



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Posgrados**

**Tecnología SIG en apoyo al análisis y desarrollo metodológico de riesgos ocasionados por fenómenos naturales para el cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Ecuador**

**Daniela Jiménez Alcázar**

**Richard Resl, Ph.Dc., Director de Tesis**

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

Quito, julio de 2013

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Posgrados**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Tecnología SIG en apoyo al análisis y desarrollo metodológico de riesgos ocasionados por fenómenos naturales para el cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Ecuador**

**Daniela Jiménez Alcázar**

Richard Resl, Ph.Dc.

**Director de Tesis**

.....

Rafael Beltrán, MSc.

**Miembro del Comité de Tesis**

.....

Richard Resl, Ph.Dc.

**Director de la Maestría en Sistemas de Información Geográfica**

.....

Stella de la Torre, Ph.D.

**Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

.....

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.

**Decano del Colegio de Posgrados**

.....

Quito, julio de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

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

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

Firma:

-----

Nombre: Daniela Jiménez

C. I.: 1720023678

Quito, julio de 2013

Este documento está dedicado a mis padres Byron Jiménez y Alexandra Alcázar, por su ejemplo y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida. A mis hermanos, familia y amigos, por el incentivo y el apoyo depositado en mí.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me han extendido su mano en la elaboración de este estudio.

## RESUMEN

Este estudio tiene como finalidad dar a conocer diferentes metodologías de análisis de riesgos naturales desarrolladas en la república del Ecuador, Chile y América Latina, proveyendo un análisis metodológico comparativo para identificar herramientas, métodos, variables y resultados de evaluación de riesgos. Parte de este documento se basa en la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica conocidas como SIG, a fin de determinar el grado de afectación o impacto en el ambiente social, económico y ambiental. En este caso se ha tomado a la zona del Cantón Mejía, Provincia de Pichincha del Ecuador para evaluar las amenazas naturales y vulnerabilidades frente a estos fenómenos de origen natural. La información geográfica y geoespacial utilizada ha sido generada por las instituciones estatales del Ecuador, las cuales se encuentran publicadas en los sitios oficiales de las mencionadas instituciones. A pesar de que parte de la información se encuentra desactualizada es importante mencionar que ha contribuido al desarrollo de la metodología basada en sistemas de información geográfica, haciendo posible la obtención de resultados y mapeo de zonas de riesgo específicas, lo cual se cotejará en el transcurso del desarrollo de este estudio. El análisis de datos y resultados arrojados por los SIG permitirá establecer lineamientos, políticas y estrategias frente a los riesgos ocasionados por fenómenos naturales, siendo este documento una herramienta determinante para la toma de decisiones en el ámbito de la planificación rural y urbana, así como para el ordenamiento territorial.

## **ABSTRACT**

This study aims to present different methodologies of natural risk analysis, which have been developed in the republic of Ecuador, Chile and Latin America, providing a comparative methodological analysis to identify tools, methods, variables and risk assessment results. Part of this document is based on the application of tools of Geographic Information Systems known as GIS, to determine the degree of impact in the social, economic and environmental fields. This study has taken in the Cantón Mejía of Ecuador to assess natural hazards and vulnerabilities to these natural phenomena. Geographic and geospatial information used was generated by state institutions of Ecuador, which are posted on the official websites of these institutions. Although some of the information is outdated is worth mentioning that contributed to the development of the methodology based on geographic information systems, making it possible to obtain results and mapping of specific risk areas, which will be verified in the development of this study. Data analysis and results produced by the GIS will establish guidelines, policies and strategies against the risks caused by natural phenomena, and this document will be determinant for decision-making in the field of rural and urban planning, as well as land use planning.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT .....	7
CAPITULO I METODOLOGÍA GENERAL DE RIESGOS POR FENÓMENOS NATURALES .....	16
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo General .....	18
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 MARCO TEORICO REFERENCIAL, CONCEPTUAL Y TECNOLÓGICO .....	19
1.3.1 Marco Teórico.....	19
1.3.1.1 Sobre Composición del Espacio.....	19
• Geografía .....	19
• Geografía Humana.....	20
• Desastres Naturales.....	21
• Sensibilidad Social .....	22
1.3.2 Marco Referencial.....	23
1.3.3 Marco Conceptual.....	24
• Riesgo.....	24
• Amenaza o Peligro .....	26
• Vulnerabilidad .....	26
• Fenómenos Naturales .....	27
1.3.4 Marco Tecnológico.....	27
• -Datos .....	27
• -Sistemas de Información Geografica.....	27
• -Análisis Espacial .....	28
• -Georeferenciación.....	29
1.4 METODOLOGÍA .....	30
1.4.1 Marco Metodologico General .....	30

1.4.2 Instrumentos Metodologicos para el Analisis de Riesgo por Fenomenos Naturales en el Cantón Mejía.....	31
CAPITULO II ANALISIS METODOLOGICO DE RIESGOS.....	33
2.1 ANALISIS METODOLOGICO DE “CARTOGRAFÍA DE RIESGOS Y CAPACIDADES DEL ECUADOR” .....	33
2.1.1 Antecedentes.....	33
2.1.2 Metodología.....	34
2.1.3 Limitantes .....	35
2.1.4 SITUACIÓN GENERAL FRENTE AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL.....	35
2.1.5 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DENTRO DE LA PUBLICACIÓN CARTOGRAFÍA DE RIESGOS Y CAPACIDADES DEL ECUADOR..	37
2.1.5.1 AMENAZAS GEOFÍSICAS.....	37
• Terremotos Sunamis.....	37
• Erupciones Volcánicas.....	39
2.1.5.2 AMENAZAS MORFOCLIMÁTICAS.....	42
• Las Inundaciones.....	42
• Los Movimientos en Masa.....	44
• Las Sequías.....	45
2.1.5.3 MAPA MULTIFENÓMENO.....	48
2.1.6 METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE AMENAZAS DE ORÍGEN NATURAL POR CANTÓN EN EL ECUADOR.....	49
• Peligro Sísmico.....	49
• Peligro Tsunami o Maremoto.....	50
• Peligro Volcánico.....	51
• Peligro Inundación.....	52
• Peligro de Deslizamiento.....	53
• Peligro de Sequía.....	54
2.1.7 GENERACIÓN DEL MAPA DE RIESGOS DEL ECUADOR.....	55
2.2 ANÁLISIS METODOLÓGICO DE “NAVEGANDO ENTRE BRUMAS” APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL ANÁLISIS DE RIESGO EN AMÉRICA LATINA.....	56
2.2.1 INTRODUCCIÓN.....	56
2.2.2 EL RIESGO.....	57
2.2.3 APLICACIÓN DE LOS SIG AL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	61

