 9 CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: PENDIENTE (50%)

Hoja 1/3

RANGO DE LA PENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE FORMAS DE RELIEVE	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
0-12%	Formas fluvio-marinas: manglares, salitrales y playas	NO APLICA	NO APLICA
	Valles fluviales con terrazas indiferenciadas y pantanos asociados	NO APLICA	NO APLICA
	Llanura costera baja ,planas y ligeramente onduladas e inundables	1	3,30
	Cono tabular		
	Terrazas de transgresiones marinas: superficies y abruptos circundantes		
	Piedemontes costeros: los glacis		
	Piedemontes periandinos: llanuras y planicies		
	Valles fluviales con terrazas indiferenciadas		

RANGO DE LA PENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE FORMAS DE RELIEVE	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
0-12%	Relieves de los fondos de las cuencas interandinas con rellenos volcano sedimentarios y piroclásticos	1	3,30
	Llanura costera alta con superficies onduladas y disectadas		
	Colinas bajas indiferenciadas sobre areniscas		
	Corredores, depresiones subandinas sobre rocas volcano-sedimentarias		
12-25%	Llanura costera alta y gran cono tabular	2	6,70
	Cimas frías de las cordilleras: valles glaciares, cuchillas rocosas, lagos y morrenas		
	Relieves de los fondos de cuencas interandinas, disectados, sobre rocas sedimentarias detríticas		
	Colinas medias indiferenciadas sobre areniscas		
	Colinas indiferenciadas sobre arcillas		
Colinas periandinas, sobre areniscas, conglomerados y arcillas			
0-12% y >70% asociados	Piedemonte andino: conos de deyección y de esparcimiento		
	Vertientes inferiores de las cuencas interandinas		
	Piedemontes periandinos: niveles indiferenciados y conos coalescentes		
	Cono tabular		
25-40%	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, pendientes moderados a fuertes	3	10,00
	Contrafuertes subandinos: colinas altas y regulares sobre arcillas y areniscas		
	Relieves estructurales: cuevas sobre areniscas y conglomerados		
	Relieves estructurales: testigos fragmentados sobre areniscas		
	Contrafuertes Surocidentales: Colinas sup-iguales sobre rocas metamórficas, flysh con intercalaciones volcánicas		
Colinas altas indiferenciadas sobre areniscas			
40-70%	Estrato-volcanes compuestos de proyecciones piroclásticas con capas de lavas	4	13,30
	Vertientes inferiores de las cuencas interandinas con pendientes fuertes		
	Relieves estructurales: mesas sobre areniscas y conglomerados		
	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, disectados y con pendientes fuertes		

RANGO DE LA PENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE FORMAS DE RELIEVE	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
40-70%	Levantamiento Napo, relieves estructurales sedimentarios masivos	4	13,30
>70%	Relieves de los márgenes: abruptos en el límite de las zonas glaciares	5	16,70
	Cordilleras Cóndor Cutucu, relieves accidentados sedimentarios		
	Vertientes externas andinas: pendientes fuertes y disectadas, sobre rocas intrusivas, metamórficas y volcanos sedimentarias de diferente edad.		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Dentro de un análisis comparativo, se realizó un cotejo con el mapa de pendientes editado por SENPLADES¹⁶ y se puede determinar que no existe mayor diferencia en su forma, puesto que solo pequeñas áreas no son concordantes una con otra, esto nos permite decir que la reclasificación realizada en base al mapa geomorfológico y de la metodología heurística usado para el presente estudio, está dentro de los parámetros necesarios para la adaptación del método empírico de Dotor.

SIG- Reclasificación de la Pendiente

El resultado de los procesos descritos anteriormente nos proporcionan el mapa (representación grafica) de la variable ñpendienteö es así que tenemos lo siguiente:

Nombre del mapa: Susceptibilidad del factor Condicionante: Pendiente.

Fuente original de datos: Alianza Jatun Sacha CDC-Ecuador cobertura de geomorfología (formato vector) y del Mapa de Paisajes Naturales editado por CEDIG-ORSTOM-IPGH-IGM (ver anexo N°1).

Año de la información: 2002 y 1983 respectivamente.

Escala de digitalización: 1:250.000.

¹⁶ Gráfico N° 3

Descripción:

Se reclasificó haciendo un análisis de las formas del relieve de las unidades espaciales, como una de las variables tomadas en cuenta en la modificación del método de Dotor, a partir de la cobertura en formato vector de geomorfología Clasificación Geomorfológica del Ecuador, Alianza Jatun Sacha CDC-Ecuador y del mapa de Paisajes Naturales editado por CEDIG-ORSTOM-IPGH-IGM.

Proyección: UTM.

Zona: 17 Sur.

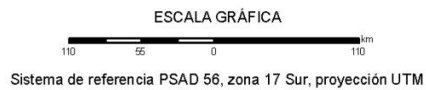
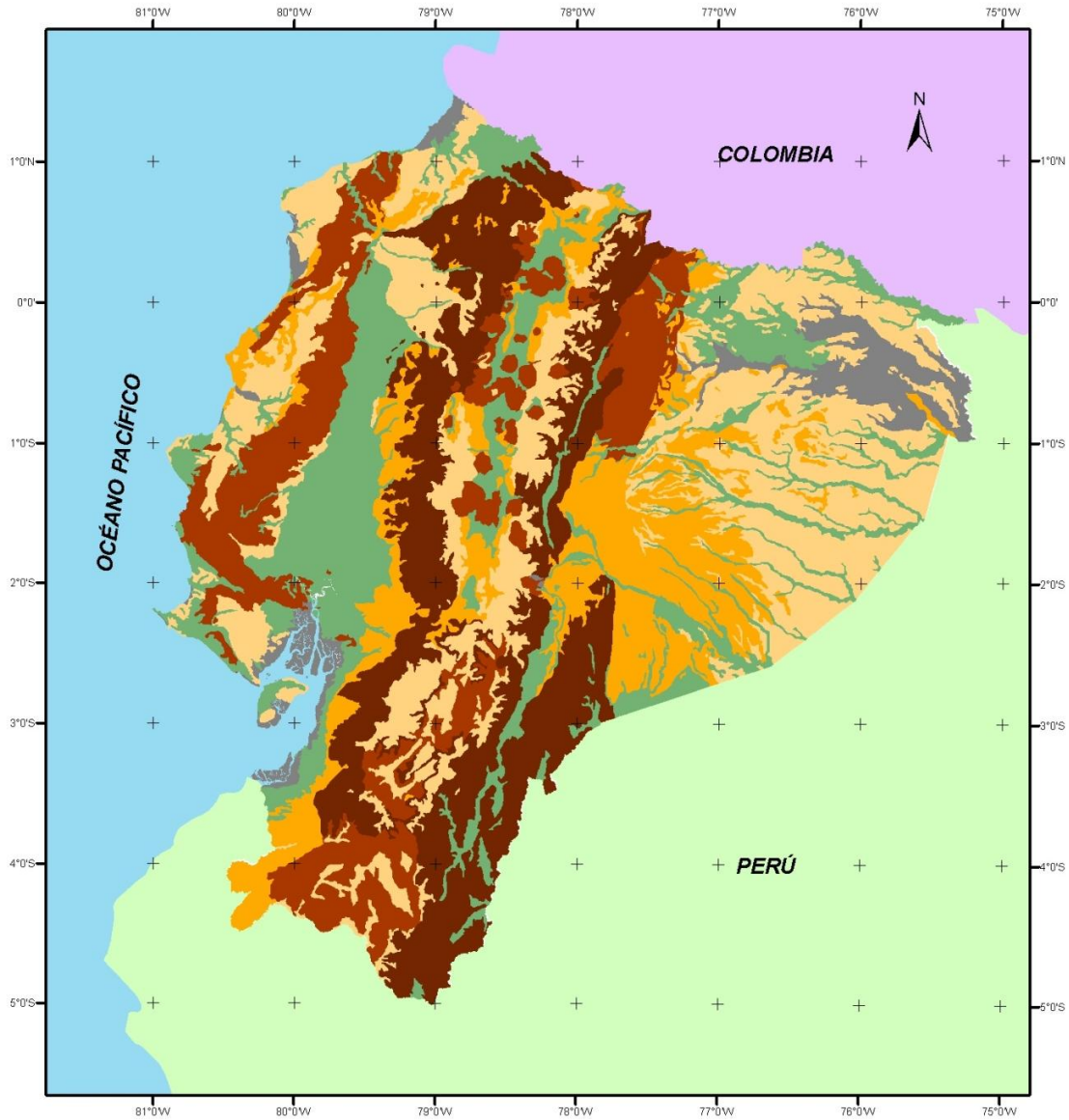
Sistema referido al Datum: PSAD 56.

Información de la tabla asociada:

Campo	Descripción
GEOMORF_GEN	Geomorfología general de la unidad espacial.
DESCRIPCIÓN	Descripción de la geomorfología general de la unidad espacial.
PON_PEND	Valor de la ponderación (ver cuadro N°4).
CLASS_PEND	Valor determinado en base al análisis y a la reclasificación de la geomorfología.
EDAD	Edad de las unidades espaciales.
RANGO_PEND	Se expresa el porcentaje de la pendiente.

MAPA N° 1

SUSCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE: PENDIENTE



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS PROYECTO: "Causas, efectos y riesgos por procesos morfológicos asociados al Cambio Climático en Ecuador"		
Contiene: Susceptibilidad del factor condicionante: Pendiente		
ELABORADO POR: Daniela Malitasig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTES: Alianza Jatun Sacha CDC, Ecuador 2002 CEDIG-ORSTOM-IPGH-IGM 1983		
MAPA N° : 1	ESCALA TRABAJO: 1: 1'000.000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4'000.000	FECHA: Noviembre, 2010

3.4.2 Factor Litología

Las características fundamentales del terreno están basadas en las formaciones geológicas que se presenten en un área establecida, igualmente están determinadas según el grado de susceptibilidad dentro de la clasificación que representen, siendo así la reclasificación de la cobertura fuente de geología del Ecuador según la clase de susceptibilidad en la misma es:

CUADRO Nº 10 CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: LITOLOGÍA (30%)

Hoja 1/5

SÍMBOLO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
Q E	Depósitos fluvio-marinos	Arcillas marinas de estuario, arenas y conglomerados	Cuaternario reciente y actual	NO APLICA	NO APLICA
Q A	Depósitos aluviales	Arcillas, arenas	Cuaternario reciente y actual	5	10
Q SU1	Volcánicos Sumaco	Lavas indiferenciadas, escombros de avalanchas	Cuaternario	3	6
Q V	Volcánicos Cotopaxi	Piroclastos, lahares, flujos de lavas	Cuaternario		
QX	Volcánicos	Piroclastos, lahares, flujos de lavas y aglomerados	Cuaternario		
Q M	Mera	Conglomerados, arenas, lutitas	Cuaternario	4	8
Q T	Tablazo	Terrazas marinas bioclásticas	Cuaternario		
Q B	Depósitos aluviales	Abanico aluvial mayor	Cuaternario	5	10
Q P	Pichilingue	Sedimentos fluviales	Cuaternario		
Q S	San Tadeo	Abanico volcánico, lahares	Cuaternario		
PIQ M	Mesa	Conglomerados, areniscas, volcanoclastos	Plioceno/Cuaternario	4	8
PIQ B	Balzar	Arenas, conglomerados, arcillas	Plioceno/Cuaternario	5	10
PIQ C	Canoa	Arenas, conglomerados, arcillas	Plioceno/Cuaternario		
PI DB	Borbón	Areniscas tobáceas	Plioceno	3	6
PI T	Turi	Conglomerados, tobas, brechas	Plioceno	4	8
PI P	Puná	Lutitas, arcillas, arenas	Plioceno	5	10

SÍMBOLO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
MPI P	Volcánicos Pisayambo	Flujos de lava y piroclastos andesíticos a riolíticos	Mioceno/Plioceno	2	4
MPI Z	Grupo Zarumilla	Areniscas, conglomerados	Mioceno/Plioceno	3	6
MPI C	Chambira	Areniscas, lutitas, tobas	Mioceno/Plioceno	4	8
MPI DO	Onzole	Lutitas, limolitas	Mioceno/Plioceno	5	10
MPI Q	Grupos Nabón y Quillollaco	Arcillas, tobas, areniscas, conglomerados	Mioceno/Plioceno		
MPI Y	Grupos Azogues, Chota y Ayancay	Arcillas, tobas, areniscas, conglomerados	Mioceno/Plioceno		
M V	Viche	Lutitas, areniscas	Mioceno	2	4
M DA	Angostura	Coquinas, areniscas, lodolitas	Mioceno	4	8
M P	Progreso	Areniscas, limolitas, lutitas	Mioceno		
M S	Subibaja	Limolitas calcáreas	Mioceno		
MP	Progreso	Areniscas, limolitas, lutitas	Mioceno		
M B	Biblián	Arcillas, areniscas, lavas	Mioceno	5	10
M A	Arajuno	Arcillas, areniscas, lignito	Mioceno		
M C	Curaray	Arcillas, lutitas tobáceas, yeso	Mioceno		
M Tb	Miembro Dos Bocas	Lutitas blancas	Mioceno		
M Tv	Miembro Villingota	Lutitas chocolates	Mioceno		
OM C	Chalcana	Lutitas rojas, yeso	Oligoceno/Mioceno	5	10
O S	Volcánicos Saraguro	Lavas andesíticas a riolíticas, piroclastos	Oligoceno	3	6
O P	Playa Rica	Lutitas, areniscas	Oligoceno	4	8
O TZ	Miembro Zapotal	Conglomerados, areniscas tobáceas, lutitas	Oligoceno		
EA	Unidad Apagua	Lutitas, grauwacas	Eoceno	3	6
EE	San Eduardo	Calizas, lutitas	Eoceno		
ES	Silante	Volcanoclastos, capas rojas	Eoceno		
EM	San Mateo	Turbiditas gruesas	Eoceno	4	8
EO	Ostiones	Calizas, lodolitas	Eoceno		
ET	Tiyuyacu	Conglomerados, areniscas, lutitas rojas	Eoceno		

SÍMBOLO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
EU	Unacota	Calizas, lutitas, volcanoclastos	Eoceno	4	8
EN	Grupo Ancón	Turbiditas, lutitas	Eoceno	5	10
EZ	Zapallo	Turbiditas finas	Eoceno		
PC EM	Macuchi	Lavas andesíticas, tobas, volcanoclastos	Paleoceno/Eoceno	1	2
PC EA	Grupo Azúcar	Lutitas, areniscas, conglomerados	Paleoceno/Eoceno	5	10
PC ES	Volcánicos Sacapalca	Lavas andesíticas, piroclastos, lutitas	Paleoceno	3	6
KP CU		Complejo máfico-ultramáfico tipo "Alaskan Pipe"	Cretáceo/Paleoceno	2	4
KP CY	Yunguilla	Lutitas, calizas, volcanoclastos	Cretáceo/Paleoceno	3	6
KP CG	Guayaquil	Lutitas silíceas	Cretáceo/Paleoceno		
KP CT	Tena	Lutitas, capas rojas	Cretáceo/Paleoceno	5	10
CZb		Gabro	Cenozoico	2	4
CZ		Granodiorita, diorita, pórfido	Cenozoico	3	6
K K	Cayo de la Sierra	Lutitas, cherts, areniscas	Cretáceo	2	4
K K1	Cayo	Mantos basálticos	Cretáceo		
K H	Hollín	Areniscas y cuarcitas	Cretáceo		
K P	Piñón	Lavas basálticas, tobas, brechas	Cretáceo		
K P	Piñón	Rocas ultrabásicas	Cretáceo		
KC	Celica	Lavas andesíticas y basálticas, piroclastos	Cretáceo		
K2		Granodiorita	Cretáceo		
K K	Cayo	Grauwacas, lutitas	Cretáceo	3	6
K N	Napo	Lutitas, calizas negras, areniscas	Cretáceo		
K1		Granito	Cretáceo		
KAC	Cazaderos	Conglomerados, areniscas, lutitas	Cretáceo	4	8
KAZ	Zapotillo-Ciano	Lutitas, grauwacas, piroclastos	Cretáceo		
JK M	Unidad Misahuallí	Lavas y piroclastos calco-alcalinos, capas rojas	Jurásico/Cretáceo	2	4
JK T	Unidad El Toro	Rocas ultrabásicas y básicas	Jurásico/Cretáceo	3	6
JK P	Unidad Peltetec	"Melange" ofiolítico	Jurásico/Cretáceo		
J1		Granodiorita, diorita, granito gneisico	Jurásico	2	4

SÍMBOLO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
J2		Granodiorita, diorita no deformadas	Jurásico	2	4
JH	Unidad Cerro Hermoso	Mármol, Pizarras	Jurásico		
JP	Unidad Alao-Paute	Metalavas basálticas y andesíticas, esquistos	Jurásico		
JY	Unidad Cuyuja	Esquistos pelíticos y grafiticos, paragneis	Jurásico		
JY	Unidad Cuyuja	Esquistos, metalavas, metagrauwacas	Jurásico		
JZ	Unidad Maguazo	Metagrauwacas, metalavas	Jurásico		
J04		Sienita y cuarzo-monzonita no deformados	Jurásico	3	6
J3		Granito	Jurásico		
JC	Unidad Chapiza	Capas rojas, lutitas, rocas volcánicas	Jurásico		
JD	Unidad La Delicia	Esquistos negros	Jurásico		
JE	Unidad El Pan	Esquistos verdes y negros	Jurásico		
JG	Unidad Guamote	Pizarras, cuarcitas	Jurásico		
JR	Unidad Raspas	Esquistos verdes, negros, azules y eclogitas	Jurásico		
JS	Santiago	Calizas, lutitas, areniscas	Jurásico		
JU	Unidad Upano	Esquistos, metalavas, metagrauwacas	Jurásico		
Tr		Complejo de migmatitas	Triásico		
Tr		Pegmatitas	Triásico	3	6
Tr	Unidad Piuntza	Lutitas, calizas, lavas, piroclastos	Triásico		
PZ A	Unidad Agoyán	Esquistos y gneises semipelíticos	Paleozoico	2	4
PZ C	Unidad Chiguinda	Pizarras, cuarcitas	Paleozoico		
PZ T	Unidad El Tigre	Metagrauwacas, pizarras	Paleozoico		
PZC	Unidad Chiguinda	Pizarras, cuarcitas	Paleozoico		
PZ D	Unidad Piedras	Anfibolitas basálticas	Paleozoico	3	6
PZ M	Unidad Monte Olivo	Anfibolitas basálticas	Paleozoico		
PZ P	Pumbuiza	Pizarras, cuarcitas	Paleozoico		

SÍMBOLO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
PZ V	Unidad La Victoria	Esquistos y gneises semipelíticos	Paleozoico	3	6
PZ V	Unidad La Victoria	Granito gneísico per-alumínico	Paleozoico		
CM	Macuma	Calizas, lutitas metamorfizadas con metavolcánicas	Carbonífero (Paleozoico)		
P (e)		Gneis migmatítico	Edad incierta		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Sin embargo se puede clasificar esta misma tabla de acuerdo a la edad de cada formación para un correcto manejo de la información (ver anexo N°2).