2.2.4 ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES SIG PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	64
2.2.5 ANÁLISIS DE RIESGOS DE DESASTRES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	70
2.2.5.1 DESARROLLO DEL MODELO CONCEPTUAL DE VULNERABILIDAD .....	72
2.3. ANÁLISIS METODOLÓGICO DE “GUÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN CHILE” .....	76
2.3.1 ANTECEDENTES.....	76
2.3.2 PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS METODOLÓGICO .....	77
2.3.2.1 APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS .....	80
2.3. ANALISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS POR FENÓMENOS NATURALES.....	86
CAPITULO III METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y VULNERABILIDADES .....	88
3.1 ANTECEDENTES.....	88
3.2 ANALISIS DE AMENAZAS ASPECTOS GENERALES.....	90
3.3 OBJETIVOS.....	90
3.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	90
3.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	91
3.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	91
3.5 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS .....	92
• Geomorfología .....	93
• Hidrología.....	94
• Suelos .....	94
• Clima.....	95
• Flora y Fauna .....	95
3.6 CARACTERÍSTICAS SOCIALES Y ECONÓMICAS .....	95
• Población y Poblamiento.....	95
• Actividades Económicas .....	96
• Infraestructura, Saneamiento y Equipamiento.....	97
• Educación .....	97
• Salud.....	98
• Sistema Vial.....	98

3.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE AMENAZAS EN LA PROVINCIA .....	98
3.7.1 AREAS POTENCIALES DE AFECTACIÓN POR FENÓMENOS NATURALES.....	99
3.8 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE AMENAZAS Y VULNERABILIDADES .....	100
3.9 ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE MAPA DE AMENAZAS.....	102
3.9.1 AMENAZA VOLCÁNICA .....	102
3.9.2 AMENAZA A INUNDACIONES .....	104
3.9.3 INFLUENCIA DE MOVIMIENTOS EN MASA.....	107
3.9.4 AMENAZA A DESLIZAMIENTOS/ANÁLISIS PENDIENTE .....	110
3.9.5 MAPA DE AMENAZAS POR FENÓMENOS NATURALES DEL CANTÓN MEJÍA	112
3.10 ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE MAPA DE VULNERABILIDAD.....	114
3.10.1 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS NATURALES.....	116
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	117
4.1 CONCLUSIONES .....	117
4.2 RECOMENDACIONES .....	118
5. REFERENCIAS .....	119
6. ANEXOS.....	121

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Gráfico N° 1 Análisis Metodología de Riesgos.....	32
Gráfico N° 2 Imágenes de Mapas con Información Estadística o de Ponderación .....	38
Gráfico N° 3 Enfoques del Riesgo .....	58
Gráfico N° 4 Metodología para Sistemas de Información de Desastres .....	71
Gráfico N° 5 Clasificación de la Vulnerabilidad en base a nueve parámetros .....	73
Gráfico N° 6 Análisis de Riesgos .....	79
Gráfico N° 7 Procedimiento para identificar amenazas a escala regional.....	81
Gráfico N° 8 Análisis de Vulnerabilidad.....	83
Gráfico N° 9 Metodología para evaluación de amenazas y vulnerabilidades .....	101

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Imagen N° 1: Mapa Base del Cantón Mejía .....	2
Imagen N° 2: Tablas de Parámetros de Vulnerabilidad.....	59
Imagen N° 3: Tabla N° 7 Variables Mapa Temático de Fenómenos Naturales .....	67
Imagen N° 4: Tabla N° 25 Ponderación de Eventos por Fenómenos Naturales.....	17
Imagen N° 5: Mapa Base del Cantón Mejía .....	77
Imagen N° 6: Tabla de Atributos de Información de Peligro o Amenáza Volcánica.....	87
Imagen N° 7: Procedimiento para conversión a raster .....	88
Imagen N° 8: Mapa de Incidencia Volcánica.....	89
Imagen N° 9: Atributos de Información respectiva a Inundaciones .....	90
Imagen N° 10 Mapa de Amenazas por Inundaciones .....	91
Imagen N° 11: Uso de Herramientas Clip .....	93
Imagen N° 12: Procedimiento de Clasificación de Movimientos en Masa para el Cantón Mejía .....	93
Imagen N° 13: Mapa de Movimientos en Masa del Cantón Mejía .....	94
Imagen N° 14: Mapa de Modelo Digital de Terreno del Cantón Mejía.....	95
Imagen N° 15: Mapa de Amenazas por Deslizamientos .....	96
Imagen N° 16: Procedimiento de Map Algebra – Raster Calculator .....	97
Imagen N° 17: Mapa de Amenazas por Fenómenos Naturales del Cantón Mejía.....	98
Imagen N° 18: Aplicación de Herramienta Buffer .....	99
Imagen N° 19: Mapa de Vulnerabilidad Social por Fenómenos Naturales del Cantón Mejía .....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Tabla N° 1: Tipo de Amenazas y Características .....	36
Tabla N° 2: Peligro de Tsunami .....	50
Tabla N° 3: Peligro Volcánico .....	51
Tabla N° 4: Peligro de Inundación.....	52
Tabla N° 5: Peligro Deslizamientos.....	53
Tabla N° 6: Peligro de Sequías.....	54
Tabla N° 7: Actividades Económicas del Cantón Mejía.....	96
Tabla N°8: Personal en establecimientos de salud .....	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Anexo N° 1: Mapa de Incidencia Volcánica.....	122
Anexo N° 2: Mapa de Amenaza por Inundaciones Cantón Mejía.....	123
Anexo N° 3: Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa Cantón Mejía.....	124
Anexo N° 4: Mapa Modelo Digital de Terreno del Cantón Mejía .....	125
Anexo N° 5: Mapa de Amenazas por Deslizamientos Cantón Mejía .....	126
Anexo N° 6: Mapa de Amenazas por Fenómenos Naturales Cantón Mejía .....	127
Anexo N° 7: Mapa de Vulnerabilidad Social por Fenómenos Naturales Cantón Mejía ...	128
Anexo N° 8: Terremotos con intensidades superiores a VIII en el Ecuador.....	129
Anexo N° 9: Mapa de Erupciones Volcánicas históricas en el Ecuador .....	130
Anexo N° 10: Amenazas volcánicas potenciales en el Ecuador Continental .....	131
Anexo N° 11: Mapa de amenaza volcánica por cantón en el Ecuador .....	132
Anexo N° 12: Inundaciones ocurridas en el Ecuador durante 1988 - 1998.....	133
Anexo N° 13: Mapa Base del Cantón Mejía .....	134
Anexo N° 14: Mapa de Movimientos en Masa del Cantón Mejía .....	135

## **CAPÍTULO I**

### **METODOLOGÍA GENERAL DE RIESGOS POR FENÓMENOS NATURALES**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

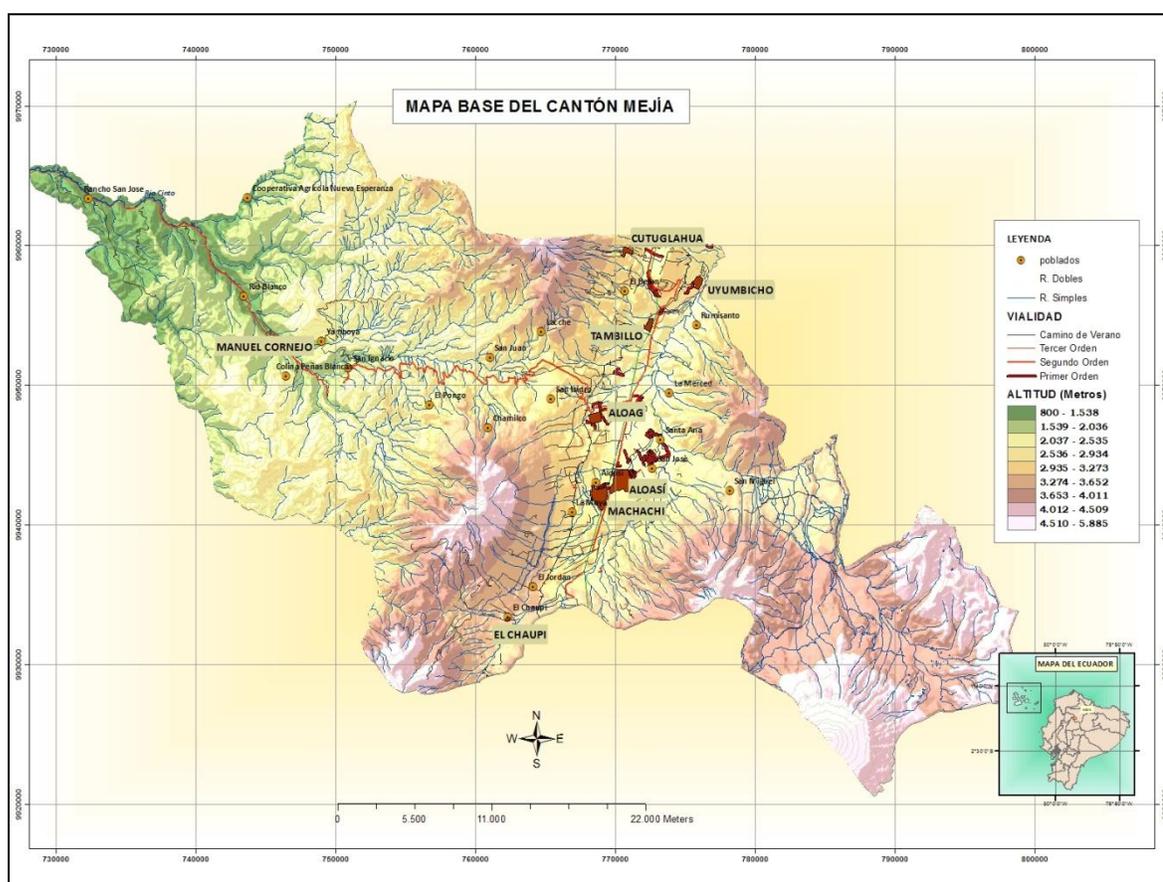
El Ecuador por sus características físicas, presenta una diversidad de amenazas, peligros y vulnerabilidades ocasionados por los fenómenos naturales de diferente índole, estos sucesos generalmente producen graves daños en la estructura social, ambiental y económica.

En la actualidad existen diversas metodologías para la gestión, valoración y manejo de riesgos naturales y por consiguiente la identificación de amenazas y vulnerabilidad de los mismos, los cuales van a diferir dependiendo de las características; físico naturales, sociales, y el nivel de desarrollo de un lugar a otro. A pesar de contar con una serie de guías para la determinación y evaluación de los riesgos, todavía no se ha realizado un trabajo que muestre cuales de estas metodologías es la más aconsejable para la valoración y evaluación de riesgos en un territorio andino como es el caso de nuestra zona de estudio.

Es éste preciso momento cuando la Geografía toma una singular importancia en el desarrollo de metodologías de análisis de riesgos puesto que estudia las interacciones del hombre con la naturaleza, y una serie de variables de carácter cuantitativo y cualitativo.

La presente investigación tiene como propósito llegar a una investigación sobre las metodologías de análisis de riesgos derivados de fenómenos naturales, aplicado a la realidad del cantón Mejía, así como hacer uso de los beneficios de la herramienta SIG, para el manejo de información territorial y espacial tomando en cuenta sus condiciones físicas locales y el desarrollo del componente social, a través de la participación de actores sociales y grupos vulnerables.

Hacemos en esta introducción una breve reseña de la importancia de los Sistemas de Información Geográfica como metodología trascendental para el análisis de riesgos por fenómenos naturales, ya que a través de la herramienta SIG se desarrollan procedimientos técnicos donde se gestionan diversos datos, estadísticas e información que nos introduce a una serie de cuestionamientos sobre diferentes fenómenos que ocurren en determinados territorios, y en este caso nuestra zona de interés y estudio definida como el cantón Mejía. (Ver Imagen N° 1: *Mapa Base del Cantón Mejía*).



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica del IGM (2011)

En la publicación “Navegando entre Brumas”, se hace alusión de que en los últimos años en los medios de investigación y planificación se están utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las llamadas bases de datos georeferenciales para el desarrollo de procesos de gestión de información espacial.

En esta investigación para nuestro análisis de metodologías, tomaremos como referencia el trabajo realizado por Florent Demoraes y Robert D'Ercole en su publicación "Cartografía de Riesgos y Capacidades del Ecuador" y otras publicaciones de metodologías de análisis de riesgos como el desarrollado por Andrew Maskrey en "Navegando entre Brumas" y La Guía de Análisis de Riesgos realizado por el Gobierno de Chile.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar las diferentes metodologías para determinar riesgos derivados por fenómenos naturales y uso de herramientas SIG en el cantón Mejía.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Investigar metodologías de incidencia actual para determinar riesgos por fenómenos naturales.
2. Realizar un análisis comparativo de las metodologías empleadas en cuanto a evaluación de amenazas y vulnerabilidades.
3. Desarrollar una metodología de análisis de riesgo a través del uso de herramientas SIG.
4. Evaluar los resultados obtenidos.

## **1.3 MARCO TEÓRICO, REFERENCIAL, CONCEPTUAL Y TECNOLÓGICO**

### **1.3.1 MARCO TEÓRICO**

De importancia para nuestra investigación en la clarificación de conceptos, ideas y teorías que permitan sustentar el estudio a desarrollar. Conduce a fundamentaciones de carácter teórico, científico y conceptual basados en la indagación, reflexión y análisis que realiza el investigador.

Sabino (1996) afirma:

El planteamiento de una investigación no puede realizarse si no se hace explícito aquello que nos proponemos conocer; es siempre necesario distinguir entre lo que se sabe y lo que no se sabe con respecto a un tema para definir claramente el problema que se va a investigar. (p.51)

En el desarrollo de este estudio el marco teórico considera aspectos metodológicos de investigaciones realizadas de diferentes fuentes, conceptos geográficos, capacidad de manipular datos y conjugar una serie de variables que permita dar cumplimiento al objetivo planteado como análisis de metodologías de riesgo por fenómenos naturales.

#### **1.3.1.1 Sobre Composición del Espacio**

- **Geografía :**

Es la ciencia que estudia las relaciones entre el hombre y el espacio terrestre. De acuerdo a algunos diccionarios en la materia, se dice que:

“La Geografía es la ciencia que describe y analiza la superficie terrestre. Su objeto es el espacio geográfico: un conjunto indisoluble de todos los elementos geográficos, naturales y humanos, unidos a un territorio, en un proceso de interrelación constante” (Sanz, 2006, p.14).

La palabra geografía etimológicamente nace del vocablo griego, “Geo” que significa “tierra” y “Graphie” que significa “descripción”, por consiguiente la Geografía es la descripción de la tierra.