SIG- Reclasificación de la Litología

Nombre del mapa: Susceptibilidad del factor Condicionante: Litología.

Fuente original de datos: cobertura de geología (formato vector) contenidos en el IFOPLAN¹⁷ (ver anexo N°1).

Año de la información: desconocido.

Escala de digitalización: desconocida.

Descripción:

Se reclasificó haciendo un análisis de la litología de las unidades espaciales, como una de las variables tomadas en cuenta en la modificación del método de Dotor, a partir de la cobertura en formato vector de la litología del Ecuador.

Proyección: UTM

Zona: 17 Sur

¹⁷ Sistema geográfico de información social.

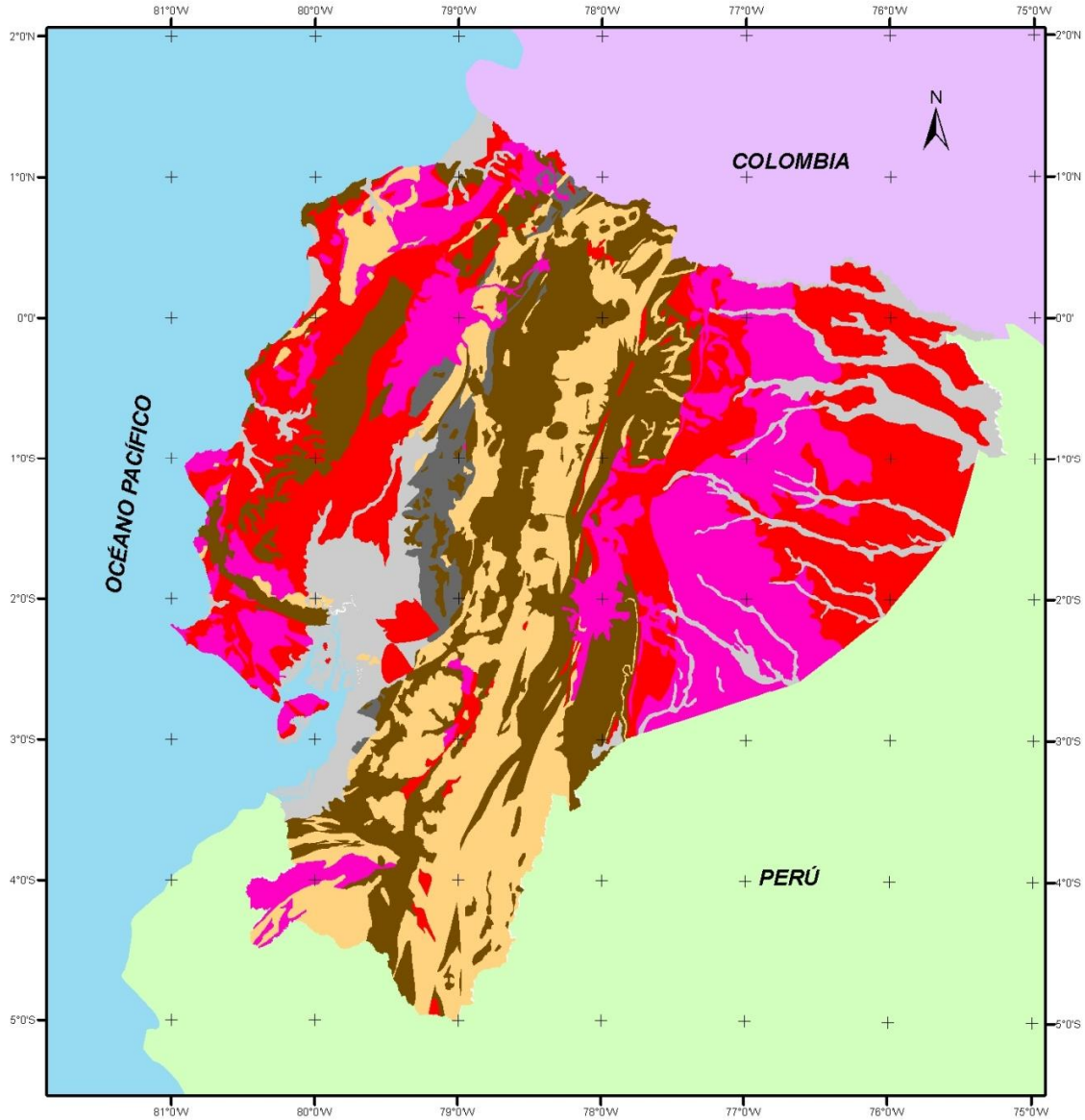
Sistema referido al Datum: PSAD 56

Información de la tabla asociada:

Campo	Descripción
SÍMBOLO	Símbolo de la unidad espacial en base a su litología.
FORMACIÓN	Nombre de la formación de la unidad espacial.
LITOLOGÍA	Descripción de la litología.
PERÍODO	Nombre del período al que pertenece la unidad espacial.
PON_LITO	Valor de la ponderación (ver cuadro N°5).
CLASS_LITO	Valor determinado en base al análisis y a la reclasificación de la litología.

MAPA N° 2

SUSCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE: LITOLOGÍA



Sistema de referencia PSAD 56, zona 17 Sur, proyección UTM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS PROYECTO: "Causas, efectos y riesgos por procesos morfológicos asociados al Cambio Climático en Ecuador"		
Contiene: Susceptibilidad del factor condicionante: Litología		
ELABORADO POR: Daniela Malitasig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTE: INFOPLAN		
MAPA N° : 2	ESCALA TRABAJO: 1: 1' 000.000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4' 000.000	FECHA: Noviembre, 2010

3.4.3 Factor de la cobertura vegetal y el uso del suelo

Los diversos tipos de uso del suelo nos dan una perspectiva mucho mejor que el de vegetación, ya que al ser un tema antrópico y al mismo tiempo natural permiten el análisis de las dinámicas y su presencia condicionan la probabilidad de derrumbes y deslizamientos, esto debido a que la cobertura del suelo es importante para la determinación de escurrimiento y escabamiento del suelo, por lo tanto en el siguiente cuadro se manifiesta la reclasificación de las unidades espaciales en base del mapa fuente de usos del suelo y su valoración para aplicar el método de Dotor (modificado).

CUADRO Nº 11 CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: VEGETACIÓN (5%)

Hoja 1/1

UNIDADES ESPACIALES DE USO DEL SUELO	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
Manglar	NO APLICA	NO APLICA
Área Erosionada	1	0,30
Cultivos de Maíz	5	1,70
Cultivos de Ciclo Corto	5	1,70
Cultivos Indiferenciados	4	1,30
Cultivos de Banano	2	0,70
Cultivos de Palma Africana	3	1,00
Cultivos de Caña de Azúcar	2	0,70
Cultivos de Arroz	1	0,30
Arboricultura Tropical	2	0,70
Pasto Natural	3	1,00
Pasto Cultivado	3	1,00
Vegetación Arbustiva	2	0,70
Bosque Plantado	1	0,30
Bosque Intervenido	3	1,00
Bosque Natural	1	0,30
Páramo	1	0,30

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

SIG- Reclasificación de la cobertura vegetal

Nombre del mapa: Susceptibilidad del factor Condicionante: Vegetación (uso del suelo).

Fuente original de datos: cobertura de uso del suelo (formato vector) del proyecto UNAMA-CONADE contenidos en el IFOPLAN (ver anexo N°1).

Año de la información: 1996.

Escala de digitalización: 1: 250.000.

Descripción:

Se reclasificó haciendo un análisis del uso del suelo, es decir de la cobertura vegetal de las unidades espaciales, como una de las variables tomadas en cuenta en la modificación del método de Dotor, a partir de la cobertura en formato vector de uso del suelo.

Proyección: UTM

Zona: 17 Sur

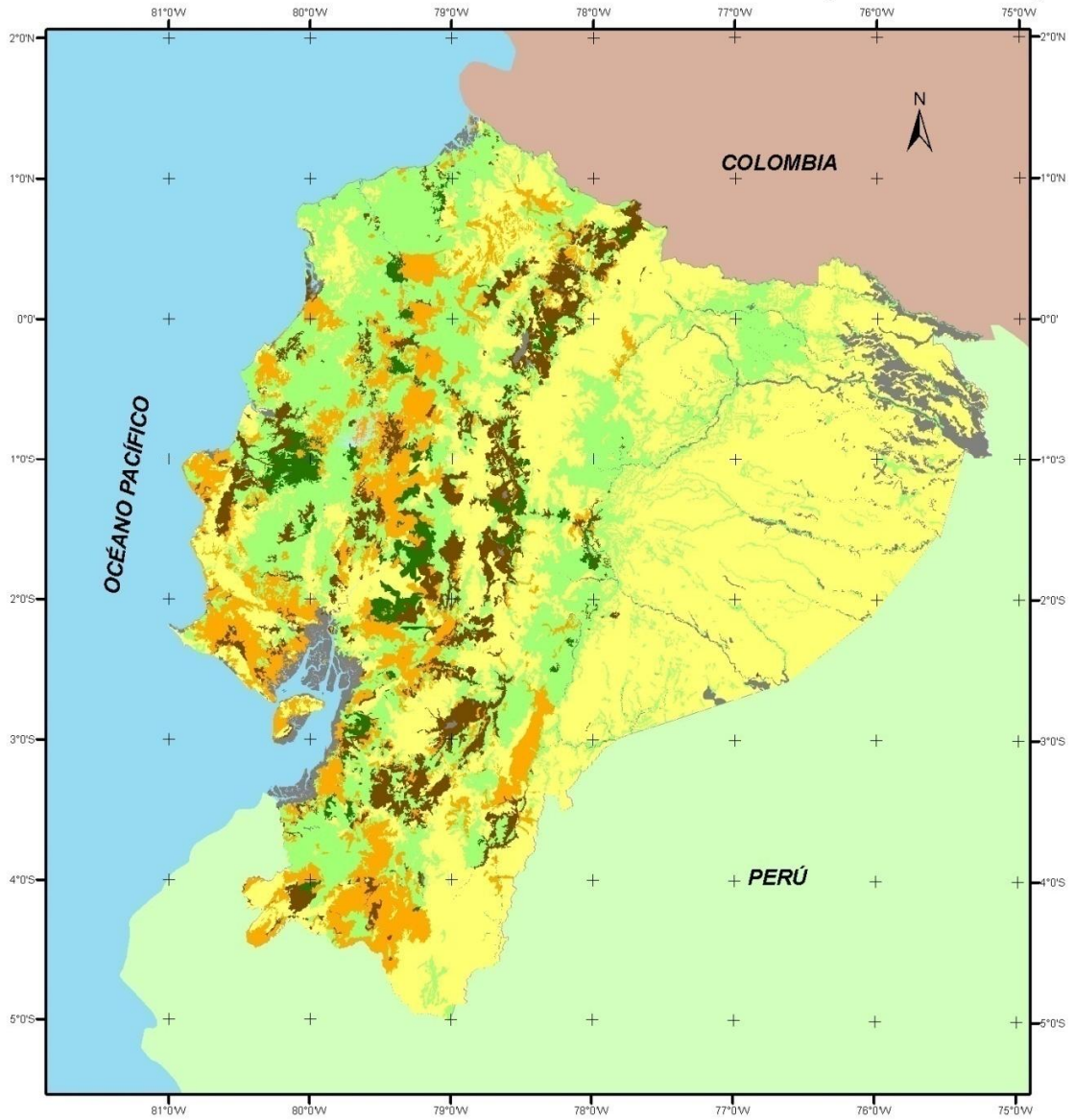
Sistema referido al Datum: PSAD 56

Información de la tabla asociada:

Campo	Descripción
USO	Descripción de las unidades espaciales, de acuerdo al cultivo.
PON_VEGE	Valor de la ponderación (ver cuadro N° 6).
CLASS_LITO	Valor determinado en base al análisis y a la reclasificación.

MAPA N° 3

SUSCEPTIBILIDAD DE FACTOR CONDICIONANTE: VEGETACIÓN (USO DEL SUELO)



Sistema de referencia PSAD 56, zona 17 Sur, proyección UTM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS PROYECTO: "Causas, efectos y riesgos por procesos morfodinámicos asociados al Cambio Climático en Ecuador"		
Contiene: Susceptibilidad del factor condicionante: Vegetación		
ELABORADO POR: Daniela Mallitasig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTE: UNAMA-CONADE/IFOPLAN 1996		
MAPA N° : 3	ESCALA TRABAJO: 1: 1'000.000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4'000.000	FECHA: Noviembre, 2010

3.4.4 Factor Precipitación

Debido a que es un factor condicionante que interacciona con el ámbito geológico y puede ocasionar desestabilización del terreno, para el análisis de esta variable se toma en cuenta intensidad de la precipitación de acuerdo con la manifestación de la misma, en las diferentes áreas del Ecuador. Es así que, una lluvia duración corta y de fuerte intensidad desencadenará numerosos derrumbes y deslizamientos superficiales, mientras que lluvias de intensidad moderada pero que persisten varias semanas son susceptibles de provocar los procesos antes mencionados pero en gran escala (Rivera M. 2006).

En consecuencia, el siguiente cuadro indica la reclasificación y valoración de las unidades espaciales de la cobertura fuente de isoyetas determinada para la presente disertación.

CUADRO Nº 12 CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: PRECIPITACIÓN (10%)

Hoja 1/1

UNIDADES ESPACIALES DE ACURDO A LA CANTIDAD PRECIPITACION mm/AÑO	MAX EN 24 HORAS	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
<500		1	0,70
500-750		2	1,30
750-1000			
>3000		3	2,00
2000-2500		4	2,70
2500-3000			
1000-1250	X	5	3,40
1250-1500	X		
1500-1750	X		
1750-2000	X		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

SIG- Reclasificación de la Precipitación

Nombre del mapa: Susceptibilidad del factor Condicionante: Precipitación.

Fuente original de datos: cobertura de isoyetas (formato vector) contenidos en el IFOPLAN (ver anexo N°1).

Año de la información: desconocido.

Escala de digitalización: desconocida.

Descripción:

Se reclasificó haciendo un análisis de la información de las isoyetas y de la intensidad pluviométrica de las unidades espaciales, como una de las variables tomadas en cuenta en la modificación del método de Dotor, a partir de la cobertura en formato vector de isoyetas.

Proyección: UTM

Zona: 17 Sur

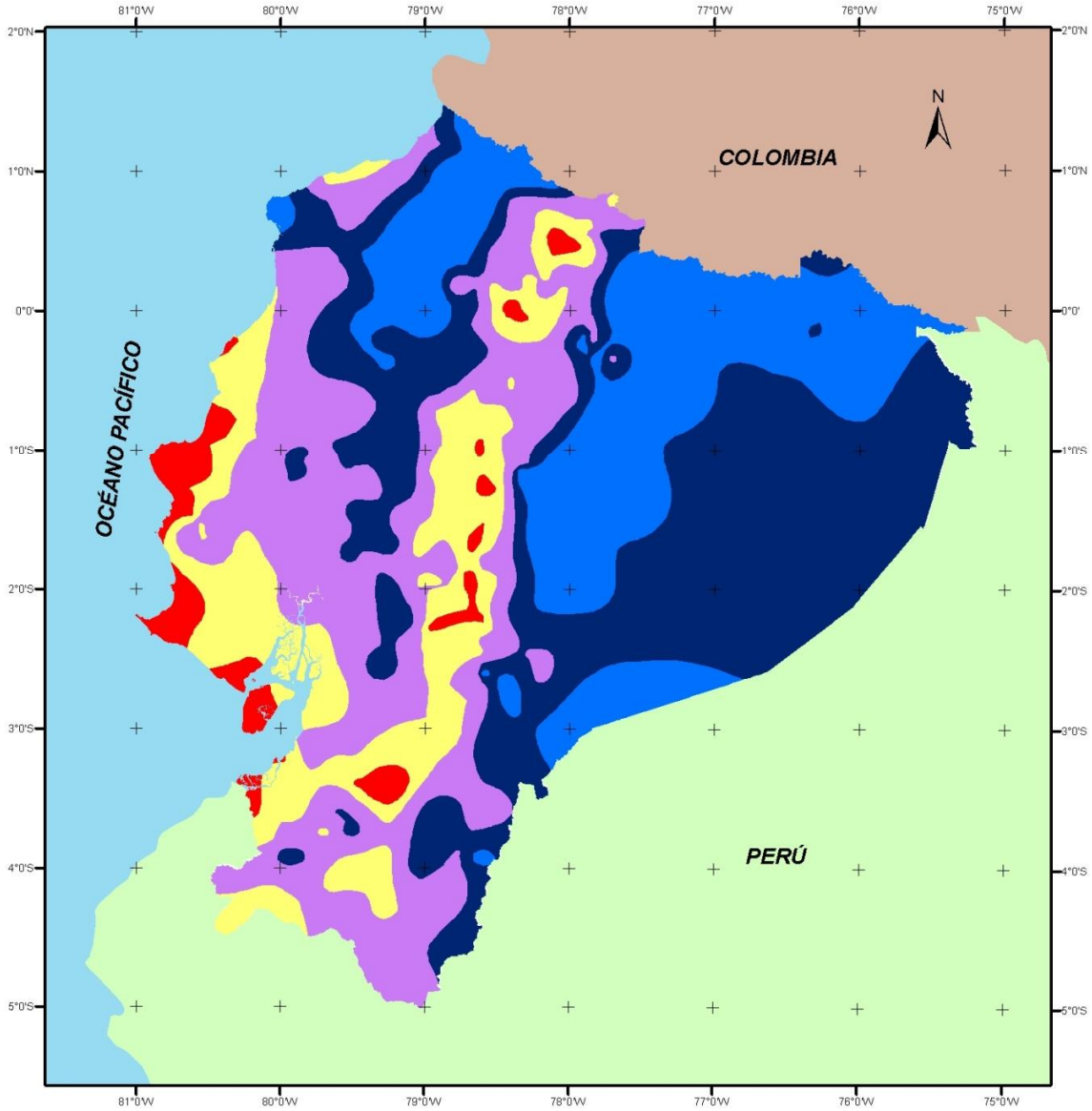
Sistema referido al Datum: PSAD 56

Información de la tabla asociada:

Campo	Descripción
PON_PRECIP	Valor de la ponderación (ver cuadro N°7).
CLASS_PREC	Valor determinado en base al análisis y a la reclasificación de las unidades espaciales de Isoyetas.
RANGO_PREC	Cantidad de precipitación en mm.

MAPA N° 4

SUSCEPTIBILIDAD DE FACTOR CONDICIONANTE: PRECIPITACIÓN



LEYENDA
Grado de susceptibilidad del factor condicionante: Precipitación

1		muy bajo
2		
3		
4		
5		muy alto



Sistema de referencia PSAD 56, zona 17 Sur, proyección UTM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS PROYECTO: "Causas, efectos y riesgos por procesos morfodinámicos asociados al Cambio Climático en Ecuador"		
Contiene: Susceptibilidad del factor condicionante: Precipitación		
ELABORADO POR: Daniela Mallitasig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTE: INFOPLAN		
MAPA N° : 4	ESCALA TRABAJO: 1: 1'000.000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4'000.000	FECHA: Noviembre, 2010

3.4.5 Factor Hidrográfico

El agua juega un rol importante en los procesos de derrumbes y deslizamientos, es por eso que al igual en el factor precipitación, la red hidrográfica influye sobre las diferentes áreas geológicas, ya que determinan un aumento en la probabilidad de derrumbes y deslizamientos, esto debido a que reducen la resistencia al corte de los materiales.

En el caso de esta variable, no se contó con información de la influencia de la red hidrográfica; es por ello que, para efectuar la clasificación de la densidad hídrica se realizó un proceso semiautomático con la ayuda de del software ArcGis para la reformulación de esta.

En base de la cobertura fuente de cuencas hidrográficas en el programa antes mencionado, se analizó la información de los polígonos de cada una de las cuencas hidrográficas, se calculó el área¹⁸; por otra parte, en la cobertura de ríos, igualmente se realizó un cálculo con la misma función indicada y se determinó el número de kilómetros de longitud para como resultado obtener la densidad hidrográfica (indicador) y se considero la siguiente fórmula:

Longitud de la sumatoria de la red hídrica / área de la cuenca hidrográfica

Longitud de la sumatoria de la red hídrica; es la cantidad de kilómetros lineales de la red hídrica.

Para determinar las clases se toma en cuenta la densidad hidrográfica (DH) resultante del cálculo para cada uno de los polígonos previamente establecidos, donde:

$$\begin{aligned} & (\text{Valor máximo DH} - \text{Valor mínimo DH}) / 5 \\ & = (31,80 - 0,30) / 5 \\ & = (31,50) / 5 \\ & = 6,30 \end{aligned}$$

¹⁸ Calculate geometry

CUADRO Nº 13 RANGOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD HÍDRICA

VALOR DE RANGO	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD
0,30- 6,60	1
6,61- 12,90	2
12,91- 19,20	3
19,21- 25,50	4
25,51- 31,80	5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En consecuencia, el cuadro que se presenta a continuación, es el resultado obtenido de esta cobertura es la siguiente:

CUADRO Nº 14 CUADRO RESUMEN DEL FACTOR CONDICIONANTE: DENSIDAD HIDROGRÁFICA (5%)

Hoja 1/3

CUENCA	ÁREA	LONGITUD	DENSIDAD HÍDRICA	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
05 Estero Vainilla	182,447	15,977	0,088	1	0,30
09 Río Verde	950,378	158,454	0,167		
20 Río Balzar	178,922	23,410	0,131		
23 Río Cuaque	683,765	114,868	0,168		
24 Estero Don Juan	177,278	21,652	0,122		
25 Río Jama	1345,576	175,332	0,130		
30 Río Portoviejo	2133,026	249,772	0,117		
32 Río Manta	361,039	50,102	0,139		
35 Río Bravo	325,641	35,315	0,108		
45 Río Grande	259,763	19,009	0,073		
46 Río Salado	341,050	27,913	0,082		
48 Río Zapotal	1034,494	81,932	0,079		
49 Estero del Morro	829,950	132,909	0,160		
50 Río Daular	1332,793	143,390	0,108		
51 Río Chongón	609,201	102,352	0,168		
52 Río Guayas	32221,635	5038,516	0,156		
53 Río Taura	1962,481	210,004	0,107		
54 Río Churute	467,565	69,326	0,148		
57 Río San Pablo	176,241	28,963	0,164		
63 Río Pagua	550,375	84,773	0,154		

CUENCA	AREA	LONGITUD	DENSIDAD HÍDRICA	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
64 Río Jubones	4361,705	689,038	0,158	1	0,30
67 Río Arenillas	669,597	69,731	0,104		
68 Río Zarumilla	812,366	99,283	0,122		
69 Río Puyango	3662,622	382,022	0,104		
70 Río Chira	7198,996	751,657	0,104		
71 Isla Puná	868,623	50,204	0,058		
73 Río Putumayo	5722,104	896,362	0,157		
74 Río Napo	59564,923	8969,857	0,151		
75 Río Tigre	8784,531	1154,032	0,131		
76 Río Pastaza	23193,138	3753,980	0,162		
77 Río Morona	6589,121	859,135	0,130		
78 Río Santiago	24953,162	3698,698	0,148		
79 Río Mayo	3144,158	324,221	0,103		
01 Río Carchi	368,745	100,632	0,273		
02 Río Mira	6561,000	1292,108	0,197		
03 Río Mataje	254,818	59,768	0,235		
04 Río Cayapas	6312,914	1121,212	0,178		
07 Río Ostiones	211,009	48,449	0,230		
08 Río Mate	192,915	40,634	0,211		
10 Río Calope	143,559	26,187	0,182		
11 Estero Camarones	64,527	13,159	0,204		
12 Río Esmeraldas	21687,089	5098,058	0,235		
13 Río Atacames	312,220	64,766	0,207		
15 Río Tonchigue	87,232	22,331	0,256		
18 Río Bunche	114,114	21,492	0,188		
19 Río Muisne	576,632	143,606	0,249		
21 Río Cojimíes	684,596	127,276	0,186		
22 Río Marcos	41,836	11,205	0,268		
27 Río Briseño	355,563	94,246	0,265		
28 Río Chone	2634,472	623,704	0,237		
29 Estero Pajonal	205,260	54,783	0,267		
34 Río Cañas	354,839	98,871	0,279		
38 Río Salaite	122,106	34,488	0,282		
39 Río Buenavista	351,597	69,671	0,198		
40 Río Ayampe	708,373	147,961	0,209		
42 Río Valdivia	164,530	36,820	0,224		
44 Río Javita	813,066	181,030	0,223		

CUENCA	AREA	LONGITUD	DENSIDAD HÍDRICA	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
47 Río La Seca	93,607	19,304	0,206	2	0,70
55 Río Cañar	2411,564	470,368	0,195		
56 Río Naranjal	570,065	138,450	0,243		
58 Río Jagua	444,646	90,248	0,203		
59 Río Balao	802,372	153,661	0,192		
60 Río Gala	532,217	93,323	0,175		
61 Río Tenguel	175,520	42,640	0,243		
62 Río Siete	146,557	29,391	0,201		
66 Río Santa Rosa	902,256	161,108	0,179		
06 Estero Lagarto	157,686	45,920	0,291	3	1,00
14 Río Súa	68,793	22,287	0,324		
17 Río San Francisco	103,243	30,989	0,300		
33 Río San Mateo	134,648	40,968	0,304		
36 Río Canta Gallo	65,924	20,368	0,309		
37 Río Jipijapa	253,927	76,707	0,302		
41 Río Manglaralto	132,388	45,872	0,346		
43 Río Viejo	141,250	40,884	0,289	4	1,30
26 Río Muchacho	374,797	157,481	0,420		
31 Río Jaramijó	166,214	67,066	0,403	5	1,70
16 Estero Galera	124,471	71,169	0,572		
65 Estero Guajabal	149,368	93,619	0,627		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Cabe recalcar que, al no existir un Mapa de cuencas jerarquizadas, la información presentada tiene una connotación limitada.

SIG- Reclasificación de la Densidad Hidrográfica

Nombre del mapa: Susceptibilidad del factor Condicionante: Densidad Hidrográfica.

Fuente original de datos: cobertura de cuencas hidrográficas (formato vector) del proyecto UNAMA-CONADE contenidos en el IFOPLAN y red hídrica IGM (ver anexo N°1).

Año de la información: 1996 y 2010 respectivamente.

Escala de digitalización: 1:250.000.

Descripción: Se reclasificó haciendo un análisis de la información de las cuencas hidrográficas del Ecuador y de la densidad de cada una de estas de las unidades espaciales mencionadas, esto debido a que es tomada en como una de las variables en la modificación del método de Dotor, a partir de la cobertura en formato vector de las cuencas hidrográficas y ríos dobles y simples a escala 1: 250.000.

Proyección: UTM

Zona: 17 Sur

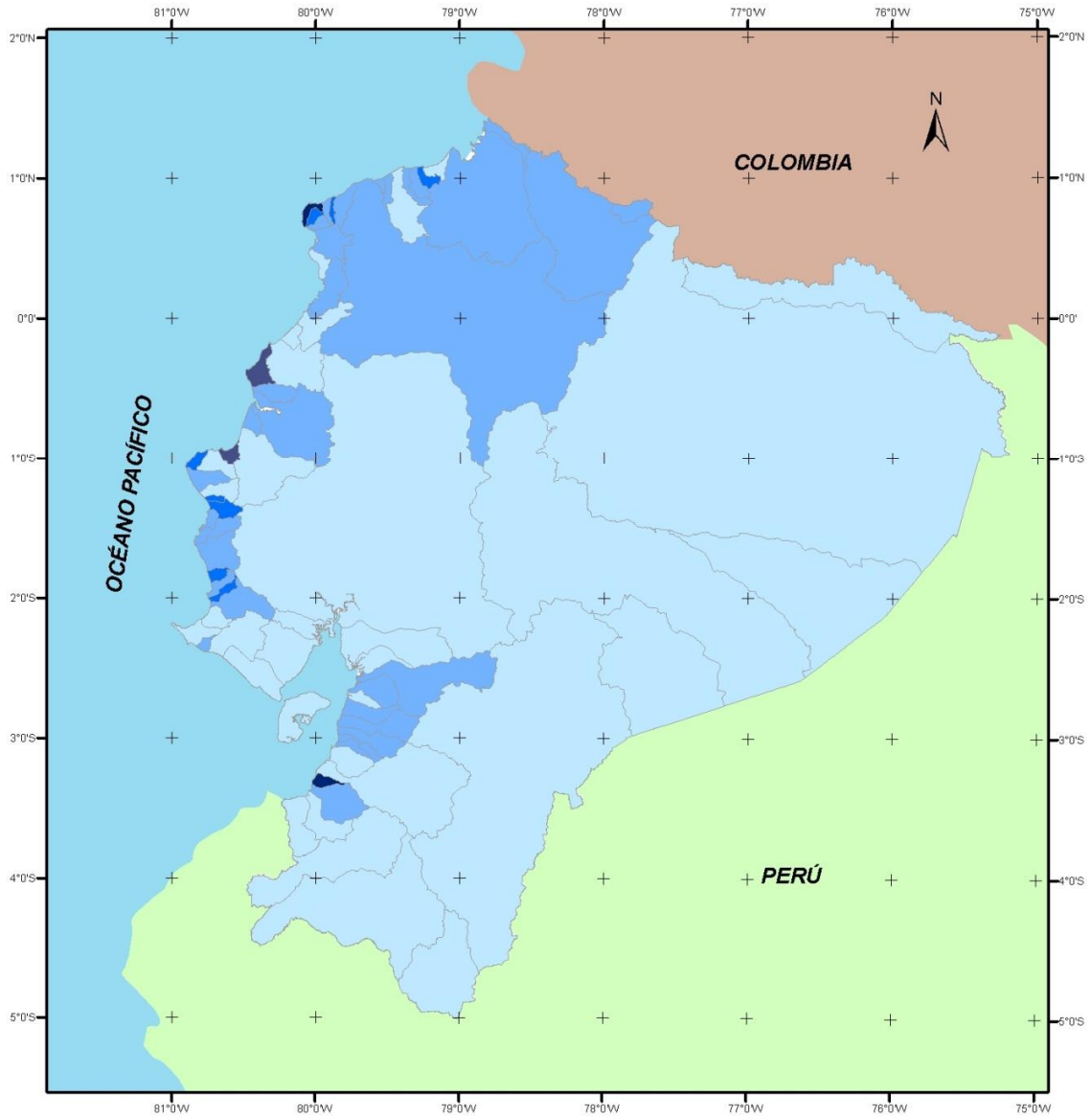
Sistema referido al Datum: PSAD 56

Información de la tabla asociada:

Campo	Descripción
CUENCA	Nombre de la Cuenca.
AREA	Área de la unidad espacial.
COD_POLIG	Número de la Cuenca hidrográfica.
LONG_	Longitud de la red hídrica de cada una de las unidades espaciales.
DENS_HIDRI	Cálculo de la longitud de la red hídrica en cada una de las espaciales.
CLASS_HIDR	Valor determinado en base al análisis y a la reclasificación de las unidades espaciales.
POND_HIDRI	Valor de la ponderación (ver cuadro N°8).

MAPA N° 5

SUSCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE: DENSIDAD HIDROGRÁFICA



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS PROYECTO: "Causas, efectos y riesgos por procesos morfodinámicos asociados al Cambio Climático en Ecuador"		
Contiene: Susceptibilidad del factor condicionante: Densidad Hidrográfica		
ELABORADO POR: Daniela Malltesig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTE: UNAMA-CONADE/ IFOPLAN 1996 IGM 2010		
MAPA N° : 5	ESCALA TRABAJO: 1: 1'000.000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4'000.000	FECHA: Noviembre, 2010

3.4.6 Susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos

El mapa de susceptibilidad en este caso nos da una visión general del aspecto natural que tienen determinadas áreas para sufrir procesos de derrumbes y deslizamientos, este mapa como muchos otros mapas temáticos se convierte en uno de los elementos de análisis para la posterior identificación de las zonas más propensas a sufrir derrumbes y deslizamientos.

El mapeo de la susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador continental fue el resultado de todo el proceso descrito en el análisis de los cinco factores condicionantes (pendiente, litología, vegetación, precipitación, densidad hidrográfica); se realizó la integración de dichos factores mediante un proceso semiautomático¹⁹ en el software ArcGis.

La formula básica para obtener la ponderación de la susceptibilidad en cada una de las unidades espaciales resultantes del proceso semiautomático en el software antes indicado es la siguiente:

$$PtS = \sum P \text{ Variables}$$

$$PtS = P pD + P L + P V + P pC + P DH$$

Donde:

PtS= Ponderación total de la susceptibilidad

P= Ponderación

pD= Pendiente

L= Litología

V= Cobertura Vegetal (usos del suelo)

pC= Precipitación

DH= Densidad Hídrica

¹⁹ Spatial Union

El resultado de este procedimiento son valores de la sumatoria de las ponderaciones de las cinco variables tomadas en cuenta en el método de Dotor (modificado), en cada una de las unidades espaciales; así mismo, el análisis estadístico nos proporcionó los rangos de distribución de estos valores para consecuentemente determinar las clases de susceptibilidad.

En establecimiento de los rangos se usa los valores de la ponderación total de susceptibilidad y los valores son los siguientes:

$$(\text{Valor máximo PtS} - \text{Valor mínimo PtS})/5$$

$$=(30,70 - 0,70)/5$$

$$=30/5$$

$$=6$$

CUADRO N° 15 RANGO DE LOS VALORES DE LA PONDERACIÓN TOTAL DE LA SUSCEPTIBILIDAD

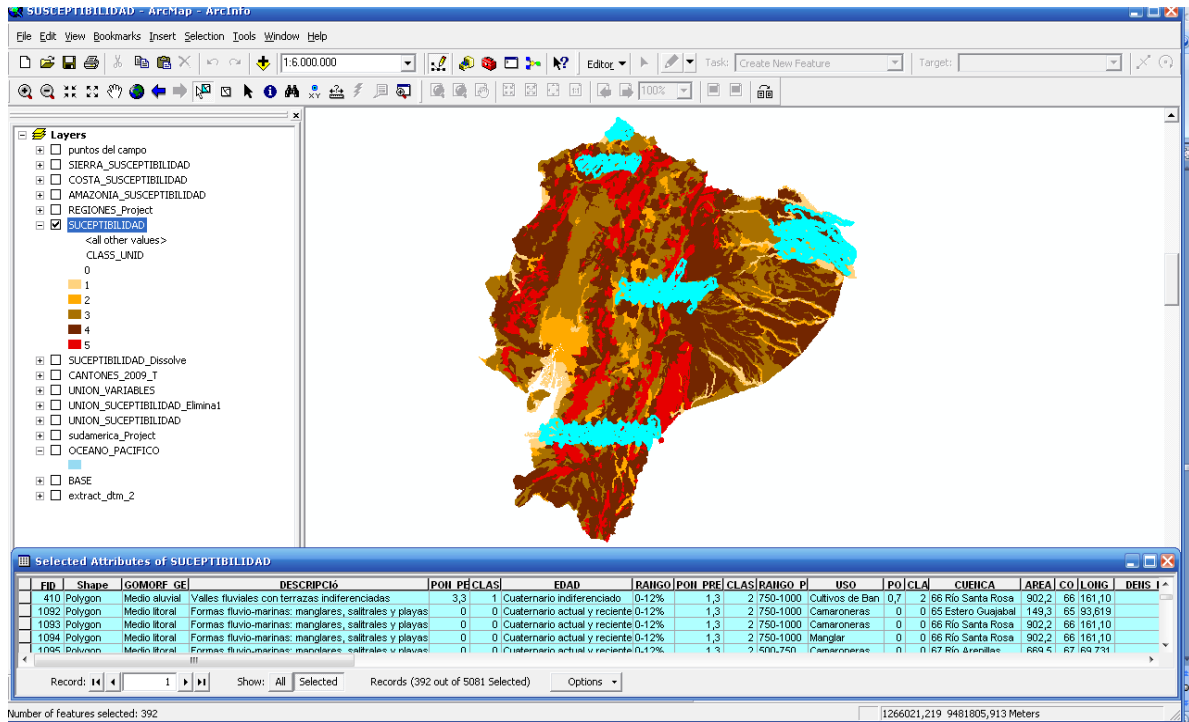
VALOR DE RANGO	CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD
0,70- 6,70	1
6,71- 12,70	2
12,71- 18,70	3
18,71- 24,70	4
24,71- 30,70	5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En consecuencia, los valores que estén dentro de cada rango se establecerán en su respectiva clase de susceptibilidad.

Por otra parte, debido a que la tabla asociada de la cobertura geográfica de susceptibilidad cuenta con más de cinco mil unidades cartografiadas, se ha tomado un total de 37 unidades para ejemplificar la tabla asociada de dicha cobertura (ver anexo N°3).