De acuerdo a varias fuentes secundarias, poco se conoce sobre geografía, en la Edad Antigua el padre de esta ciencia en ese entonces era Hecateo de Mileto, asignado este título por su trabajo al realizar un escrito de carácter geográfico.

En la Edad Moderna la geografía toma importancia debido a las acciones e investigaciones realizadas por el explorador Alexander Von Humboldt y el geógrafo Alemán Karl Von Ritter, quienes pasaron a ser los padres de la geografía moderna.

El estudio de la geografía se ha ido desarrollando poco a poco con el paso de los años, en este sentido la geografía se ha dividido en varias ramas las cuales permiten afinar su estudio, siendo éstas la geografía física y la geografía humana. Además la geografía dentro de la geografía física abarca diversos elementos y campos de estudio como son la Geomorfología, Climatología, Hidrología, Biogeografía, Oceanografía y Cartografía, elementos que son importantes para considerar al momento de la realización de la metodología de análisis de riesgos para el cantón Mejía.

- **Geografía Humana:**

La geografía humana es una disciplina cuyo propósito es el de estudiar las sociedades humanas en concordancia con el componente espacial, es decir el medio físico dónde las sociedades habitan, realizan sus actividades y se desarrollan una serie de procesos culturales, políticos, económicos etc., que conllevan a una transformación del espacio.

Ortega (2007) afirma:

“La Geografía es Geografía Social, y los fenómenos y problemas geográficos solo pueden ser entendidos y explicados desde la sociedad, incluso los de carácter físico-natural” (p.28).

En este párrafo podemos obtener un criterio geográfico completamente humanista en el cual no se puede entender a la Geografía sin el componente social, elemento indispensable para la construcción de la sociedad y en donde inciden ciertos procesos propios de las relaciones sociales que interactúan para la transformación de los espacios.

- **Desastres Naturales**

Los desastres naturales son acontecimientos que producen la destrucción de bienes materiales y la pérdida de vidas humanas de acuerdo con la magnitud del fenómeno. Se consideran de tipo natural cuando son causados por fenómenos naturales derivándose de éstos las inundaciones, terremotos, maremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, tornados, huracanes, deslizamientos entre otros.

Los desastres naturales generalmente ocurren de improviso, dependiendo del fenómeno natural. Algunos ocurren en períodos lentos, mientras que otros actúan de manera rápida y violenta arrasando con todo lo que se interponga en su camino.

Harshbarger (1974) define los desastres como:

Eventos rápidos y dramáticos que dan por resultado daños materiales y humanos considerables. Subraya la importancia de la vida comunitaria y plantea que los desastres deben considerarse con referencia a su potencial de perturbar las actividades de una comunidad y causar daño a los miembros de la misma. (p.55)

Las consecuencias y pérdidas derivadas de los desastres naturales pueden incrementar cuando no se han tomado las respectivas medidas de seguridad, planes de contingencia y emergencia en los espacios que son propensos a verse afectados por cualquier fenómeno natural. En el Ecuador, existe una entidad gubernamental conocida como la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, institución encargada de realizar actividades para prevenir y alertar a las respectivas jurisdicciones territoriales sobre los posibles riesgos a los cuales son propensos. Se han desarrollado a través de ésta entidad varios proyectos, programas, mapeos sobre gestión de riesgos en el país y en el cantón Mejía se ha desarrollado un mapa de amenazas por deslizamientos y amenazas por inundaciones, sin embargo no se ha desarrollado un mapa de amenazas por erupciones volcánicas lo cual sería bastante interesante desarrollar a través de éste estudio en el cantón.

#### - **Sensibilidad Social**

La palabra “sensibilidad” proviene de latín “*sensibilitas*” considerado como la facultad de sentir o percibir la realidad, la naturaleza, o un espacio.

Capel & Urteaga (1982), afirman que “El ser humano decide su comportamiento espacial no en función del medio geográfico real, sino de la percepción que posee sobre el mismo” (p.509).

La sensibilidad se entiende como la capacidad de ceder, permitir a través de los sentidos que los estímulos modifiquen la percepción que se tiene de la realidad. La percepción se entrena por el conocimiento, es la mejor fuente de estímulos; entre más conocimientos del medio ambiente, mayor el número de interpretaciones del mismo; el resultado de estas interpretaciones son las emociones y éstas son las que producen sensibilidad.

En relación a lo anterior, se puede decir que la percepción del entorno permite al hombre obtener ciertos elementos o estímulos sobre el medio ambiente, estos estímulos sobre el medio natural producen sensibilidad. En nuestro estudio nos interesa conocer si el hombre, la comunidad, las actividades humanas, presentan cierta percepción sobre el espacio en el cual se encuentran asentados en función de los factores de riesgo y peligros derivados de los fenómenos naturales. De ésta manera podemos evaluar el nivel de sensibilidad de la población frente a las características del entorno.

He aquí la importancia de que el ser humano conozca y comprenda el entorno que le rodea, ya que de los conocimientos se adquieren estímulos que pueden ser positivos o negativos sobre determinado espacio, más aún cuando existe ciertos riesgos que pueden afectar su medio.

### **1.3.2 MARCO REFERENCIAL**

En base al proceso investigativo realizado, se han encontrado dos estudios importantes desarrollados en el cantón Mejía, el primer estudio fue desarrollado por una Empresa Consultora llamada RENSSNATURE la cual realizó una serie de investigaciones, a fin de localizar una radio base celular en el sector de Aloag. El segundo proyecto fue desarrollado por una Empresa Florícola ECOROSSES S.A en el sector de Aloasí. Ambos proyectos se desarrollaron en el año 2011, el primero en el mes de febrero y el segundo en el mes de junio.

Se consideró de importancia revisar estos proyectos ya que ambos proyectos para ser autorizados por el Ministerio de Ambiente y el Gobierno Local del Cantón Mejía, debieron realizar Estudios de Impacto Ambiental para determinar si su actividad era viable o no.

Estos Estudios de Impacto Ambiental, han corroborado de cierta manera a determinar que el Cantón Mejía se encuentra en una zona susceptible a riesgos por

fenómenos naturales. La composición y características geológicas, paisajes naturales, condiciones meteorológicas y sociales en este proyecto han sumando factores de análisis que han permitido establecer criterios y conclusiones en el desarrollo de este estudio.

En relación a la Ficha Ambiental realizada por la empresa RENSSNATURE, se determinó que en el Cantón Mejía, existen zonas inestables con riesgo sísmico, además de acuerdo a los estudios de campo levantados por esta empresa se registró que existen pendientes onduladas que presentan valores del 30 al 100%, y pendientes montañosas de terreno quebrado con valores de pendiente mayores al 100%. Estos datos son de gran importancia para determinar zonas potenciales a amenazas por movimientos en masa, derrumbes o deslizamientos.

En el Ecuador contamos con una institución gubernamental la cual es la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), cuyo objetivo es el de garantizar la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico. Esta secretaria ha desarrollado una serie de estudios a nivel nacional para determinar los diferentes tipos de riesgo que tenemos en el Ecuador. En cuanto al Cantón Mejía la SNGR ha elaborado el “Mapa de Zonas Propensas a Movimientos en Masa”, el cual lo hemos tomado como referencia para el desarrollo de este estudio especialmente en el desarrollo de la metodología para la identificación generación de fenómenos naturales asociados a movimientos en masa. (Ver Anexo N° 14).