GRÁFICO Nº 5 EJEMPLO DE LA TABLA ASOCIADA DE LA COBERTURA DE SUCEPTIBILIDAD



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

SIG- Susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos

Nombre del mapa: Susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador Continental.

Fuente original de datos: elaboración propia

Año de la información: 2010.

Escala: 1:1.000.000.

Descripción: Este mapa es el resultado del análisis dentro de la aplicación de la metodología puesta en consideración, en la presente disertación de grado; es decir, es la conjunción de los cinco factores condicionantes.

Proyección: UTM

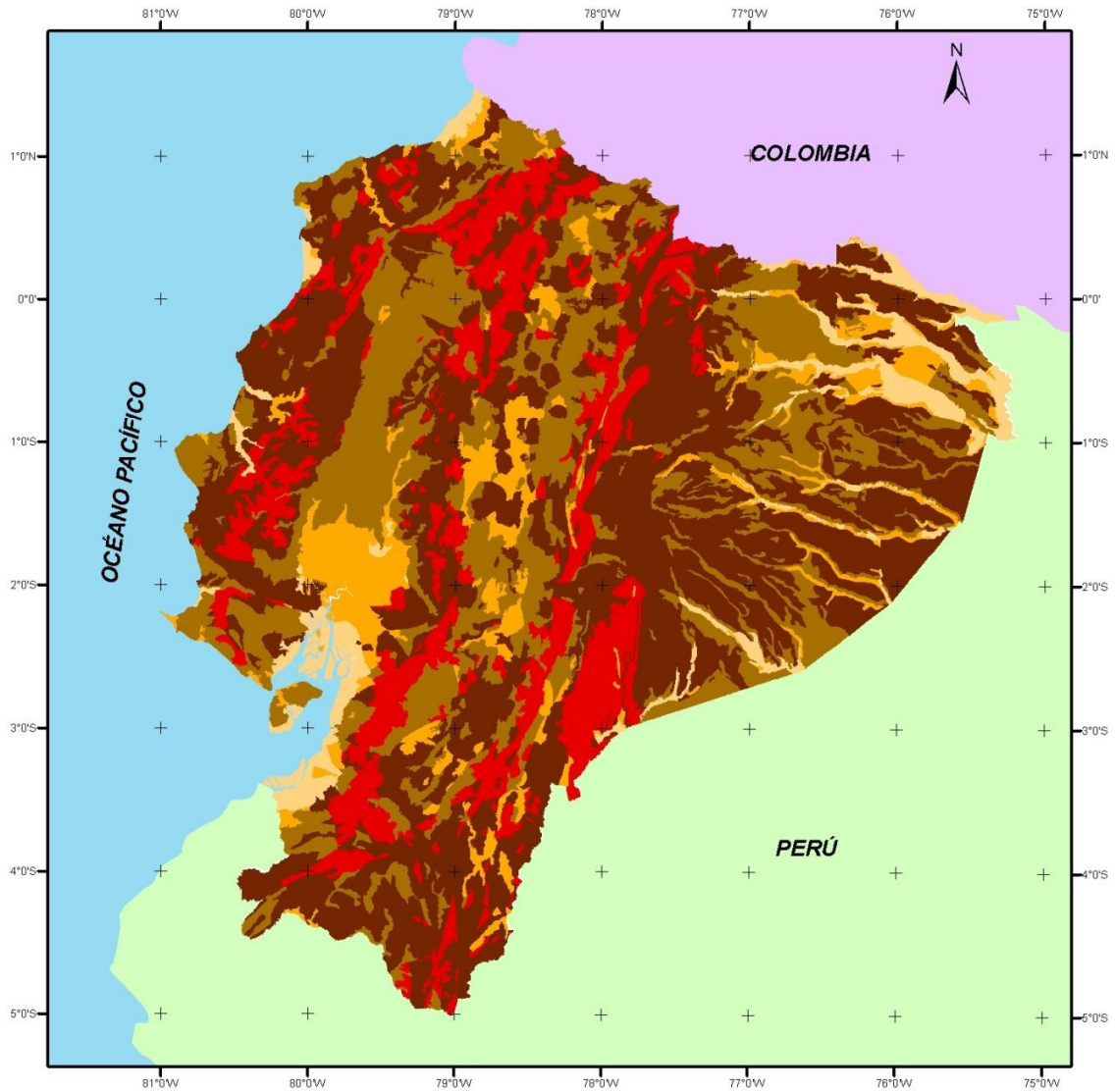
Zona: 17 Sur

Sistema referido al Datum: PSAD 56

Información de la tabla asociada: la tabla contiene determinación del grado de susceptibilidad en base del cruce de la información de todos los campos descritos en cada uno de los factores condicionantes.

MAPA N° 6

SUSCEPTIBILIDAD DE DERRUMBES Y DESLIZAMINENTOS EN EL ECUADOR CONTINENTAL



Sistema de referencia PSAD 56, zona 17 Sur, proyección UTM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS PROYECTO: "Causas, efectos y riesgos por procesos morfolodinámicos asociados al Cambio Climático en Ecuador"		
Contiene: Susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador Continental		
ELABORADO POR: Daniela Mallitasig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTES: Elaboración propia		
MAPA N° : 6	ESCALA TRABAJO: 1: 1' 000.000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4' 000.000	FECHA: Noviembre, 2010

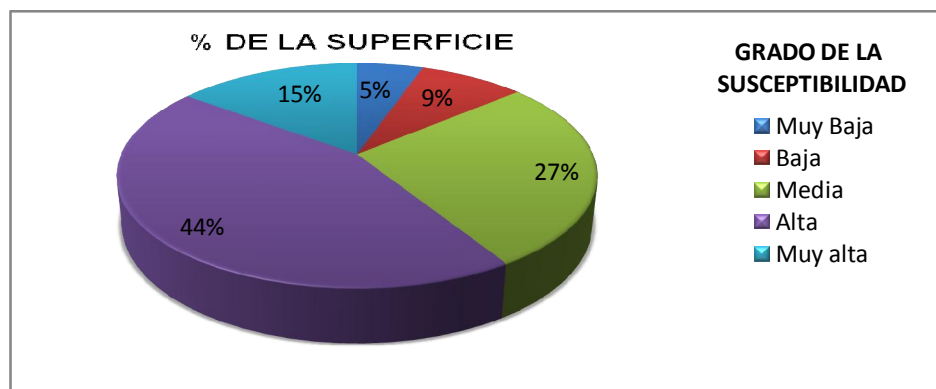
3.4.7 Análisis del mapa de susceptibilidad

Para el análisis de los datos de la Costa, Sierra y Amazonia, en el presente estudio se ha realizado una regionalización natural en concordancia con la geomorfología de las unidades, esto debido a que la cartografía base de distintas fuentes de las regiones naturales del Ecuador, son determinadas de acuerdo a la división político administrativa del país (ver anexo N° 4).

Como se demuestra en el Mapa de susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador Continental, la susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos está determinada por los factores condicionantes y a nivel nacional el grado de susceptibilidad (ver cuadro N°3) están distribuidas de la siguiente manera:

- A nivel nacional:

Gráfico N° 6 PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE TOTAL DEL ECUADOR



FUENTE: ELABORACION PROPIA

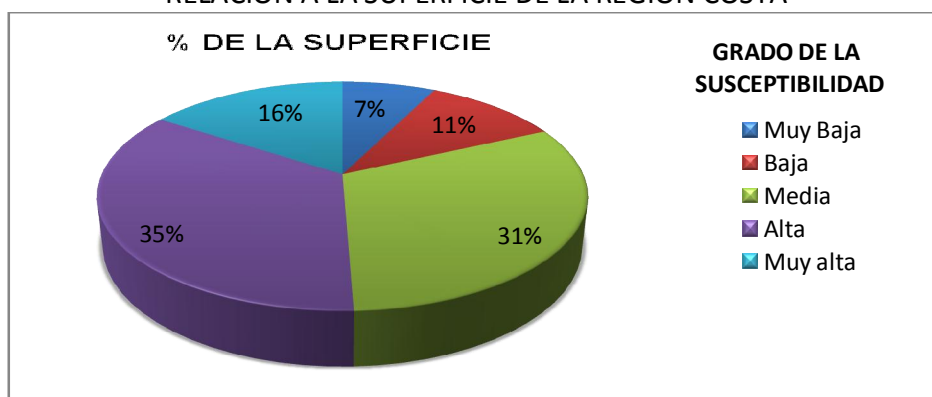
A nivel nacional como podemos observar en el gráfico N° 6, la mayor área del país está sujeta a un grado de susceptibilidad alta; mientras que para el grado de susceptibilidad muy alta es del 15% ubicados en los relieves de las tres regiones naturales; para el grado de susceptibilidad muy baja tenemos el 5% de la superficie del país, estos principalmente ubicados en los valles fluviales de la Amazonia y las formas fluviomarinas de la Costa. Sin embargo, esta es

tan solo la ubicación a groso modo de la susceptibilidad, ya que como se ha explicado, en este estudio se toma las cinco variables como parte de los factores condicionantes en la aplicación del método de Dotor (modificado).

Por otra parte, a nivel de las tres regiones naturales, los porcentajes de cada clase están distribuidos como se presenta en los siguientes gráficos:

- Costa:

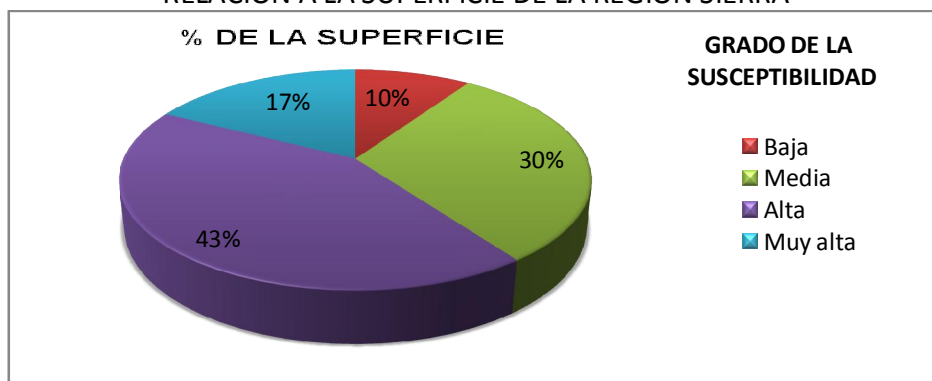
GRÁFICO N° 7 PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN COSTA



FUENTE: ELABORACION PROPIA

- Sierra:

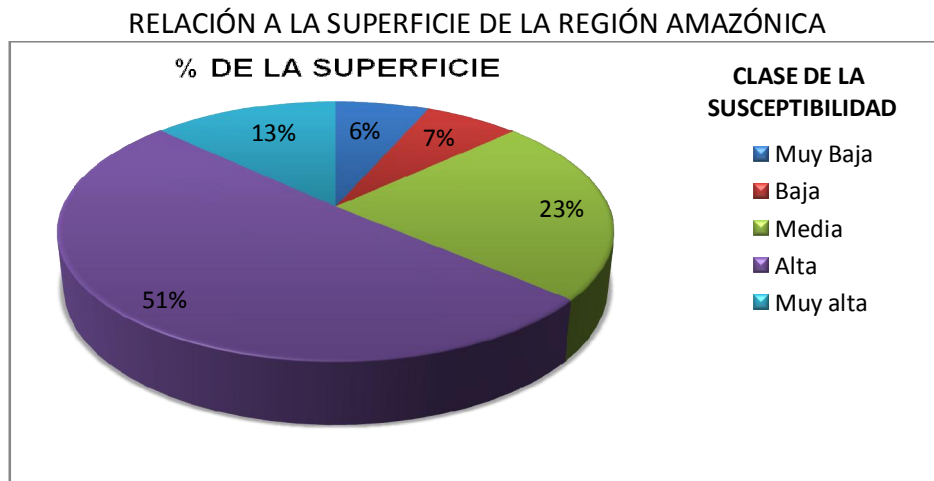
GRÁFICO N° 8 PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN SIERRA



FUENTE: ELABORACION PROPIA

- Amazonia:

GRÁFICO N° 9 PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE CADA CLASE DE SUSCEPTIBILIDAD CON



FUENTE: ELABORACION PROPIA

Como ya se ha señalado en la descripción a nivel nacional, en cada región natural, la distribución del grado de susceptibilidad con respecto al porcentaje de la superficie que esta ocupa, mantiene la misma tendencia; es decir, para las tres regiones la mayoría de su superficie tiene un grado de susceptibilidad alta; mientras que el grado de susceptibilidad muy bajo representa el menor porcentaje de superficie, no obstante, en la región Sierra no existe presencia este grado de susceptibilidad; para el grado de susceptibilidad muy alta la superficie que representa es del 15% en promedio.

Fase II.- Procesamiento de datos de eventos ocurridos e interpretados por diferentes autores y particularmente en los años 1988-1998 y 2010 contestando a las interrogantes de ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Cuales son efectos?

Para realizar la transformación del mapa de susceptibilidad al mapa de Peligros a derrumbes y Deslizamientos, se requiere disponer de la información que demuestre la ocurrencia de estos procesos en tiempos pasados, que para el caso del Ecuador se ha tomado en cuenta los datos que se recogen en la obra *“Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador los desastres un reto para el desarrollo”* en el período de 1988-1998 (D^oERCOLE 2003), donde se muestra el número de eventos ocurridos en base de la división político administrativa del Ecuador, proporcionando datos a nivel provincial (ver gráfico N°2) presentando el siguiente cuadro resumen:

CUADRO N° 16 EVENTOS MORFODINÁMICOS OCURRIDOS 1988-1998

Hoja 1/2

NOMBRE DE LA PROVINCIA	Nº DE EVENTOS
CAÑAR	0-10
CARCHI	
COTOPAXI	
EL ORO	
IMBABURA	
LOS RIOS	
MORONA SANTIAGO	
NAPO	
ORELLANA	
PASTAZA	
SUCUMBIOS	
TUNGURAHUA	
AZUAY	
BOLIVAR	
CHIMBORAZO	
ESMERALDAS	

Hoja 2/2

NOMBRE DE LA PROVINCIA	Nº DE EVENTOS
GUAYAS	10-20
LOJA	
SANTA ELENA	
ZAMORA CHINCHIPE	
PICHINCHA	20-30
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	30-45
MANABÍ	

FUENTE: D'ERCOLE, 2003

ELABORACIÓN PROPIA

Los datos tomados de del Proyecto la RED, usando DesInventar; donde, Zevallos (1999) indica los eventos ocurridos a nivel regional, señala que en el período de 1998 a 1998 en la Costa ocurrieron 86 eventos, en la Sierra 91 eventos y en la Amazonia 23, obteniendo como resultado 200 eventos ocurridos en este período (ver gráfico N° 3).

Por otra parte dentro del marco del el Proyecto de investigación òCausas, efectos y riesgos por procesos morfodinámicos asociados al cambio climático en el Ecuadorö, se realizo observaciones de campo entre junio y agosto de 2010, a lo largo de las siguientes vías de comunicación principales y secundarias:

- Quito-Ibarra-San Lorenzo-Esmeraldas-Quinindé-S.M. de los Bancos ó Quito
- Quito-Sto. DomingoóQuevedo-La Mana-Latacunga-Quito; Quito-Riobamba-Cuenca-Nabón ó Loja
- Loja -Yangana, Amaluza, Cariamanga, Macara, Zapotillo, Alamor, Marcabelí, Santa Rosa ó Machala
- MachalaóNaranjal-Cuenca-Riobamba
- Riobamba-Guaranda-Caluma-Ventanas-Quinsaloma-El Corazón, Latacunga
- Quito-Riobamba-Pallatanga-Milagro-Guayaquil ó Quito

En estos recorridos se identificaron sitios donde se aprecian los movimientos en masa clasificándolos en deslizamientos y derrumbes, por el volumen de materiales desplazados (grandes $> 10\text{m}^3$ y pequeños $< 10\text{m}^3$) y por las obras de estabilización actuales y antiguas, todos estos pueden ser considerados como sitios de frecuente y mayor impacto negativo.

De un total de 1379 puntos de observación, 364 puntos son pertinentes para el análisis de esta Fase del estudio (ver anexo N° 5).

Se realizó el procesamiento de la información, mediante la incorporación de los datos observados al Sistema de Información Geográfica, mediante la sobreposición y la ejecución de un proceso semiautomático²⁰.

Cabe aclarar que, la cobertura de observaciones es restringida para la región Costera y Amazónica, debido a que el tipo de trabajo demanda de más tiempo del que fue asignado.

FASE III.- Generación del mapa de peligros de derrumbes y deslizamientos (zonificación) a nivel nacional.

Como ya se ha explicado anteriormente, el peligro surge de la combinación de los factores naturales y la probabilidad de ocurrencia de un proceso de riesgo, es así que para los procesos de derrumbes y deslizamientos se analiza la susceptibilidad y los eventos ocurridos (ver cuadro N°1).

Las definiciones y conceptos nos dan la pauta para considerar la comparación de los datos geográficos pertinentes en este tema.

Los datos que reflejan el análisis de los puntos de observación de campo y su relación con la susceptibilidad a procesos de derrumbes y deslizamientos nos demuestran lo siguiente:

- El 27%, se encuentran en las zonas de susceptibilidad muy alta
- El 45% de los puntos obtenidos están dentro de las zonas de susceptibilidad alta
- El 20%, en las zonas de susceptibilidad media

²⁰ Spatial Join, permite obtener el dato del punto en la clase de susceptibilidad.

- El 8%, se ubican en las zonas de susceptibilidad baja y finalmente
- No existen puntos de observación de campo en las zonas de susceptibilidad Muy baja

Por otra parte, dentro del análisis de D'Ercole (2003) se ha tomado como ejemplo las provincias de Azuay, Cañar, Loja y Pichincha para la comparación de los eventos ocurridos (de otra fuente y enfoque) indicando lo siguiente:

CUADRO Nº 17 COMPARACIÓN DE LOS EVENTOS OCURRIDOS

Nombre de la Provincia	Nº de Eventos (D'Ercole)	Clase (D'Ercole)	% de Puntos de Observación de Campo (2010)
Azuay	20-30	3	10
Pichincha			7
Loja	10-20	2	30
Cañar	0-10	1	4

FUENTE: D'ERCOLE, 2003. ZAVGORODNIAYA, 2010

ELABORACIÓN PROPIA

Las coincidencias existentes entre en las áreas de susceptibilidad y eventos ocurridos nos permiten extrapolar la información cartográfica para tener como resultado el mapa de peligros de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador Continental.