### **1.3.3 MARCO CONCEPTUAL**

#### **- Riesgo**

Fiorito (2006) afirma: “El término riesgo se utiliza en general para situaciones que involucran incertidumbre, en el sentido de que el rango de posibles resultados para una determinada acción es en cierta medida significativo” (p.1).

De acuerdo a Soldano (2009) presenta dos definiciones de riesgo la primera; “la probabilidad de que ocurra un hecho indeseable” y la segunda como “la probabilidad de que una amenaza se convierta en desastre” (p.1). Además menciona que los riesgos se encuentran vinculados a una serie de factores de carácter histórico, cultural, socioeconómico, político, y ambiental. Según el autor el riesgo se define a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Es decir si en determinado lugar existe una amenaza o peligro y además tenemos una vulnerabilidad social obtenemos como producto el riesgo.

Dmoraes y D'recole (2001) afirman que el riesgo es;

Conjunción territorial de elementos vulnerables y amenazas. Existe un riesgo cuando una comunidad o sus asentamientos tienen al mismo tiempo elementos de vulnerabilidad (tales como índice de pobreza altos, carencia de infraestructuras básicas y una exposición a uno o varios peligros (potencialmente perjudiciales que sean de origen natural o antrópicas. (p.51)

A lo largo de la investigación metodológica presentada en este documento podremos conocer a profundidad lo que constituye un riesgo y los tipos de riesgos que se presentan en nuestra zona de estudio. El riesgo representa las modificaciones que puede tener los componentes físicos y sociales, producto de un evento dado. En nuestro estudio estos eventos son los fenómenos naturales. Los riesgos pueden clasificarse de acuerdo a niveles de importancia (alta, media y bajo) o parámetros, los cuales van a depender del grado de afectación a los componentes mencionados anteriormente, en este sentido ya se puede hablar de un análisis de riesgo.

Escoger el método apropiado para la identificación y análisis de riesgo depende de las características físico-ambientales de la zona, población, infraestructura y nivel político administrativo. Estos factores dependerán de que se utilice un método con

datos cualitativos o cuantitativos y las herramientas tecnológicas que permitan obtener un análisis acertado para la toma de decisiones futuras.

### **-Amenaza o Peligro**

Soldano (2009), define amenaza como “la probabilidad de ocurrencia de todo evento que afecte a seres humanos” (p.3).

Dmoraes & D’recole (2001) afirma que:

Un peligro es un fenómeno aleatorio (ocasional) tales como los deslizamientos, las inundaciones. Se utiliza el complemento de “origen natural” para resaltar el hecho de que las acciones humanas contribuyen a modificar las condiciones físicas, iniciales, favoreciendo así el advenimiento de éstos fenómenos o aumentando su extensión, su intensidad”. (p.50)

### **- Vulnerabilidad**

Dmoraes & D’recole (2001) afirma que la vulnerabilidad es;

Propensión de una comunidad a sufrir daños o estragos cuando se concretizan amenazas de origen natural o antrópicas. La vulnerabilidad de una sociedad está condicionada por múltiples factores tales como índices de salud, educación, consumo bajos. En este análisis también se consideran las capacidades locales, es decir la existencia de asociaciones, ONG’s, equipos de monitoreo (volcánico), como otra variable para medir la vulnerabilidad de un cantón. (p.51)

Soldano (2009), define vulnerabilidad como: “Capacidad de “respuesta-daño” de la Sociedad ante un evento potencialmente catastrófico” (p.3).

## **-Fenómenos Naturales**

Se entiende por fenómeno natural a todo cambio de la naturaleza en el cual se produce por sí solo en un tiempo y espacio indeterminado, dependiendo de la intensidad del fenómeno natural pueden llegar a ser peligrosos y destructivos.

### **1.3.4 MARCO TECNOLÓGICO**

#### **- Datos**

Para el desarrollo de esta investigación se toman datos de carácter cualitativo y cuantitativo, algunos de los cuales provienen de bases de datos de instituciones gubernamentales, cuya información es de uso público. Otros datos serán generados y obtenidos por medio de fuente directa con la realización de trabajos de medición, obtención de coordenadas, toma de fotografías y generación de estadísticas según sea el caso.

#### **-Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Un (SIG), es un conjunto integrado de software, hardware, y programas informáticos que permiten la gestión y manejo de datos de lugares geográficos. A través de una serie de herramientas y procesos sistematizados los SIG desarrollan una serie de análisis de relaciones espaciales, además proveen una capacidad de almacenamiento y gestión de datos espaciales para ser visualizada, analizada, desplegada y alterada en función de las necesidades requeridas según el tipo de estudio que nos encontremos desarrollando.

En la actualidad los sistemas de información geográfica han tomado gran importancia para el manejo de bases de datos espaciales, esta información permite mejorar los procesos de planificación y toma de decisiones en empresas e instituciones del sector público y privado, ya que se puede gestionar información correspondiente a poblaciones, recursos naturales, infraestructural vial, urbana, etc.,

Según ArcGIS 9x Glossary - ESRI (2008);

Un SIG (o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

### **-Análisis Espacial**

Según ArcGIS 9x Glossary - ESRI (2008);

Análisis Espacial es el proceso de examinar lugares, atributos y relaciones de las características de los datos espaciales a través de superposición y otras técnicas analíticas para abordar una pregunta o adquirir conocimientos útiles. Análisis Espacial extrae o crea nueva información de datos espaciales.

Según ESRI (2008), es una extensión de ArcGIS<sup>1</sup>, conformada por un conjunto de herramientas que permiten generar, gestionar, y visualizar información geográfica. Cuenta con ciertas herramientas de análisis espacial para los datos espaciales.

Análisis Espacial o (Spatial Analyst en inglés) permite realizar los siguientes análisis:

- Análisis en función del parámetro Distancia
- Análisis de densidad espacial a partir de puntos o líneas
- Realizar Análisis de Interpolación de datos raster
- Análisis de Superficies (contorno, pendiente, aspecto, relieve)
- Análisis Espacial Estadístico
- Realizar reclasificaciones de datos raster
- Análisis de Costo y beneficio en función del parámetro Distancia
- Determinar cuál es el camino más corto.

---

<sup>1</sup> ArcGIS: Un sistema completo para el diseño y gestión de soluciones a través de la aplicación del conocimiento geográfico.

## **-Georeferenciación**

Es el proceso mediante el cual se asignan coordenadas espaciales a los datos que se muestran en una imagen tomada de la superficie terrestre. Los datos de la imagen son proyectados en el plano coordenado, generalmente se lo ingresan en un sistema de información geográfica y se convalidan las coordenadas con los puntos de la imagen a los cuales corresponden.

Para explicar de mejor manera lo que es la georeferenciación ponemos como ejemplo una imagen de la ciudad de Quito. Para poder georeferenciar la imagen vamos a tomar ciertos puntos GPS de control, datos que luego asociaremos a la imagen. Siendo así tomamos puntos de control GPS de varios lugares fácilmente identificables, por ejemplo; tomamos un punto del “Centro Comercial Quicentro”, otro punto en “Estado de la Liga de Quito”, en la “Casa de la Cultura Ecuatoriana”, en el “Camposanto Monteolivo” y finalmente un último en el “Centro Comercial EL BOSQUE”. Como podemos observar tomamos diferentes puntos de control en diferentes direcciones (norte, sur, este, oeste), una vez realizado este procedimiento se realiza un enganche entre el punto GPS tomado y la imagen de la superficie terrestre a través del uso de herramientas de sistemas de información geográfica, de esta manera se produce la llamada georeferenciación.

Según el CLIRSEN - Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos<sup>2</sup> (2007), la georeferenciación es “El proceso de asignar coordenadas de mapa a los datos de la imagen. Los datos de la imagen son proyectados en el plan coordenado deseado, pero no referenciados al sistema de coordenadas” (p.9).

---

<sup>2</sup> Centros de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remoto (CLIRSEN), Organismo de Derecho Público con personería jurídica y autonomía técnico-administrativa, con el objetivo fundamental de formar el inventario de los recursos naturales del Ecuador y generar la información que posibilite el uso, manejo y conservación de los mismos.

## **1.4 METODOLOGÍA**

### **1.4.1 Marco Metodológico General**

Esta disertación comprende un análisis de las metodologías empleadas para la identificación y evaluación de los riesgos por fenómenos naturales realizados en el Ecuador y experiencias metodológicas en otros países latinoamericanos como Perú y Chile.

Los estudios que se tomó a consideración corresponden:

1. Cartografía de Riesgos y Capacidades en el Ecuador de los Autores Florent Demoraes y Robert D'ercole.
2. Navegando entre Brumas, Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Análisis de Riesgo en América Latina, del Autor Andrew Maskrey
3. Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial en Chile, con la Autoría del Gobierno Chileno.
4. Generación de Metodología para Análisis de Amenazas y Vulnerabilidades en el Cantón Mejía.

El proceso metodológico para realizar un análisis de las metodologías de evaluación de riesgos por fenómenos naturales comprendió las siguientes etapas:

1. Investigación: recopilación de Información y posterior análisis comparativo de las metodologías seleccionadas.
2. Campo: recolección, levantamiento de información cualitativa e información georeferenciada, datos y toma de fotografía. En esta fase se desarrolla una metodología propia para el análisis de amenazas y vulnerabilidades en el Cantón Mejía. Se realizó una identificación de variables.
3. Gabinete: procesamiento, organización y análisis de información
4. Gabinete: análisis de resultados

Para la generación de mapas temáticos se trabajó con:

- Cartografía digital del Cantón Mejía escala 1:50 000
- Modelo Digital de Terreno
- Cartografía Base (división política administrativa, parroquial, ríos, poblados, infraestructura vial) a escala 1: 250 000

#### **1.4.2 Instrumentos Metodológicos para el análisis de riesgos por fenómenos naturales en el Cantón Mejía.**

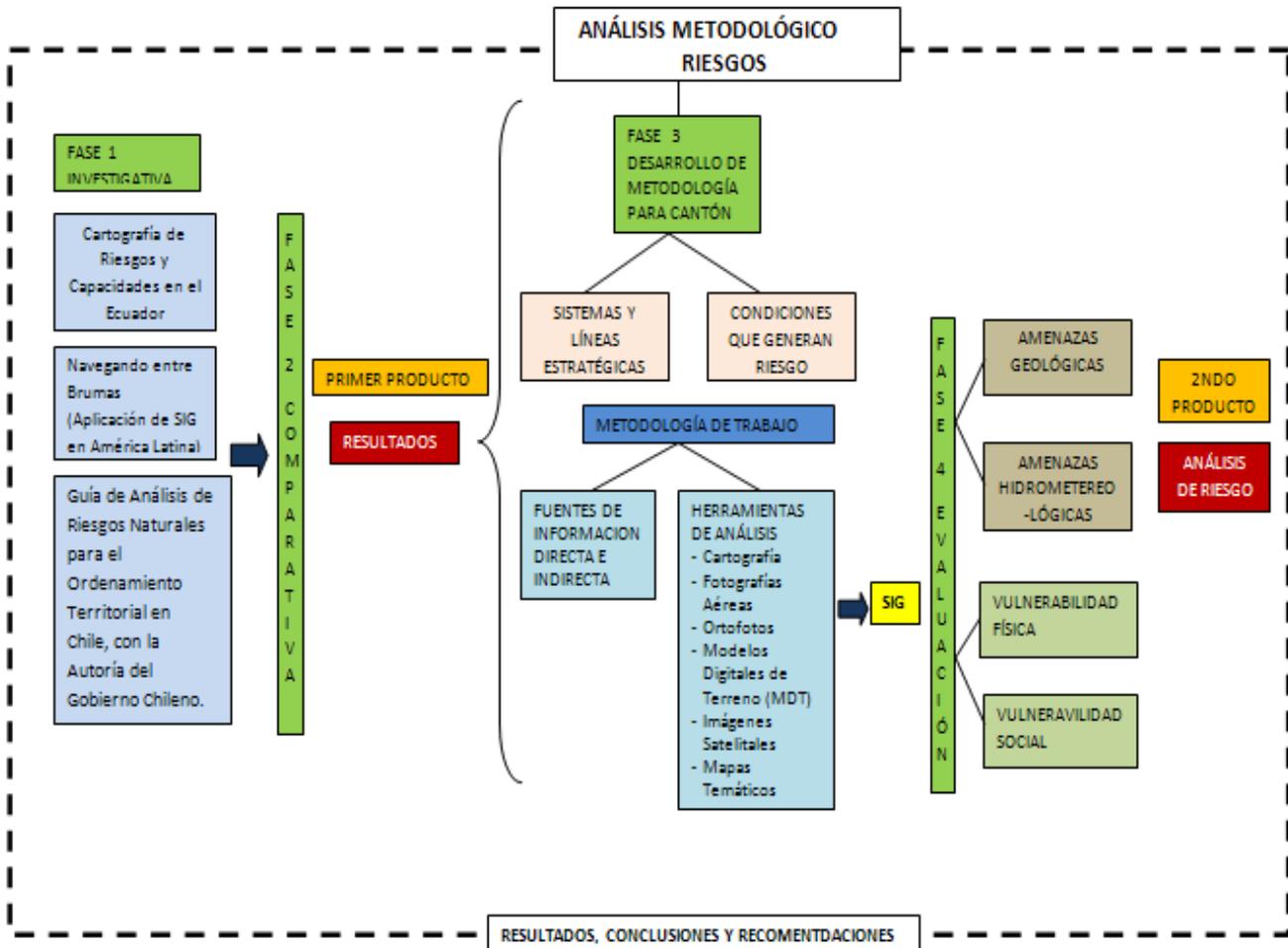
Para realizar un análisis de los riesgos por fenómenos naturales dentro del Cantón Mejía, se ha utilizado diversos instrumentos como son los sistemas de información geográfica. Se utilizó cartografía base e información cartográfica a escala 1:250.000 referente a cuencas hidrográficas, ríos dobles, simples, centros poblados, curvas de nivel etc. Cabe mencionar que la información recopilada es información reconocida a nivel de instituciones ecuatorianas y que se encuentran publicadas en el internet a través del Sistema Nacional de Información que desarrolló la Secretaría Nacional de Planificación del Ecuador (SENPLADES). Además se trabajó con cartografía complementaria a escala 1:50.000 correspondiente al Cantón Mejía, la misma que fue proporcionada por el Centro de Levantamiento Integrado de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) actual Instituto Espacial Ecuatoriano -IEE.