Se establece el grado de peligro de acuerdo al siguiente cuadro:

CUADRO Nº 18 CLASE/GRADO DE PELIGRO

Peligro	Clase/Grado
Muy Bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy Alto	5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Debido a la escala del trabajo fue pertinente que, en la generación del Mapa de Peligros, se realice la edición cartográfica, para obtener unidades agrupadas y concordantes con los requisitos expuestos. Esta edición consistió en aplicar procedimientos para la corrección de errores topológicos y ajustar los elementos entre sí, esto se llevó a cabo mediante los siguientes procesos:

- Paso de la topología, este proceso sirve y nos ayuda para que los elementos de una cobertura determinada estén correlacionados y no existan errores topológicos que puedan ocasionar un desfase en la información y consecuentemente en los resultados requeridos.

Tal como es este caso, donde la sobreposición de los mapas temáticos y las coberturas digitales exigen un rango mínimo de error, ya que si no fuera así, correríamos el riesgo de obtener áreas donde la Susceptibilidad y por consiguiente el Peligro, no sean apreciadas.

- Para la agrupación de las unidades de similares características, mediante el software ArcGis se realizó tres procesos semiautomáticos.

En una primera fase se realizó un *öelimateö* de las áreas de cada una de las unidades espaciales obtenidas menores a 1km^2 , las mismas que de una manera virtual pasan a conformar parte del área contigua a la misma

Para contar con un suavizado acorde a la escala de trabajo, se toma la decisión de usar la herramienta *ösmooth polygonö*, donde se estable una tolerancia a de 5 y 10 km, dependiendo del análisis de las unidades en cuestión.

Finalmente, para obtener grandes grupos heterogéneos del Grado de Peligro de Derrumbes y Deslizamientos se realizo un *ödisolveö*.

En consecuencia, a partir de la metodología seleccionada, del análisis de la información analítico y del procesamiento cartográfico tenemos como resultado el Mapa de Peligros de derrumbes y deslizamientos.

SIG- Peligro de derrumbes y deslizamientos

Nombre del mapa: Peligro de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador Continental.

Fuente original de datos: elaboración propia

Año de la información: 2010

Escala: 1:1.000.000.

Descripción: El Mapa de Peligro de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador Continental, es el resultado del análisis de la Susceptibilidad y los eventos ocurridos en el período de tiempo 1988-1998 y 2010.

Proyección: UTM

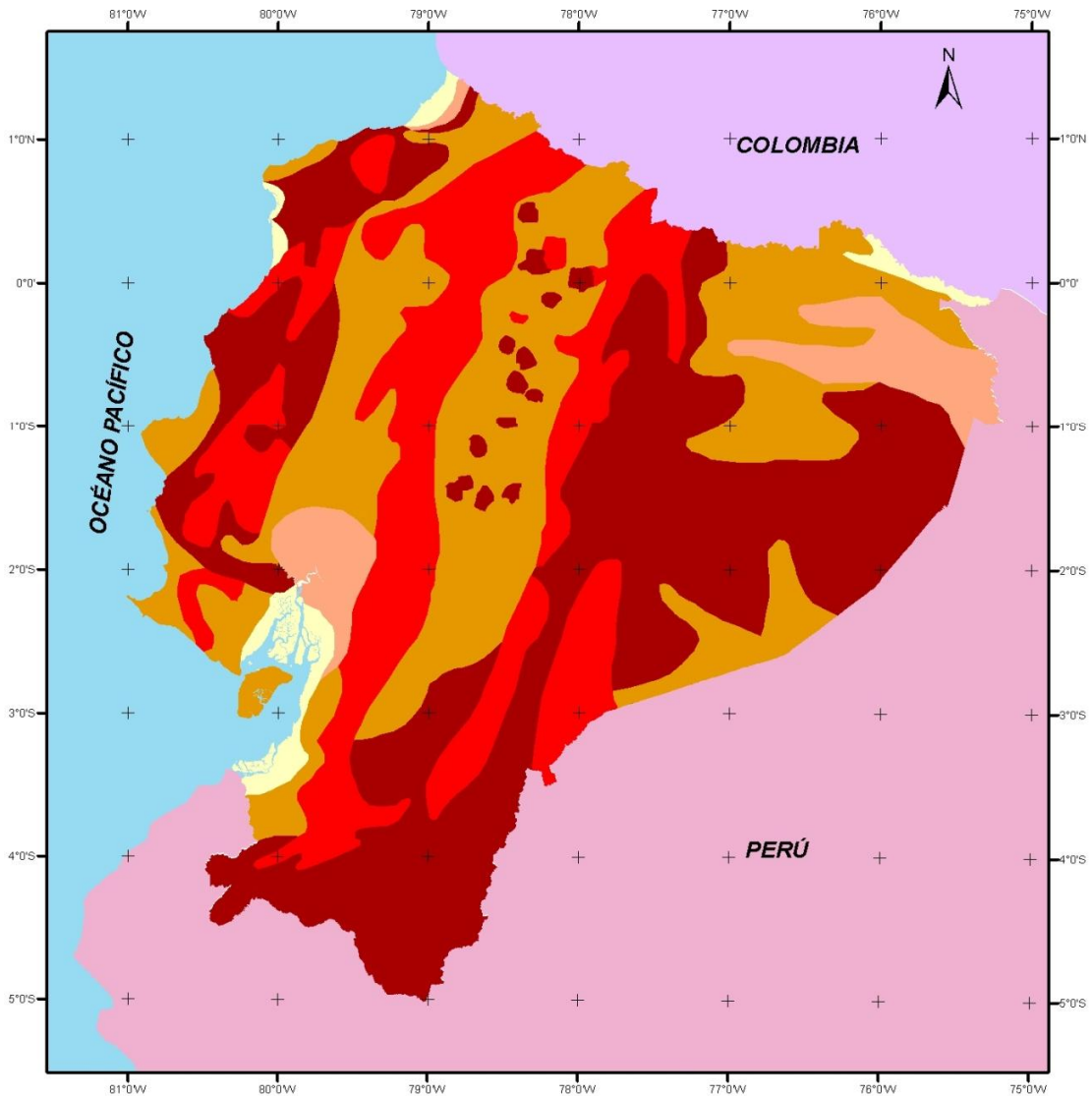
Zona: 17 Sur

Sistema referido al Datum: PSAD 56

Información de la tabla asociada: la tabla contiene determinación del grado de peligro establecido en cinco grados: muy bajo, bajo, medio, alto u muy alto.

MAPA N° 7

PELIGRO DE DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS EN EL ECUADOR CONTINENTAL



Sistema de referencia PSAD 56, zona 17 Sur, proyección UTM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS PROYECTO: "Causas, efectos y riesgos por procesos morfológicos asociados al Cambio Climático en Ecuador"		
Contiene: Peligro de derrumbes y deslizamientos en el Ecuador Continental		
ELABORADO POR: Daniela Mallitasig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTES: Elaboración propia		
MAPA N° : 7	ESCALA TRABAJO: 1: 1'000,000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4'000,000	FECHA: Noviembre, 2010

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS INTERPRETATIVO REGIONAL DE PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES EN ECUADOR

4.1 Incidencia de los factores condicionantes

Estos factores son los que determinan la susceptibilidad que en muchos casos y de acuerdo con las características específicas para cada área, se convierten en el peligro de derrumbes y deslizamientos.

A lo largo del presente estudio y más aun dentro del marco metodológico, se han establecido los procesos para ir identificando los elementos que intervienen en el análisis de los procesos de derrumbes y deslizamientos (ver cuadro N°1), es así que, los factores condicionantes (aspecto natural) son decisivos para estudiar y entender los procesos de derrumbes y deslizamientos, los mismos que están directamente relacionados con las interacciones naturales de un determinado sitio.

De acuerdo con los resultados obtenidos y después de realizar el análisis estadístico tenemos que:

Pendiente, la susceptibilidad muy alta y alta están presente en el 20 y el 15% respectivamente en el territorio nacional, la susceptibilidad media esta presente en el 16% del territorio, mientras que la susceptibilidad baja y muy baja representan entre el 26 y el 19% respectivamente de la superficie del área en estudio. Cabe anotar que para el análisis y posterior clasificación de este factor, existen unidades espaciales (ver cuadro N° 9) que no aplican dentro de la metodología usada por ello se las encasillo en grado 0 lo que representa el 4% del Ecuador continental.

Litología, la ubicación de la susceptibilidad muy alta y alta representan el 20 y 25% respectivamente, la susceptibilidad media el 23 % y la susceptibilidad baja y muy baja están presente en el 20 y 3% respectivamente del territorio nacional continental. Al igual que en el caso anteriormente descrito, hay unidades espaciales de litología que no aplican (ver cuadro N° 10) y éstas representan el 11%.

Cobertura Vegetal, la representación en el Ecuador continental de la susceptibilidad muy alta y alta es del 7 y 2% respectivamente, la susceptibilidad media es del 26% y la susceptibilidad baja y muy baja es del 11 y 50% respectivamente. En cuanto a este factor, existen unidades que no aplican, las mismas que representan el 4% del territorio (ver cuadro N° 11).

Precipitación, la susceptibilidad muy alta y alta están presentes en el 26 y 33% respectivamente, la susceptibilidad media en el 22% del territorio y la susceptibilidad baja y muy baja en el 15 y 3% respectivamente.

Densidad Hidrográfica, el conjunto de la susceptibilidad muy alta, alta y media representan el 1% del territorio, la susceptibilidad baja se manifiesta en el 20% de la superficie y la susceptibilidad muy baja está presente en el 79% del territorio.

4.2 Zonas de susceptibilidad vs los eventos ocurridos

La extrapolación que permitió la generación del Mapa de Peligros de derrumbes y deslizamientos (ver mapa N° 7) nos indica que; los datos que reflejan los puntos de observación de campo (2010), tal como se describe en la Fase III, y por otro lado el estudio de Robert D'Ercole (2003) las áreas señaladas respectivamente, son muy propensas a sufrir los procesos antes indicados. Además, la verificación de campo (restringida) nos permite tener un panorama de ocurrencia de los fenómenos en cuestión, ya que en efecto, el análisis cartográfico en los dos casos nos permite aseverar que los eventos ocurridos se ubican en las zonas de mayor susceptibilidad.

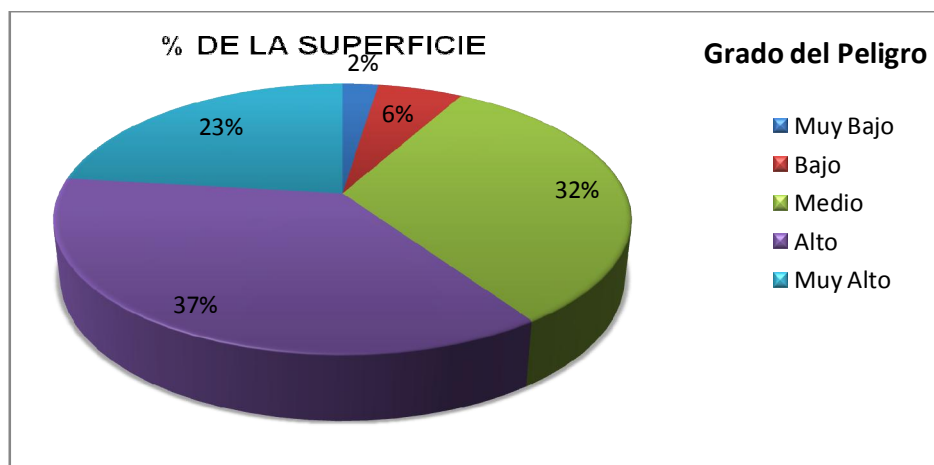
4.3 Comparación de los datos y unidades mapeadas entre Costa, Sierra y Amazonia

Al igual que para el análisis del Mapa de susceptibilidad a derrumbes y deslizamientos (3.4.7), para la comparación de los datos y las unidades mapeadas entre la Costa, Sierra y Amazonia se toma en cuenta la regionalización en base de la geomorfología del Ecuador continental (ver anexo N° 4).

Dentro del marco conceptual se ha citado al peligro de derrumbes y deslizamientos, el mismo que está sujeto a la probabilidad de ocurrencia de estos procesos en base de los factores condicionantes y los eventos ocurridos principalmente los últimos años. Es así que las unidades cartografiadas nos demuestran que el peligro a derrumbes y deslizamientos en el Ecuador continental están distribuidos de la siguiente manera:

- A nivel nacional:

GRÁFICO N° 10 PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE TOTAL DEL ECUADOR

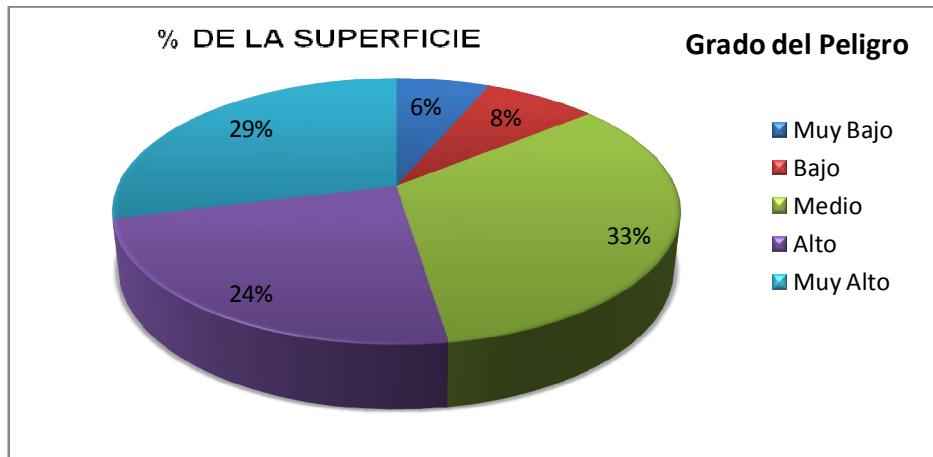


FUENTE: ELABORACION PROPIA

El Peligro Alto y Muy alto representa el 60% del territorio nacional.

- Costa:

GRÁFICO N° 11 PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN COSTA

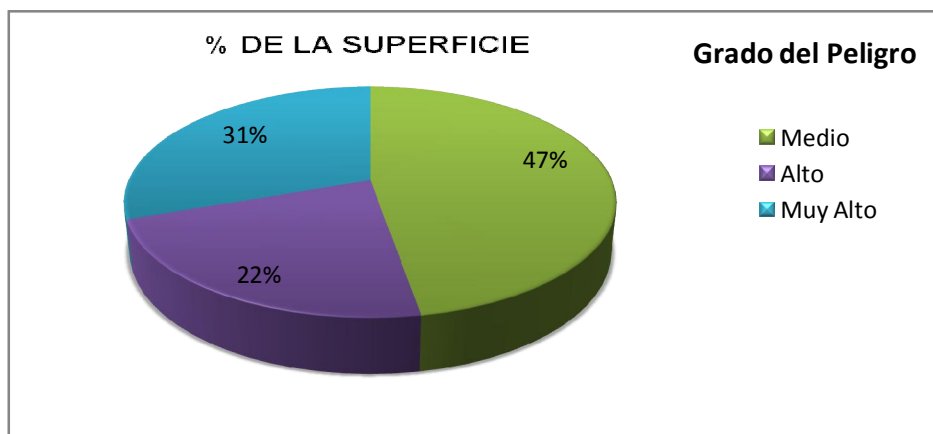


FUENTE: ELABORACION PROPIA

La región Costa esta expuesta casi de manera uniforme a peligro Medio, Alto y Muy alto, con una importante incidencia de la pendiente y del uso del suelo.

- Sierra:

GRÁFICO N° 12 PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN SIERRA

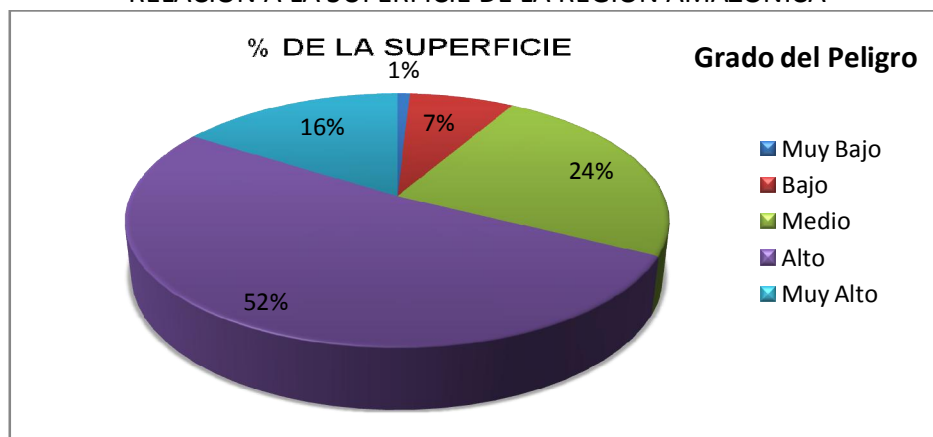


FUENTE: ELABORACION PROPIA

La Sierra, evidentemente está expuesta a un peligro mayor, principalmente por los altos grados de susceptibilidad por la pendiente y las precipitaciones.

- Amazonia:

GRÁFICO N° 13 PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO CON RELACIÓN A LA SUPERFICIE DE LA REGIÓN AMAZÓNICA



FUENTE: ELABORACION PROPIA

En la región Amazónica, más del 50% del territorio demuestra un alto grado de peligro, especialmente al proceso de deslizamientos relacionados con las condiciones hidrogeológicas (presencia de arcillas impermeables y altas precipitaciones).

4.4 Zonas de peligro vs factores desencadenantes

Dentro del esquema general del análisis (ver cuadro N° 1) tenemos tres factores desencadenantes, los mismos que son descritos a continuación.

Acciones Antrópicas, la incidencia de estos procesos por acciones humanas están estrechamente ligadas a las actividades relacionadas con el progreso socioeconómico de la sociedad, es decir la intensidad, frecuencia y la ocurrencia dependerán de cuan desarrollada sea la técnica, ya que los derrumbes y deslizamientos dentro de este factor se dan principalmente en los cortes para la construcción de sistemas viales y de otras infraestructuras.

No se puede dejar de lado el uso del suelo, ya que este también constituye un factor importante para la ocurrencia de los procesos morfodinámicos, tal es el caso de la región Costa y la provincia de Loja en la Sierra.

Sismos, son la liberación de energía en el interior de la tierra, manifestadas en ondas que se propagan por la corteza terrestre.

También la actividad eruptiva volcánica tienen un gran impacto ya que dan paso a un sin número de derrumbes y deslizamientos por factores desencadenantes, estos se manifiestan en tiempos dispersos y cuando se presentan pueden ser causantes de movimientos en masa impredecibles en su magnitud.