En el análisis de riesgos se utilizó además las herramientas de Análisis Espacial y Análisis 3D, incorporadas en el programa ArcGis versión 10, el cual a través de diversas funciones y herramientas informáticas propias del programa, permitieron cumplir con el objetivo propuesto en este estudio.

La descripción de los procedimientos se explicará detalladamente más adelante en el desarrollo del estudio. Cabe mencionar que se tomaron ciertos aportes y referencias en base a guías metodológicas de instituciones como el CLIRSEN-IEE, para la generación de la metodología de análisis del riesgo en el Cantón Mejía.

A continuación se presenta una matriz sobre la Metodología General que fue aplicada para el desarrollo de este estudio. *(Ver Gráfico N° 1)*

Grafico N° 1 Análisis Metodológico de Riesgos



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Metodología CLIRSEN, año 2010.

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS DE METODOLOGIAS DE RIESGOS**

#### **2.1 ANÁLISIS METODOLÓGICO DE “CARTOGRAFÍA DE RIESGOS Y CAPACIDADES EN EL ECUADOR”**

Esta publicación realizada por los autores Florent Demoraes y Robert D’ercole fue tomada como parte de este estudio debido a los instrumentos de información basados en prioridades geográficas, el cual permite obtener una caracterización si bien es cierto general de las diferentes amenazas y vulnerabilidades, pero además una visión integrada del riesgo en el Ecuador con información histórica de los eventos ocurridos en diferentes zonas del país.

##### **2.1.1 ANTECEDENTES.-**

Dentro de este estudio se propuso realizar un análisis de las diferentes metodologías para análisis de riesgos por fenómenos naturales, ante esto, una de las publicaciones con reconocimiento a nivel institucional dentro del Ecuador es la publicación realizada por los autores Florent Demoraes y Robert D’Ercole. En su estudio realizan un diagnóstico e inventario de los múltiples peligros ambientales que se han producido en el Ecuador, caracterizando dichos peligros de acuerdo al tipo, magnitud, probabilidad y extensión de los diferentes fenómenos de origen natural.

Como antecedentes a su estudio los autores, realizan una zonificación de las áreas afectadas por fenómenos (terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías, derrumbes, tsunamis) entre otros, generando de esta manera cartografía de riesgos a escala nacional y local. Lo interesante de este trabajo es la superposición de información que generan los autores, en la cual trabajan con información de peligros de origen natural y a su vez yuxtaponen información de carácter social.

Al incorporar la información de carácter social se hace connotación a la vulnerabilidad de ciertas comunidades y grupos sociales, los cuales dependen de una serie de factores sociales, culturales y económicos.

Para los autores el conocer las capacidades locales y organizacionales les otorga una apreciación con respecto a la vulnerabilidad de ciertas zonas. Ellos manifiestan “Una comunidad vulnerable, expuesta a peligros y con pocas capacidades, está en situación de RIESGO”.

En la primera fase de este estudio se generó una serie de mapas de peligros de origen natural a nivel nacional a nivel nacional, esta fase fue de gran importancia para la fase consiguiente en la cual se realizó una selección de sectores geográficos prioritarios en función del grado de riesgo, el mismo que estaba definido por 3 variables; la exposición da amenazas de origen natural, el nivel de vulnerabilidad y la presencia institucional o capacidades.

### **2.1.2 METODOLOGÍA.-**

Este estudio abarcó únicamente seis amenazas naturales (terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías, derrumbes y tsunamis), considerándose a estas amenazas importantes en el Ecuador debido al grado de magnitud y ocurrencia.

Los autores utilizaron herramientas de sistemas de información geográfica para realizar dos tipos de mapas; “Mapas de Fenómenos Ocurridos” y “Mapas de Eventos Potenciales”.

Para esto se tomaron registros históricos de los desastres ocurridos, algunos registros tomados provienen desde la época de la conquista española. Los mapas de eventos potenciales, se elaboraron en función de la característica de la amenaza (intensidad, peligrosidad, extensión).

Se realizaron además dos mapas, el “Mapa Multifenómeno” y el “Mapa de Nivel de Amenazas por Cantón”, ambos sintetizan espacialmente las seis amenazas naturales mencionadas anteriormente. Estos mapas serán explicados a profundidad más adelante en el documento.

### **2.1.3 LIMITANTES.-**

Los autores mencionan que una de las limitantes para el desarrollo de esta publicación, fue la heterogeneidad de las fuentes, especialmente cuando se trabaja con cartografía recopilada de varias instituciones.

La heterogeneidad de las fuentes es una limitante muy común al realizar este tipo de trabajos, puesto que muchas veces se debe trabajar con diferentes escalas y diferentes sistemas de información. Este problema subyace debido a que las instituciones privadas y estatales no cuentan con parámetros estandarizados al generar información de tipo cartográfico, obligando al investigador a trabajar con información que muchas veces no es la adecuada.

En la actualidad estos problemas se han ido solventando debido a ciertas reformas que se han dado para la generación de nueva cartografía, especialmente la generada para uso público por parte de Instituciones Estatales, las cuales tienen un mayor control y exigencia en el cumplimiento de estándares para la generación de información georeferenciada.

### **2.1.4 SITUACIÓN GENERAL FRENTE AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL**

El Ecuador desde 1587 en concordancia con los registros presentados por los autores de la publicación “Cartografía de Riesgos y Capacidades del Ecuador”, ha presentado una serie de eventos de carácter catastrófico, puesto que sus fenómenos naturales han sido considerados de gran magnitud y gran extensión.

El componente social se convierte en un aspecto de gran importancia al momento de cuantificar y medir los peligros naturales, especialmente por ser un país andino, se presentan varias características de tipo físico y social.

Los autores nombran ciertas características que condicionan las amenazas naturales; precipitaciones, sucesión de estaciones secas y lluviosas, territorios con un desnivel importante, vertientes empinadas y de gran extensión, formaciones geológicas susceptibles a la erosión, ubicación territorial a la orilla del océano

Pacífico, planicies fluviales con pendiente débil, Zona de subducción de la placa de Nazca con la Placa Sudamericana, etc. (Ver Tabla N° 1)

Tabla N° 1 Tipo de Amenazas y Características

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>Precipitaciones pluviométricas de fuerte intensidad</b>	Inundaciones
<b>Variabilidad climática, con sucesión de estaciones secas y lluviosas</b>	Inundaciones/Sequías
<b>Vertientes empinadas de gran extensión</b>	Coladas
<b>Formaciones geológicas susceptibles a erosión</b>	Derrumbes
<b>Desniveles importantes</b>	Deslizamientos
<b>Planicies fluviales con pendiente débil</b>	Sismos/Terremotos
<b>Zona de subducción de la placa Nazca con la placa Sudamericana.</b>	Volcánica/Tsunami

Elaborado por: Daniela Jiménez. Fuente: DMORAES, D'RECOLE (2001)

En su estudio datan registros de fenómenos naturales desde el año 1587, hasta el año 1999. Los fenómenos naturales con mayor grado de incidencia fueron los terremotos y se localizaron en la zona de la sierra central en lugares como: Pichincha-Quito, Cotopaxi-Latacunga, Chimborazo-Riobamba, Tungurahua-Ambato. En la zona de la costa ocurrieron en cuantía menor los fenómenos naturales de inundaciones.