Finalmente el *cambio climático*, el tema es complejo, en el Ecuador, particularmente el Ministerio del Ambiente a través de su Dirección de Cambio Climático, así como la PUCE, han realizado varios eventos de carácter informativo sobre el tema, pero hasta el presente (a excepción de la vigilancia del Fenómeno de El Niño que coordina El Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño - CIFFEN e INOCAR y sobre el deshielo de los glaciares que lleva IRD) nadie ha presentado una ponencia sobre la investigación relacionada con los riesgos morfodinámicos y los posibles impactos del Cambio Climático sobre los procesos involucrados²¹.

El cambio climático y particularmente las modificaciones de los valores normales de precipitaciones (reducción o aumento y variabilidad interanual), pueden producir más movimientos en masa que los pronosticados mediante modelos probabilísticos, sin embargo no se puede deslindar los episodios anómalos que están generalmente relacionados con el fenómeno de El Niño.

En consecuencia, para los factores desencadenantes excepto el cambio climático, la zonificación del peligro, permite tener un panorama de probabilidades con los que podemos determinar acciones para mitigar los posibles daños que pueda sufrir la sociedad. En cuanto al cambio climático, es difícil determinar que puede suceder, ya que como se ha mencionado no

²¹ Zavgorodniaya S. 2010

existen postulaciones que nos ayuden a dilucidar de mejor manera cuales son cambios ciertos que se estarían dando en el país. Sin embargo, la región Sierra y el área Suroriental de la Amazonia son más susceptibles a movimientos en masa debido al factor precipitación

4.5 Conclusiones y recomendaciones

4.5.1 Conclusiones

De la metodología usada se desprende que:

La susceptibilidad de procesos de derrumbes y deslizamientos permitió la localización de ocurrencia de derrumbes y deslizamientos en el 60% del territorio continental del Ecuador, correspondientes a los grados de peligro alto y muy alto.

La zonificación del peligro determina la probabilidad de ocurrencia en base de la información de los eventos ocurridos.

Los eventos manifestados e identificados en el trabajo de observación de campo, están espacialmente relacionados con las zonas de Alto y Muy alto grado de susceptibilidad y peligro a derrumbes y deslizamientos determinadas con el método escogido para este trabajo a partir de los factores condicionantes.

Los factores desencadenantes (cambio climático) pueden aumentar la peligrosidad, especialmente en las áreas determinadas.

Así mismo, se debe estimar la ocurrencia en el tiempo y las consecuencias de los procesos de movimientos en masa sobre la sociedad, es decir, que esto dependerá mucho del grado de conocimiento que se tenga sobre los datos de los eventos ocurridos, ya que probablemente estos ocurran de la misma manera que se manifestaron anteriormente *“Principio de Uniformitarismo”*²² (Bonachea, 2006).

²² Los procesos actuales pueden explicar los procesos del pasado, ya que se han presentado de la misma manera regular.

En consecuencia la susceptibilidad es directamente relacionada con el factor natural o la predisposición del terreno a sufrir los procesos descritos en la presente disertación, sin tomar en cuenta el factor tiempo; mientras que por otra parte, la conjugación de los factores condicionantes más los eventos ocurridos en el tiempo nos dan como resultado la zonificación del peligro y adicionalmente a lo indicado se toma en cuenta los factores desencadenantes para la determinación de las zonas de peligrosidad.

En consecuencia de todo el análisis puesto en consideración, durante el presente estudio se puede resumir las características físicas que determinan los procesos de derrumbes y deslizamientos en las siguientes:

- Desnivel significativo, en algunos casos en franjas estrechas.
- Vertientes empinadas y de gran extensión.
- Planicies fluviales con pendiente débil.
- Formaciones geológicas susceptibles.
- Precipitaciones de alta intensidad.
- Fluctuación de las épocas secas y lluviosas

4.5.2 Recomendaciones

El Mapa de Peligros de Derrumbes y Deslizamientos, establece las zonas de peligrosidad para insumo de consulta para la gestión del riesgo en el Ecuador a nivel regional y provincial, ya que una correcta toma de decisiones es fundamental para la protección de la sociedad ante la ocurrencia de estos fenómenos.

En el método utilizado, el factor de la pendiente es la más significativa, se considera apropiado que en el futuro, para realizar trabajos interpretativos a mayor escala hay que realizar la cartografía de este factor con más precisión.

Por otra parte, para estudios a otras escalas o de mayor precisión de los cálculos realizados, se requiere de mapas de isoyetas sustentados paisajísticamente.

La variable, densidad hidrográfica es peculiar, ya que al no existir información base oficial, se interpreto los datos para obtener la información que se requería en la adaptación del método empírico de Dotor, por ello estos resultados deben ser verificados en un futuro estudio.

Finalmente, cabe recalcar que en el presente estudio se deja abierta la actualización de la información cartográfica para obtener un avance en dichos estudios, esto debido a que la información oficial con la que cuenta el país es desactualizada. Por otra parte se debe completar la información con las observaciones de campo para el territorio no cubierto con esta información específica.

BIBLIOGRAFÍA

AYALA, Francisco. Olcina, Jorge. Riesgos Naturales. Ariel 2002.

CAÑADAS L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG. Auspicio del Banco Central.

CAF (Corporación Andina de Fomento). 2000. El fenómeno El Niño 1997-1998. Memoria: Retos y Soluciones. Vol. IV: Ecuador.

CASTRO, E. Ojeda, J. 2001. Evaluación de riesgo por fenómenos de remoción en masa- Guía Metodológica. En INGEOMINAS (Editor) Colombia.

BALDOCK J.W. 1982. Geología del Ecuador ó Boletín de la Explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1 000.000 (traducción al español por DGGM).

BONACHEA, J. 2006. Evolución de la susceptibilidad desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. Santander.

BRISTOW C.R. Hoffstetter R. 1977. Colaboración Feininger T. y Hall M. Lexique Stratigraphique International. Vol. V América Latina, Fasc.5^a2. Centre National de la Reserche Scientifique ó Unión Internacional de Ciencia Geológicas.

DEMORAES, F. D'Ercole, R. 2001. Cartografía de Riesgos y Capacidades en el Ecuador, Mapas de Amenazas, Vulnerabilidad y Capacidades en el Ecuador. Quito, Ecuador.

D'ERCOLE, Robert. 2003. Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador los desastres un reto para el desarrollo. Quito.

DESINVENTAR. 2009. Bases históricas de efectos y daños por desastres 1970-2007: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú.

FAUCHER B. Savoyat E. 1975. Esquema geológico de los Andes ecuatorianos. Traducción de Benítez S., FEGMPE.

GARCÍA, C. 2005. El deslizamiento de Villatina. En: Hermelin, M. (editor) Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004. Universidad EAFIT-OSSO, Universidad del Valle.

GEMMA. 2007. Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. Publicación Geológica Multinacional No. 4.

- GONZALES, L. 2002. Ingeniería Geológica. Pesaron educación. Madrid, España.
- GONZALES, L. 2005. Evaluación de amenaza por fenómenos de remoción en masa. Bogotá.
- GÓMEZ. O. 2004. Recuperación de los Espacios Desagregados. Madrid- España.
- LUGO, H. 1989. Diccionario geomorfológico. UNAM, México.
- ODEPLAN (Oficina de Planeación de la Presidencia de la República). 2001. Peligrosidad por movimientos de terrenos inestables en el Ecuador. ODEPLAN/InfoPlan/MAG-ORSTDM. En: Programa de Mitigación y Prevención de Riesgos Preandino. Amenazas geológicas. CAF.
- PLAZA, G. y Zevallos, O. 1994. La Josefina: las lecciones aprendidas en Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. En: Revista Desastres y Sociedad. No. 3, Año 2. pp. 33-47. LA RED.
- POURRUT, Pierre. 1195. Estudios de geografía. Volumen 7. El agua en el Ecuador, clima, precipitaciones, escorrentía. ORSTOM. Quito.
- RAMÍREZ Navas, M.R. 2007. La evaluación del peligro por fenómenos de remoción en masa y su aplicación a la planificación territorial: Provincia de Tungurahua. EPN.
- RIVERA. 2006. Gestión de riesgo en el deslizamiento de Nulti, cantón Cuenca, provincia del Azuay. Quito.
- ROUSSEAU. 2002. Riesgos Naturales. ARIEL.
- SAUER W. 1965. Geología del Ecuador. Edit. Del Ministerio de Educación.
- SENPLADES-CAF/PREANDINO. 2005. Plan de reducción de riesgos del sector agua potable y saneamiento, Propuestas para el análisis de vulnerabilidad y riesgo y lineamientos de políticas para su gestión. Quito.
- TAPIA L. Zavgorodniaya S. 2000. Región. Regionalización y Descentralización. Análisis de funcionamiento integrado de las regiones del territorio ecuatoriano. Vicepresidencia de la República del Ecuador. GTZ. Quito.
- VARNES, D. 1978. Movimientos en Laderas, Tipos y procesos. Reporte especial 176. Washington D.C.
- Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales (Serie documental de *Geo Crítica*) Universidad de Barcelona ISSN: 1138-9796. Depósito Legal: B. 21.742-98 Vol. X, nº 590, 20 de junio de 2005.
- ZAVGORODNIAYA. Z. 2010. Informe Final del Proyecto Causas, Efectos y Riesgos Morfodinámicos Asociados al Cambio Climático en el Ecuador. PUCE. Quito.

ZEVALLOS, O. 1999. Informe Ecuador: Inventario de desastres en Ecuador periodo 1988 ó 1998. Proyecto de LA RED òInventarios de Desastres en América Latinaö usando DesInventar.

REFERENCIAS CARTOGRÁFICAS

Mapa Geológico de la República del Ecuador, Escala 1:1 000.000. Serv. Nacional de Geología y Minería Bureau D´études Industrielle et de Coopération de L´Institut Français du Pétrole, Edición auspiciada por Min. De Industrias y Comercio. Publicado IGM.1969

Mapa de paisajes naturales. Escala 1: 000.000, 1989. Parte del Tomo IV de la GEOGRAFIA BASICA DEL ECUADOR. CEDIG-ORSTOM-IPGH-IGM

Mapa Geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1 000.000. 1982

Mapa Geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1 000.000. 1992

Cartografía temática digital. Infoplan. 1996

CAÑADAS, Luis. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Quito: Banco Central del Ecuador, 1983.

REFERENCIAS PÁGINAS WEB

DOTOR, Esther. Método de Dotor. Análisis de Susceptibilidad y Peligrosidad de Deslizamientos de Laderas. 2004.

Rev: 2008-02-07. En: <http://www.cartesia.org/articulo169.html>

Hilda M. Alfonso de Anta, Instituto de Geografía Tropical, Cuba. Rev: 2008-03-20. En: <http://www.cartesia.org/articulo169.html>

Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real. Deslizamientos. Rev: 2008-03-20. En: www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/Modelo-pronosticoFRM.pdf.

Geomorfología. Teoría de Davis. Rev: 2008-03- 23. En:

http://cmapserver.unavarra.es/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1199883861796_1284409734_2886&partName=htmltext

BRABB. 1984, Cardona 1988 en Hermelin M., 1995. Geomorfología. Movimientos Morfodinámicos. Rev: 2008-03-24. En:

<http://club.telepolis.com/geografo/geomorfologia/geomorfologia.htm#gee>

Geomorfología. Unidades de relieve. Rev: 2008-03-24. En:
<http://club.telepolis.com/geografo/geomorfologia/geomorfologia.htm>

Informe nacional para la conferencia mundial sobre la reducción de desastres (Kobe Hyogo, Japón, del 18 al 22 d enero del 2005). Rev: 2009-05-31.
En: <http://www.unisdr.org/eng/country-inform/reports/Ecuador-report.pdf>

Geografía Física del Ecuador. Regiones Naturales. Rev: 2009-07-12.
En: http://nccr-ns.epfl.ch/autres_rech/pdf/equateur_chap_3.pdf

Cartesia. Riesgos Naturales. Rev 2009-08-20. En: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-590.htm>

FERRER, M. 2000. Geomorfología. Movimientos Morfodinámicos Rev: 2009-11-03. En:
<http://club.telepolis.com/geografo/geomorfologia/geomorfologia.htm#gee>

InfoPlan. Fuente de las coberturas digitales.shp. . Rev: 2010-03-09.
En: <http://www.eclac.cl/deype/mecovi/docs/TALLER6/7.pdf>

Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un SIG en la Cuenca vertiente del embalse de Rules, Granada Rev: 2010-09-13.
En: http://www.ugr.es/~ren03366/DEA/TEMAS/memoria/2_MOVIMIENTOS.pdf

SENPLADES. Unidades ambientales de la cuenca del río Guayas. 2009. Rev: 2010-10-20.
En:<http://infdigital.sni.gov.ec/wpcontent/uploads/2009/05/Unidades%20Ambientales%20Cuenca%20Guayas.pdf>

Alianza Jatun Sacha (CDC-Ecuador). Metadato del atlas (almanaque de datos). Rev: 2010-10-31. En:http://www.uazuay.edu.ec/geomatica/source/web/Almanaque_electronico_ecuatoriano/UDA308-Suelos.htm;

http://www.uazuay.edu.ec/geomatica/source/web/Almanaque_electronico_ecuatoriano/UDA306-Geomorfologico.htm

Universidad del Azuay. Metadatos. Rev: 2010-10-31.
En: http://www.uazuay.edu.ec/promsa/contenido_cd/metadatos.htm

TORRES, Pedro. Gerente de ESRI España. Sistemas de Información Geográfica. Rev: 2010-10-31.
En:
<http://www.revistatodopyme.es/Entrevistas/%5BPID/765/Action/1/NewsId/294/currentPage/2%5D/Pedro-Torres,-gerente-de-marketing-de-ESRI-en-Espa%C3%B1a.aspx>

ANEXOS

ANEXO Nº 1 MATRIZ DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN																	
INFORMACIÓN PRELIMINAR						DIAGNÓSTICO										VALIDACIÓN	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	FORMATO	TIPO	DESCRIPCIÓN TIPO	Nº DE CAMPOS	ESCALA	SISTEMA DE REFERENCIA	COORDENADAS	PROYECCIÓN	ZONA	AUTOR/GENERADOR	QUIÉN ENTREGA LA INFORMACIÓN	AÑO DE GENERACIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	LIMITACIONES	COMPLEMENTOS
isoy_00	Cobertura de Isoyetas	c:/tesis/shp_recopilación	.shp	vector	Polígono	1	desconocida	Indefinido	planas	UTM	17 S	ODEPLAN	SIGAGRO	desconocido	desconocido	No consta de metadatos	Generar metadatos
us_00	Cobertura de uso del suelo	c:/tesis/shp_recopilación	.shp	vector	Polígono	2	1: 250.000	Indefinido	planas	UTM	17 S	ODEPLAN	SIGAGRO	desconocido	1996	No consta de metadatos	Generar metadatos
geo_00	Cobertura de geología	c:/tesis/shp_recopilación	.shp	vector	Polígono	4	desconocida	Indefinido	planas	UTM	17 S	ODEPLAN	SIGAGRO	desconocido	desconocido	No consta de metadatos	Generar metadatos
cu_00	Cobertura de Cuencas	c:/tesis/shp_recopilación	.shp	vector	Polígono	4	1: 250.000	Indefinido	planas	UTM	17 S	ODEPLAN	SIGAGRO	desconocido	1996	No consta de metadatos	Generar metadatos
geomorfologico	Cobertura de geomorfología	c:/tesis/shp_recopilación	.shp	vector	Polígono	6	1: 1.000.000	PSAD 56	planas	UTM	17 S	ODEPLAN	SIGAGRO	desconocido	2002	No consta de metadatos	Generar metadatos
rio_torrente	Cobertura de ríos simples	c:/tesis/shp_recopilación	.shp	vector	Línea	5	1: 250.000	WGS 84	geográficas	no aplica	No Aplica	IGM	DESCARGA DE LA PAGINA WEB	desconocido	2010	No consta de metadatos	Generar metadatos
rio_doble	cobertura de ríos dobles	c:/tesis/shp_recopilación	.shp	vector	Polígono	5	1: 250.000	WGS 84	geográficas	no aplica	No Aplica	IGM	DESCARGA DE LA PAGINA WEB	desconocido	2010	No consta de metadatos	Generar metadatos
vias	red vial	c:/tesis/shp_recopilación	.shp	vector	Línea	3	1: 250.000	WGS 84	geográficas	no aplica	No Aplica	IGM	DESCARGA DE LA PAGINA WEB	desconocido	2010	No consta de metadatos	Generar metadatos
Mapa de Paisajes Naturales		Parte del Tomo IV de la GEOGRAFIA	Análogo	No Aplica	No Aplica	No Aplica	1: 1.000.000	PSAD 56						desconocido	1989	No Aplica	No Aplica
El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador			Análogo	No Aplica	No Aplica	No Aplica		Indefinido				CAÑADAS LUIS			1983	No Aplica	No Aplica

ANEXO Nº 2 CUADRO RESUMEN DE LA VARIABLE DE LITOLOGÍA ORGANIZADA DE ACUERDO A LA EDAD (30%)

Hoja 1/5

SÍMBOLO	FORMACIÓN	UNIDADES ESPACIALES DE ACUERDO A SU LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
Q E	Depósitos fluvio-marinos	Arcillas marinas de estuario, arenas y conglomerados	Cuaternario reciente y actual	0	0
Q A	Depósitos aluviales	Arcillas, arenas	Cuaternario reciente y actual	5	10
Q B	Depósitos aluviales	Abanico aluvial mayor	Cuaternario	5	10
Q P	Pichilingue	Sedimentos fluviales	Cuaternario	5	10
Q M	Mera	Conglomerados, arenas, lutitas	Cuaternario	4	8
Q S	San Tadeo	Abanico volcánico, lahares	Cuaternario	5	10
Q T	Tablazo	Terrazas marinas bioclásticas	Cuaternario	4	8
Q SU1	Volcánicos Sumaco	Lavas indiferenciadas, escombros de avalanchas	Cuaternario	3	6
Q V	Volcánicos Cotopaxi	Piroclastos, lahares, flujos de lavas	Cuaternario	3	6
QX	Volcánicos	Piroclastos, lahares, flujos de lavas y aglomerados	Cuaternario	3	6
PIQ M	Mesa	Conglomerados, areniscas, volcanoclastos	Plioceno/Cuaternario	4	8
PIQ B	Balzar	Arenas, conglomerados, arcillas	Plioceno/Cuaternario	5	10
PIQ C	Canoa	Arenas, conglomerados, arcillas	Plioceno/Cuaternario	5	10
PI DB	Borbón	Areniscas tobáceas	Plioceno	3	6
PI P	Puná	Lutitas, arcillas, arenas	Plioceno	5	10
PI T	Turi	Conglomerados, tobas, brechas	Plioceno	4	8
MPI C	Chambira	Areniscas, lutitas, tobas	Mioceno/Plioceno	4	8
MPI DO	Onzole	Lutitas, limolitas	Mioceno/Plioceno	5	10
MPI P	Volcánicos Pisayambo	Flujos de lava y piroclastos andesíticos a riolíticos	Mioceno/Plioceno	2	4
MPI Q	Grupos Nabón y Quillollaco	Arcillas, tobas, areniscas, conglomerados	Mioceno/Plioceno	5	10

SÍMBOLO	FORMACIÓN	UNIDADES ESPACIALES DE ACUERDO A SU LITOLÓGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
MPI Y	Grupos Azogues, Chota y Ayancay	Arcillas, tobas, areniscas, conglomerados	Mioceno/Plioceno	5	10
MPI Z	Grupo Zarumilla	Areniscas, conglomerados	Mioceno/Plioceno	3	6
M B	Biblián	Arcillas, areniscas, lavas	Mioceno	5	10
M A	Arajuno	Arcillas, areniscas, lignito	Mioceno	5	10
M C	Curaray	Arcillas, lutitas tobáceas, yeso	Mioceno	5	10
M DA	Angostura	Coquinas, areniscas, lodolitas	Mioceno	4	8
M P	Progreso	Areniscas, limolitas, lutitas	Mioceno	4	8
M S	Subibaja	Limolitas calcáreas	Mioceno	4	8
M Tb	Miembro Dos Bocas	Lutitas blancas	Mioceno	5	10
M Tv	Miembro Villingota	Lutitas chocolates	Mioceno	5	10
M V	Viche	Lutitas, areniscas	Mioceno	2	4
MP	Progreso	Areniscas, limolitas, lutitas	Mioceno	4	8
OM C	Chalcana	Lutitas rojas, yeso	Oligoceno/Mioceno	5	10
O P	Playa Rica	Lutitas, areniscas	Oligoceno	4	8
O S	Volcánicos Saraguro	Lavas andesíticas a riolíticas, piroclastos	Oligoceno	3	6
O TZ	Miembro Zapotal	Conglomerados, areniscas tobáceas, lutitas	Oligoceno	4	8
EA	Unidad Apagua	Lutitas, grauwacas	Eoceno	3	6
EE	San Eduardo	Calizas, lutitas	Eoceno	3	6
EM	San Mateo	Turbiditas gruesas	Eoceno	4	8
EN	Grupo Ancón	Turbiditas, lutitas	Eoceno	5	10
EO	Ostiones	Calizas, lodolitas	Eoceno	4	8
ES	Silante	Volcanoclastos, capas rojas	Eoceno	3	6
ET	Tiyuyacu	Conglomerados, areniscas, lutitas rojas	Eoceno	4	8
EU	Unacota	Calizas, lutitas, volcanoclastos	Eoceno	4	8
EZ	Zapallo	Turbiditas finas	Eoceno	5	10

SÍMBOLO	FORMACIÓN	UNIDADES ESPACIALES DE ACUERDO A SU LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
PC EA	Grupo Azúcar	Lutitas, areniscas, conglomerados	Paleoceno/Eoceno	5	10
PC EM	Macuchi	Lavas andesíticas, tobas, volcanoclastos	Paleoceno/Eoceno	1	2
PC ES	Volcánicos Sacapalca	Lavas andesíticas, piroclastos, lutitas	Paleoceno	3	6
KP CY	Yunguilla	Lutitas, calizas, volcanoclastos	Cretáceo/Paleoceno	3	6
KP CG	Guayaquil	Lutitas silíceas	Cretáceo/Paleoceno	3	6
KP CT	Tena	Lutitas, capas rojas	Cretáceo/Paleoceno	5	10
KP CU		Complejo máfico-ultramáfico tipo "Alaskan Pipe"	Cretáceo/Paleoceno	2	4
CZ		Granodiorita, diorita, pórfido	Cenozoico	3	6
CZb		Gabro	Cenozoico	2	4
K	Cayo	Grauwacas, lutitas	Cretáceo	3	6
K K	Cayo de la Sierra	Lutitas, cherts, areniscas	Cretáceo	2	4
K K1	Cayo	Mantos basálticos	Cretáceo	2	4
K N	Napo	Lutitas, calizas negras, areniscas	Cretáceo	3	6
K H	Hollín	Areniscas y cuarcitas	Cretáceo	2	4
K P	Piñón	Lavas basálticas, tobas, brechas	Cretáceo	2	4
K P	Piñón	Rocas ultrabásicas	Cretáceo	2	4
K1		Granito	Cretáceo	3	6
K2		Granodiorita	Cretáceo	2	4
KAC	Cazaderos	Conglomerados, areniscas, lutitas	Cretáceo	4	8
KAZ	Zapotillo-Ciano	Lutitas, grauwacas, piroclastos	Cretáceo	4	8
KC	Celica	Lavas andesíticas y basálticas, piroclastos	Cretáceo	2	4
JK M	Unidad Misahuallí	Lavas y piroclastos calco-alcalinos, capas rojas	Jurásico/Cretáceo	2	4
JK P	Unidad Peltetec	"Melange" ofiolítico	Jurásico/Cretáceo	3	6

SÍMBOLO	FORMACIÓN	UNIDADES ESPACIALES DE ACUERDO A SU LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
JK T	Unidad El Toro	Rocas ultrabásicas y básicas	Jurásico/Cretáceo	2	4
J04		Sienita y cuarzo-monzonita no deformados	Jurásico	3	6
J1		Granodiorita, diorita, granito gnéisico	Jurásico	2	4
J2		Granodiorita, diorita no deformadas	Jurásico	2	4
J3		Granito	Jurásico	3	6
JC	Unidad Chapiza	Capas rojas, lutitas, rocas volcánicas	Jurásico	3	6
JD	Unidad La Delicia	Esquistos negros	Jurásico	3	6
JE	Unidad El Pan	Esquistos verdes y negros	Jurásico	3	6
JG	Unidad Guamote	Pizarras, cuarcitas	Jurásico	3	6
JH	Unidad Cerro Hermoso	Mármol, Pizarras	Jurásico	2	4
JP	Unidad Alao-Paute	Metalavas basálticas y andesíticas, esquistos	Jurásico	2	4
JR	Unidad Raspas	Esquistos verdes, negros, azules y eclogitas	Jurásico	3	6
JS	Santiago	Calizas, lutitas, areniscas	Jurásico	3	6
JU	Unidad Upano	Esquistos, metalavas, metagrauwacas	Jurásico	3	6
JY	Unidad Cuyuja	Esquistos pelíticos y grafiticos, paragneis	Jurásico	2	4
JY	Unidad Cuyuja	Esquistos, metalavas, metagrauwacas	Jurásico	2	4
JZ	Unidad Maguazo	Metagrauwacas, metalavas	Jurásico	2	4
Tr		Complejo de migmatitas	Triásico	2	4
Tr		Pegmatitas	Triásico	3	6
Tr	Unidad Piuntza	Lutitas, calizas, lavas, piroclastos	Triásico	3	6
PZ A	Unidad Agoyán	Esquistos y gneises semipelíticos	Paleozóico	2	4
PZ C	Unidad Chiguinda	Pizarras, cuarcitas	Paleozóico	2	4

Hoja 5/5

SÍMBOLO	FORMACIÓN	UNIDADES ESPACIALES DE ACUERDO A SU LITOLOGÍA	PERÍODO	CLASE DE SUCEPTIBILIDAD	PONDERACIÓN
PZ D	Unidad Piedras	Anfibolitas basálticas	Paleozóico	3	6
PZ M	Unidad Monte Olivo	Anfibolitas basálticas	Paleozóico	3	6
PZ P	Pumbuiza	Pizarras, cuarcitas	Paleozóico	3	6
PZ T	Unidad El Tigre	Metagrauwacas, pizarras	Paleozóico	2	4
PZ V	Unidad La Victoria	Esquistos y gneises semipelíticos	Paleozóico	3	6
PZ V	Unidad La Victoria	Granito gneísico per-alumínico	Paleozóico	3	6
PZC	Unidad Chiguinda	Pizarras, cuarcitas	Paleozóico	2	4
CM	Macuma	Calizas, lutitas metamorfizadas con metavolcánicas	Carbonífero (Paleozóico)	3	6
P (e)		Gneis migmatítico	Edad incierta	3	6

ANEXO Nº 3 TABLA EJEMPLO DE LA SUSCEPTIBILIDAD

En esta tabla se demuestra un ejemplo del proceso de unión, análisis y cálculos para la determinación del grado de susceptibilidad de derrumbes y deslizamientos, como se indica en el texto de la disertación, se toma como ejemplo 37 unidades espaciales al azar (representadas en la tablas con ñNºö), con toda la información y los datos de cada una de las variables que conforman el método de adaptación, y así demostrar la generación el Mapa de Susceptibilidad de Derrumbes y Deslizamientos en el Ecuador Continental.

1 Factor Pendiente

Hoja 1/5

Nº	UNIDAD PAISAJÍSTICA	EDAD	DESCRIPCIÓN	RANGO DE A PENDIENTE EN %	PONDERACIÓN DE LA PENDIENTE	CLASE DE LA PENDIENTE
1	Medio litoral	Cuaternario actual y reciente	Formas fluvio-marinas: manglares, salitrales y playas	0-12%	0,00	0
2	Medio aluvial	Cuaternario actual y reciente	Llanura costera baja ,planas y ligeramente ondulas e inundable	0-12%	3,30	1
3	Amazonía periandina	Cuaternario indiferenciado	Piedemontes periandinos: llanuras y planicies	0-12%	3,30	1
4	Relieves subandinos	Cretáceo	Corredores, depresiones subandinas sobre rocas volcano-sedimentarias andinas	0-12%	3,30	1
5	Colinas sobre sedimentos terciarios	Terciario indiferenciado	Colinas indiferenciadas sobre areniscas	12-25%	6,70	2

Nº	UNIDAD PAISAJÍSTICA	EDAD	DESCRIPCIÓN	RANGO DE A PENDIENTE EN %	PONDERACIÓN DE LA PENDIENTE	CLASE DE LA PENDIENTE
6	Cimas frías de las cordilleras	Cuaternario	Cimas frías de las cordilleras: valles glaciares, cuchillas rocosas, lagos y morrenas	12-25%	6,70	2
7	Medio aluvial	Cuaternario actual y reciente	Llanura costera baja ,planas y ligeramente ondulas e inundable	0-12%	3,30	1
8	Piedemontes	Cuaternario indiferenciado	Piedemonte andino: conos de deyección y de esparcimiento	25-40%	10,00	3
9	Relieves interandinos	Cuaternario	Relieves de los fondos de cuencas interandinas con rellenos volcano sedimentarios y piroclásticos	0-12%	3,30	1
10	Amazonía periandina	Terciario indiferenciado	Colinas periandinas, sobre areniscas, conglomerados y arcillas	12-25%	6,70	2
11	Relieves de antiguos esparcimientos disectados	Cuaternario-Pliocuatnario	Llanura costera alta con superficies onduladas y disectadas	0-12%	3,30	1
12	Relieves subandinos	Cretáceo	Corredores, depresiones subandinas sobre rocas volcano-sedimentarias andinas	0-12%	3,30	1
13	Cimas frías de las cordilleras	Cuaternario	Cimas frías de las cordilleras: valles glaciares, cuchillas rocosas, lagos y morrenas	12-25%	6,70	2
14	Relieves interandinos	Cuaternario	Vertientes inferiores de las cuencas interandinas	25-40%	10,00	3
15	Relieves interandinos	Cuaternario-Pliocuatnario	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, pendientes moderados a fuertes	25-40%	10,00	3
16	Amazonía periandina	Terciario indiferenciado	Colinas periandinas, sobre areniscas, conglomerados y arcillas	12-25%	6,70	2

Nº	UNIDAD PAISAJÍSTICA	EDAD	DESCRIPCIÓN	RANGO DE A PENDIENTE EN %	PONDERACIÓN DE LA PENDIENTE	CLASE DE LA PENDIENTE
17	Amazonía periandina	Cuaternario indiferenciado	Piedemontes periandinos: llanuras y planicies	0-12%	3,30	1
18	Relieves de antiguos esparcimientos disectados	Cuaternario-Pliocuaternario	Llanura costera alta con superficies onduladas y disectadas	0-12%	3,30	1
19	Amazonía periandina	Cuaternario y Pliocuaternario	Piedemontes periandinos: niveles indiferenciados y conos coalescentes	25-40%	10,00	3
20	Cimas frías de las cordilleras	Cuaternario	Cimas frías de las cordilleras: valles glaciares, cuchillas rocosas, lagos y morrenas	12-25%	6,70	2
21	Relieves subandinos	Cretáceo	Corredores, depresiones subandinas sobre rocas volcano-sedimentarias andinas	0-12%	3,30	1
22	Relieves interandinos	Terciario!	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, disectados y con pendientes fuertes	40-70%	13,30	4
23	Vertientes externas	diferente edad	Vertientes externas andinas: pendientes fuertes y disectadas, sobre rocas intrusivas, metamórficas y volcano sedimentarias de diferente edad.	>70%	16,70	5
24	Cimas frías de las cordilleras	Cuaternario	Estrato-volcanes compuestos de proyecciones pirocláticas con capas de lavas	40-70%	13,30	4
25	Colinas sobre sedimentos terciarios	Terciario indiferenciado	Colinas indiferenciadas sobre areniscas	12-25%	6,70	2

Nº	UNIDAD PAISAJÍSTICA	EDAD	DESCRIPCIÓN	RANGO DE A PENDIENTE EN %	PONDERACIÓN DE LA PENDIENTE	CLASE DE LA PENDIENTE
26	Colinas sobre sedimentos terciarios	Terciario indiferenciado	Colinas indiferenciadas sobre arcillas	12-25%	6,70	2
27	Relieves interandinos	Cuaternario-Pliocuaternario	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, pendientes moderados a fuertes	25-40%	10,00	3
28	Amazonía periandina	Terciario indiferenciado	Colinas periandinas, sobre areniscas, conglomerados y arcillas	12-25%	6,70	2
29	Relieves subandinos	Cretáceo-Jurasico	Cordilleras Cóndor Cutucu, relieves accidentados sedimentarios	>70%	16,70	5
30	Vertientes externas	diferente edad	Vertientes externas andinas: pendientes fuertes y disectadas, sobre rocas intrusivas, metamórficas y volcano sedimentarias de diferente edad.	>70%	16,70	5
31	Amazonía periandina	Cuaternario y Pliocuaternario	Piedemontes periandinos: niveles indiferenciados y conos coalescentes	25-40%	10,00	3
32	Cimas frías de las cordilleras	Cuaternario indiferenciado	Relieves de los márgenes: abruptos en el límite de las zonas glaciares	>70%	16,70	5
33	Vertientes externas	diferente edad	Vertientes externas andinas: pendientes fuertes y disectadas, sobre rocas intrusivas, metamórficas y volcano sedimentarias de diferente edad.	>70%	16,70	5
34	Relieves estructurales sobre sedimentos terciarios	Terciario	Relieves estructurales: mesas sobre areniscas y conglomerados	40-70%	13,30	4

Nº	UNIDAD PAISAJÍSTICA	EDAD	DESCRIPCIÓN	RANGO DE A PENDIENTE EN %	PONDERACIÓN DE LA PENDIENTE	CLASE DE LA PENDIENTE
35	Relieves estructurales sobre sedimentos terciarios	Terciario	Relieves estructurales: mesas sobre areniscas y conglomerados	40-70%	13,30	4
36	Relieves subandinos	Cretáceo-Jurasico	Cordilleras Cóndor Cutucu, relieves accidentados sedimentarios	>70%	16,70	5
37	Vertientes externas	diferente edad	Vertientes externas andinas: pendientes fuertes y disectadas, sobre rocas intrusivas, metamórficas y volcanos sedimentarias de diferente edad.	>70%	16,70	5

2 FACTOR LITOLOGÍA

Nº	SÍMBOLO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO	PONDERACIÓN DE LA LITOLOGÍA	CLASE DE LA LITOLOGÍA
1	Q E	Depósitos fluvio-marinos	Arcillas marinas de estuario, arenas y conglomerados	Cuaternario reciente y actual	0,00	0
2	Q E	Depósitos fluvio-marinos	Arcillas marinas de estuario, arenas y conglomerados	Cuaternario reciente y actual	0,00	0
3	Q A	Depósitos Aluviales	Arcillas, arenas	Cuaternario reciente y actual	0,00	0

Nº	SÍMBOLO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO	PONDERACIÓN DE LA LITOLOGÍA	CLASE DE LA LITOLOGÍA
4	K H	Hollín	Areniscas y cuarcitas	Cretáceo	4,00	2
5	Q E	Depósitos fluvio-marinos	Arcillas marinas de estuario, arenas y conglomerados	Cuaternario reciente y actual	0,00	0
6	MPI P	Volcánicos Pisayambo	Flujos de lava y piroclastos andesíticos a riolíticos	Mioceno/Plioceno	4,00	2
7	Q E	Depósitos fluvio-marinos	Arcillas marinas de estuario, arenas y conglomerados	Cuaternario reciente y actual	0,00	0
8	Q E	Depósitos fluvio-marinos	Arcillas marinas de estuario, arenas y conglomerados	Cuaternario reciente y actual	0,00	0
9	Q D	Volcánicos Cotopaxi	Piroclastos, lahares, flujos de lavas	Cuaternario	6,00	3
10	Q A	Depósitos Aluviales	Arcillas, arenas	Cuaternario reciente y actual	0,00	0
11	Q E	Depósitos fluvio-marinos	Arcillas marinas de estuario, arenas y conglomerados	Cuaternario reciente y actual	0,00	0
12	JU	Unidad Upano	Esquistos, metalavas, metagrauwacas	Jurásico	6,00	3
13	PZ C	Unidad Chiguinda	Pizarras, cuarcitas	Paleozoico	4,00	2
14	Q D	Volcánicos Cotopaxi	Piroclastos, lahares, flujos de lavas	Cuaternario	6,00	3
15	Q D	Volcánicos Cotopaxi	Piroclastos, lahares, flujos de lavas	Cuaternario	6,00	3
16	Q M	Mera	Terrazas: conglomerados, arenas, lutitas	Cuaternario	8,00	4
17	Q M	Mera	Terrazas: conglomerados, arenas, lutitas	Cuaternario	8,00	4
18	PIQ B	Balzar	Arenas, conglomerados, arcillas	Plioceno/Cuaternario	10,00	5
19	J3		Granito	Jurásico	6,00	3
20	MPI P	Volcánicos Pisayambo	Flujos de lava y piroclastos andesíticos a riolíticos	Mioceno/Plioceno	4,00	2
21	KP CT	Tena	Lutitas, capas rojas	Cretáceo/Paleoceno	10,00	5
22	CZ		Granodiorita, diorita, pórfido	Cenozoico	6,00	3

Nº	SÍMBOLO	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO	PONDERACIÓN DE LA LITOLOGÍA	CLASE DE LA LITOLOGÍA
23	PZ C	Unidad Chiguinda	Pizarras, cuarcitas	Paleozoico	4,00	2
24	QX	Volcán Sagatoa	Piroclastos, lahares, flujos de lavas y aglomerados	Cuaternario	6,00	3
25	PIQ C	Canoa	Arenas, conglomerados, arcillas	Plioceno/Cuaternario	10,00	5
26	MPI DO	Onzole	Lutitas, limolitas	Mioceno/Plioceno	10,00	5
27	Q D	Volcánicos Cotopaxi	Piroclastos, lahares, flujos de lavas	Cuaternario	6,00	3
28	M C	Curaray	Arcillas, lutitas tobáceas, yeso	Mioceno	10,00	5
29	J2		Granodiorita, diorita no deformadas	Jurásico	4,00	2
30	J1		Granodiorita, diorita, granito gnéisicos	Jurásico	4,00	2
31	J3		Granito	Jurásico	6,00	3
32	MPI P	Volcánicos Pisayambo	Flujos de lava y piroclastos andesíticos a riolíticos	Mioceno/Plioceno	4,00	2
33	CM	Macuma	Calizas, lutitas metamorizadas con metavolcánicas	Carbonífero (Paleozoico)	6,00	3
34	MPI DO	Onzole	Lutitas, limolitas	Mioceno/Plioceno	10,00	5
35	MPI DO	Onzole	Lutitas, limolitas	Mioceno/Plioceno	10,00	5
36	K N	Napo	Lutitas, calizas negras, areniscas	Cretáceo	6,00	3
37	JP	Unidad Alao-Paute	Metalavas basálticas y andesíticas, esquistos	Jurásico	4,00	2

3 FACTOR COBERTURA VEGETAL (USO DEL SUELO)

Hoja 1/2

Nº	COBERTURA VEGETAL (USO DEL SUELO)	PONDERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL	CLASE DE LA COBERTURA VEGETAL
1	Manglar	0,00	0
2	Camaroneras	0,00	0
3	Bosque Natural	0,30	1
4	Bosque Natural	0,30	1
5	Bosque Intervenido	1,00	3
6	Paramo	0,30	1
7	Cultivos de Arroz	0,30	1
8	Cultivos de Caña de Azucar	0,70	2
9	Cultivos de Ciclo Corto	1,70	5
10	Bosque Natural	0,30	1
11	Pasto Cultivado	1,00	3
12	Bosque Natural	0,30	1
13	Bosque Natural	0,30	1
14	Cultivos de Ciclo Corto	1,70	5
15	Pasto Cultivado	1,00	3
16	Bosque Natural	0,30	1
17	Pasto Cultivado	1,00	3
18	Pasto Natural	1,00	3
19	Bosque Natural	0,30	1

Hoja 2/2

Nº	COBERTURA VEGETAL (USO DEL SUELO)	PONDERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL	CLASE DE LA COBERTURA VEGETAL
20	Paramo	0,30	1
21	Bosque Natural	0,30	1
22	Bosque Natural	0,30	1
23	Bosque Natural	0,30	1
24	Cultivos de Ciclo Corto	1,70	5
25	Bosque Intervenido	1,00	3
26	Pasto Cultivado	1,00	3
27	Cultivos Indiferenciados	1,30	4
28	Bosque Natural	0,30	1
29	Bosque Natural	0,30	1
30	Bosque Intervenido	1,00	3
31	Bosque Intervenido	1,00	3
32	Paramo	0,30	1
33	Bosque Natural	0,30	1
34	Bosque Intervenido	1,00	3
35	Pasto Cultivado	1,00	3
36	Bosque Natural	0,30	1
37	Pasto Cultivado	1,00	3

3 FACTOR PRECIPITACIÓN

Hoja 1/2

Nº	RANGO DE LA PRECIPITACIÓN	PONDERACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	CLASE DE LA PRECIPITACIÓN
1	2500-3000	2,70	4
2	500-750	1,30	2
3	>3000	2,00	3
4	2000-2500	2,70	4
5	>3000	2,00	3
6	500-750	1,30	2
7	1250-1500	3,40	5
8	750-1000	1,30	2
9	500-750	1,30	2
10	>3000	2,00	3
11	1250-1500	3,40	5
12	>3000	2,00	3
13	1500-1750	3,40	5
14	<500	0,70	1
15	500-750	1,30	2
16	>3000	2,00	3
17	>3000	2,00	3
18	1000-1250	3,40	5
19	>3000	2,00	3

Hoja 2/2

Nº	RANGO DE LA PRECIPITACIÓN	PONDERACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	CLASE DE LA PRECIPITACIÓN
20	1500-1750	3,40	5
21	>3000	2,00	3
22	1500-1750	3,40	5
23	1500-1750	3,40	5
24	500-750	1,30	2
25	>3000	2,00	3
26	1000-1250	3,40	5
27	500-750	1,30	2
28	>3000	2,00	3
29	1750-2000	3,40	5
30	>3000	2,00	3
31	>3000	2,00	3
32	1500-1750	3,40	5
33	1750-2000	3,40	5
34	750-1000	1,30	2
35	750-1000	1,30	2
36	2000-2500	2,70	4
37	1500-1750	3,40	5

5 FACTOR HIDROGRÁFICO

Hoja 1/2

Nº	CUENCA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO DE LA CUENCA	ÁREA DE LA CUENCA (A)	LONGITUD DE LA RED HÍDRICA EN Km (L)	DENSIDAD HÍDRICA (L/A)	PONDERACIÓN DE LA DENSIDAD HÍDRICA	CLASE DE LA DENSIDAD HÍDRICA
1	52 Río Guayas	52	32221,64	5038,52	0,16	0,30	1
2	57 Río San Pablo	57	176,24	28,96	0,16	0,30	1
3	74 Río Napo	72	59564,92	8969,86	0,15	0,30	1
4	78 Río Santiago	76	24953,16	3698,70	0,15	0,30	1
5	03 Río Mataje	3	254,82	59,77	0,24	0,70	2
6	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
7	52 Río Guayas	52	32221,64	5038,52	0,16	0,30	1
8	56 Río Naranjal	56	570,07	138,45	0,24	0,70	2
9	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
10	74 Río Napo	72	59564,92	8969,86	0,15	0,30	1
11	52 Río Guayas	52	32221,64	5038,52	0,16	0,30	1
12	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
13	79 Río Mayo	77	3144,16	324,22	0,10	0,30	1
14	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
15	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
16	74 Río Napo	72	59564,92	8969,86	0,15	0,30	1
17	74 Río Napo	72	59564,92	8969,86	0,15	0,30	1
18	52 Río Guayas	52	32221,64	5038,52	0,16	0,30	1
19	74 Río Napo	72	59564,92	8969,86	0,15	0,30	1

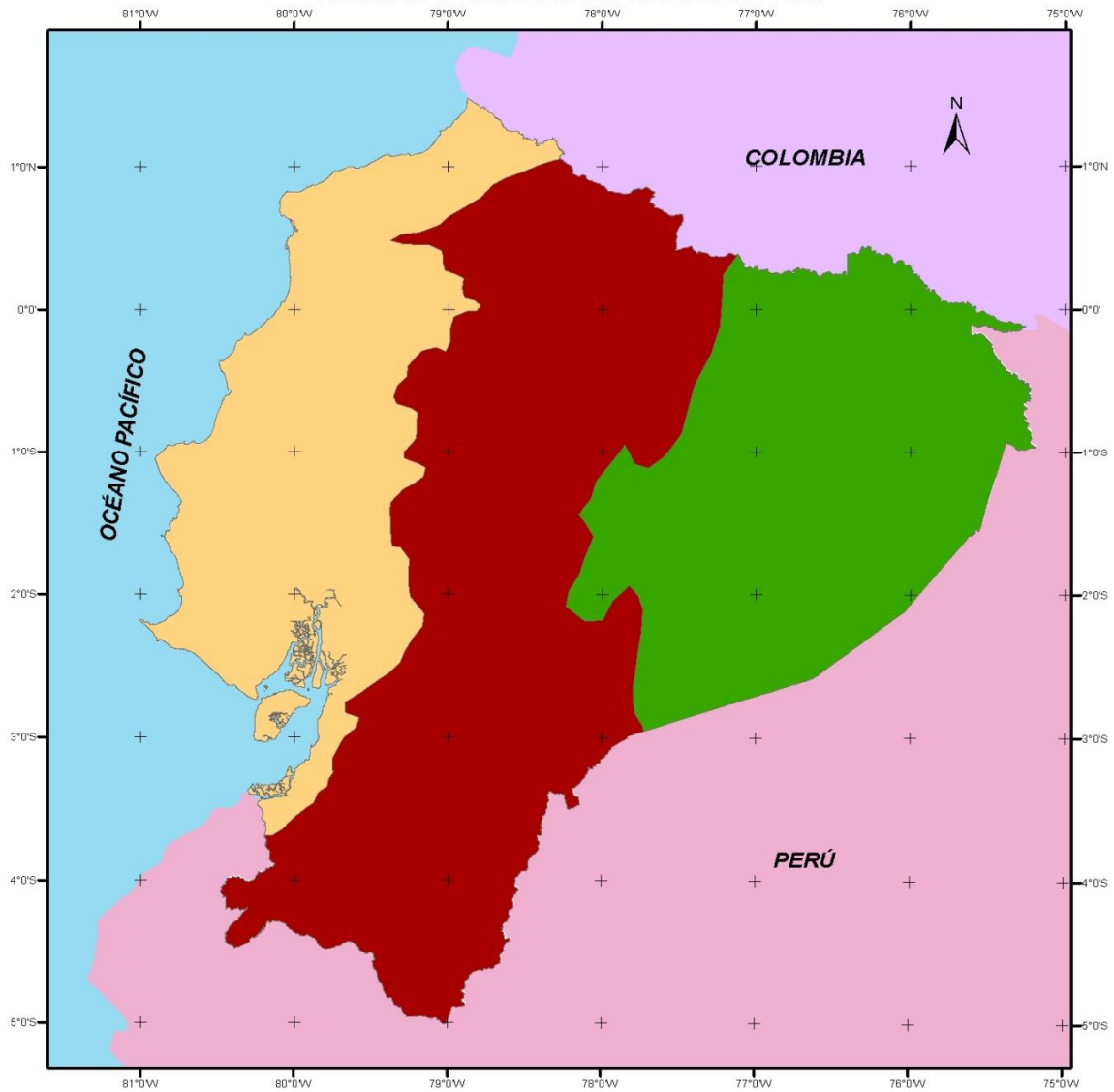
Nº	CUENCA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO DE LA CUENCA	ÁREA DE LA CUENCA (A)	LONGITUD DE LA RED HÍDRICA EN Km (L)	DENSIDAD HÍDRICA (L/A)	PONDERACIÓN DE LA DENSIDAD HÍDRICA	CLASE DE LA DENSIDAD HÍDRICA
20	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
21	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
22	70 Río Chira	70	7199,00	751,66	0,10	0,30	1
23	79 Río Mayo	77	3144,16	324,22	0,10	0,30	1
24	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
25	03 Río Mataje	3	254,82	59,77	0,24	0,70	2
26	52 Río Guayas	52	32221,64	5038,52	0,16	0,30	1
27	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
28	74 Río Napo	72	59564,92	8969,86	0,15	0,30	1
29	79 Río Mayo	77	3144,16	324,22	0,10	0,30	1
30	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1
31	74 Río Napo	72	59564,92	8969,86	0,15	0,30	1
32	55 Río Cañar	55	2411,56	470,37	0,20	0,70	2
33	79 Río Mayo	77	3144,16	324,22	0,10	0,30	1
34	52 Río Guayas	52	32221,64	5038,52	0,16	0,30	1
35	52 Río Guayas	52	32221,64	5038,52	0,16	0,30	1
36	78 Río Santiago	76	24953,16	3698,70	0,15	0,30	1
37	76 Río Pastaza	74	23193,14	3753,98	0,16	0,30	1

SUSEPTIBILIDAD

Nº	SUMATORIA DE LAS PONDERACIONES DE LAS VARIABLES	CLASE DE SUSEPTIBILIDAD	ÁREA DE LA UNIDAD (km)
1	2,70	1	72,401
2	4,90	1	24,576
3	5,90	1	30,543
4	10,60	2	29,554
5	10,40	2	23,675
6	12,60	2	196,985
7	7,30	2	27,498
8	12,70	2	33,262
9	12,60	2	62,729
10	9,30	2	39,090
11	8,00	2	230,758
12	11,90	2	17,145
13	14,70	3	20,567
14	18,70	3	40,158
15	18,60	3	39,339
16	17,30	3	51,516
17	14,60	3	41,887
18	18,00	3	35,911
19	18,60	3	21,691
20	14,70	3	70,006
21	15,90	3	18,817
22	23,30	4	54,911
23	24,70	4	109,387
24	22,60	4	99,319
25	20,40	4	32,777
26	21,40	4	79,283
27	18,90	4	58,309
28	19,30	4	559,209
29	24,70	4	92,721
30	24,00	4	22,733
31	19,30	4	43,486
32	25,10	5	17,155
33	26,70	5	111,855
34	25,90	5	20,889
35	25,90	5	29,403
36	26,00	5	63,235
37	25,40	5	33,738

ANEXO Nº 4 REGIONES NATURALES DEL ECUADOR CONTINENTAL EN BASE DE SUS CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

REGIONES NATURALES DEL ECUADOR



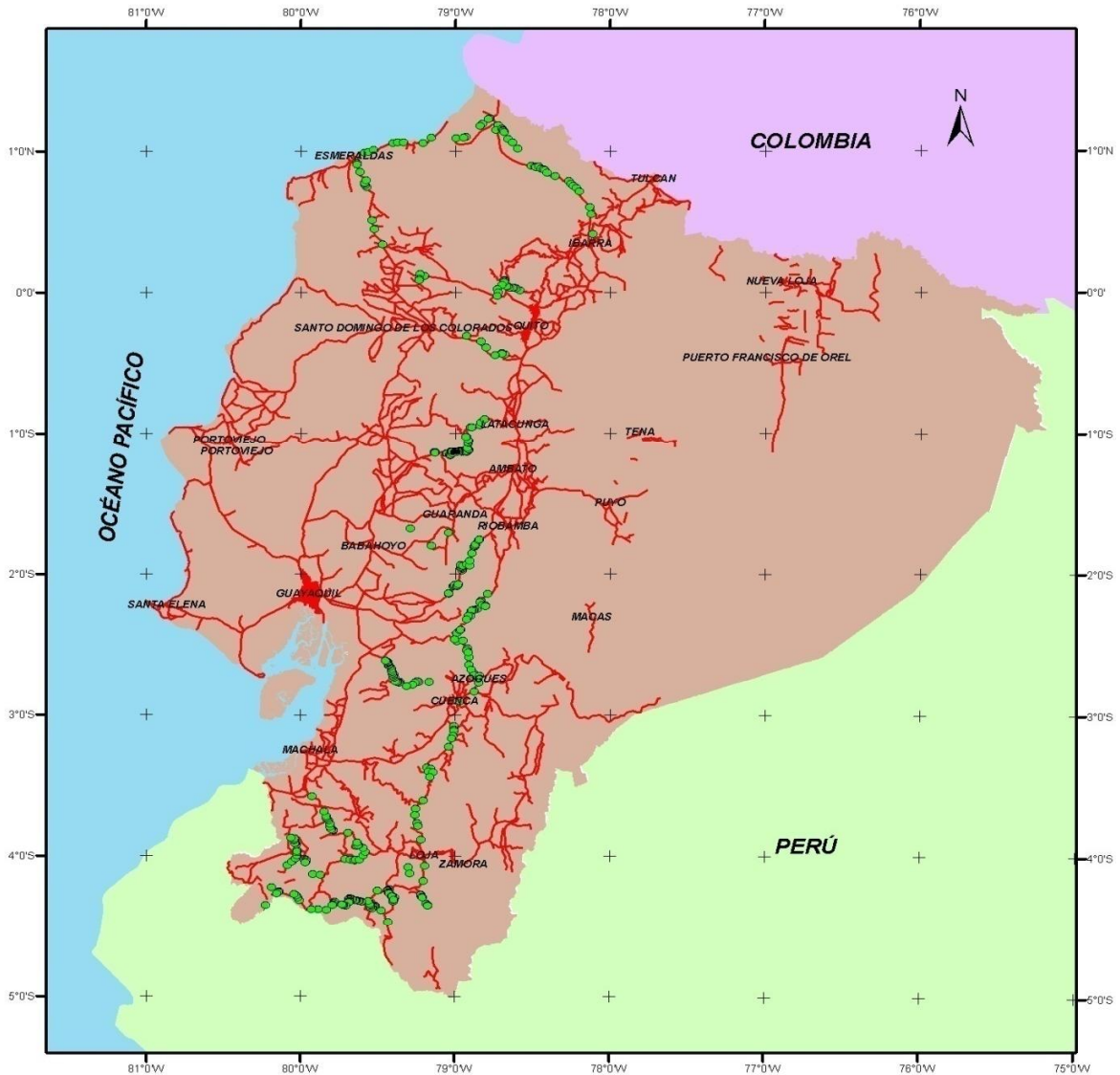
SIMBOLOGÍA	
REGIÓN NATURAL	
■	AMAZONIA
■	COSTA
■	SIERRA



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS		
Contiene: Regiones naturales del Ecuador continental		
ELABORADO POR: Daniela Mallitasig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTES: Elaboración propia Paisajes Naturales editado por CEDIG-ORSTOM/IPGH-IGM		
MAPA Nº : 8	ESCALA TRABAJO: 1: 1' 000 000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4' 000 000	FECHA: Diciembre, 2010

ANEXO Nº 5 MAPA DE PUNTOS DE OBSERVACIÓN DE CAMPO DE DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS

PUNTOS DE OBSERVACIÓN DE CAMPO



SIMBOLOGÍA	
	Puntos de Campo
	Red Vial
	Capital Provincial



Sistema de referencia PSAD 56, zona 17 Sur, proyección UTM

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS PROYECTO: "Causas, efectos y riesgos por procesos morfológicos asociados al Cambio Climático en Ecuador"		
Contiene: Puntos de observación de campo de derrumbes y deslizamientos		
ELABORADO POR: Daniela Mallitasig	DIRECTORA: Svetlana Zavgorodniaya	
FUENTES: Zavgorodniaya, 2010 IGM, 2010		
MAPA Nº : 9	ESCALA TRABAJO: 1: 1' 000.000 ESCALA IMPRESIÓN: 1: 4' 000.000	FECHA: Noviembre, 2010