Para la realización de mapas de eventos ocurridos y potenciales de amenazas, se trabajó con información referente a sequías, deslizamientos e inundaciones ocurridas proveniente de una base de Datos RED, la cual realiza estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Además se trabajó con información proporcionada por Desinventar, el cual es un sistema de información que realiza un inventario de desastres.

Cabe mencionar que esta tipo de información fue de carácter descriptivo, que se encontró clasificada de acuerdo a los parámetros de tipo de desastre, fecha, causas, efecto, ubicación y duración. En cuanto a la ubicación, la información se encontraba

clasificada por división político administrativo- cantón. Varios de los datos geofísicos fueron proporcionados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

## **2.1.5 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA ANÁLISIS DE AMENAZAS**

### **2.1.5.1 AMENAZAS GEOFÍSICAS.-**

#### **Terremotos y Tsunamis**

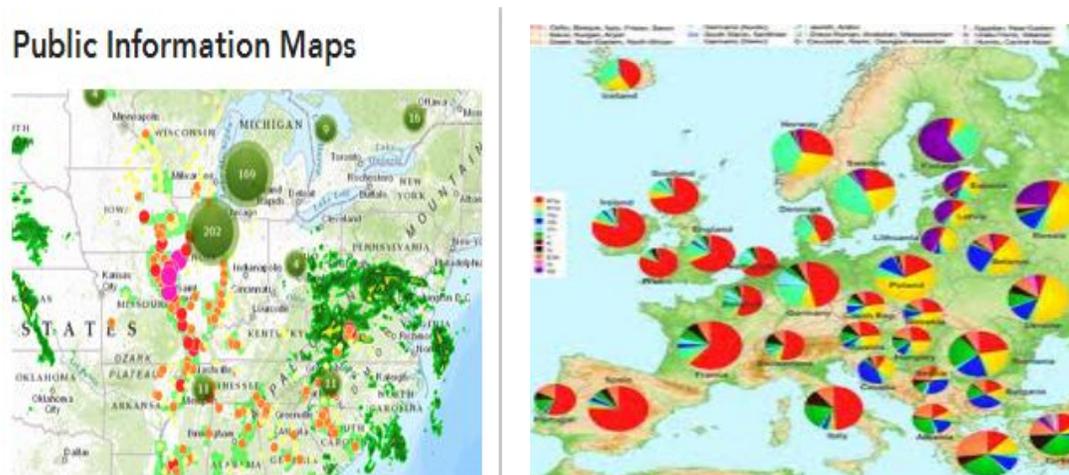
El mapa de terremotos generado por los autores, se lo realizó utilizando un programa o sistema de información geográfica, el cual permitió mapear de manera cualitativa los terremotos que pasaron la intensidad superior a VIII en la escala de Mercalli. Se mapearon los eventos que ocurrieron desde 1541 hasta 1998. *(Ver Fotografía N° 1)*



Fuente: Anónimo (1906)

Este tipo de mapas se caracterizan por presentar gráficos los cuales tienen cierto grado de ponderación. Es decir, la información se ve representada por figuras ya sea círculos o pasteles, los cuales van variando su tamaño de acuerdo al grado de magnitud o ponderación que tenga el fenómeno o la variable de estudio. En el siguiente gráfico podemos observar de este tipo de mapas. *(Ver gráfico N° 2)*

Gráfico N° 2: Imágenes de Mapas con información Estadística o de Ponderación



Fuente: Pagina Oficial ESRI (2013)

En este caso el Mapa de Terremotos de Ecuador, se realizó en función de la variable intensidad, la cual se refiere a una escala de 12 grados desarrollada para medir la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras. Esta escala es conocida como la Escala de Mercalli.

Las pérdidas humanas, impacto social y económico que puede causar el fenómeno natural, es de gran importancia para determinar el grado de intensidad. Los autores hablan de una intensidad de 1 a 10, siendo 1 la más baja y 10 la más alta.

El grado de intensidad se mide además por los eventos asociados al fenómeno natural, es decir si como causa de un terremoto se producen otro tipo de fenómenos naturales, como deslizamientos, inundaciones o movimientos en masa asociados al sismo etc.

Con el Mapa de Terremotos, los autores concluyen que la zona de la Sierra central (Ambato, Riobamba), Sierra Norte y las Zonas Costeras (Esmeraldas y Manabí), son las zonas con mayores pérdidas por terremotos en el Ecuador. (Ver Anexo N° 8)

El desarrollo del Mapa de Amenaza Sísmica y de Tsunami en el Ecuador, se lo realizó en base a parámetros de zonificación de acuerdo a las normas de edificaciones en el país. Para esto se tomo como factor de medición la aceleración máxima efectiva en roca para el sismo de diseño, la aceleración está expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. Y Se trabajaron con los siguientes parámetros de medición; 0,15 (Zona I de menor peligro) a 0,40 (Zona IV de mayor Peligro).

Dentro del sistema de información geográfica se posicionó en la cobertura de cantones shp., los puntos del fenómeno natural correspondiente a sismo y tsunami, a estos puntos se le asignaron las ponderaciones de 0.15, 0.25, 0.30 Y 0.40 respectivamente. Utilizando las herramientas del programa opción Spatial Analyst, se generó un mapa con la zonificación de sismos y tsunamis. En el mapa resultante se puede observar que las zonas que tiene mayor grado de peligro, corresponden a las zonas ubicadas en el sector de la Sierra Central (desde Tulcán hasta Riobamba) y en la zona Costera (desde Esmeraldas hasta Guayaquil).

### **Erupciones Volcánicas**

El Mapa de Erupciones Volcánicas ha sido desarrollado al igual que los anteriores con un sistema de información geográfica. En el programa se ha realizado una ubicación de los principales volcanes del Ecuador, además se los ha clasificado de acuerdo al número de erupciones ocurridas desde el siglo XVI. (*Ver Fotografía N° 3*)



Fuente: Arízaga A. (2010)

El sistema de información geográfica permite clasificar la información de acuerdo los parámetros que se desee incorporar en el análisis. Al respecto, los autores decidieron clasificar la información en tres rangos: Se asignó el valor (1) a ninguna erupción, (2) entre 1 y 15 erupciones y (3) más de 15 erupciones. Es interesante ver como los Sistemas de Información Geográfica permiten realizar diferentes tipos de mapas y permiten visualizar información tan específica y básica de diferente manera. Con esta información se pudieron generar 2 mapas, el primero en el cual se muestran los volcanes que han tenido mayor actividad y menor actividad, así como la zona de influencia de erupciones volcánicas. El segundo en el cual se muestra los volcanes activos e inactivos del Ecuador y se encuentran a un grado de detalle en base a su grado de peligrosidad. (Ver Anexo N° 9 y 10)

Los autores en su publicación se preocupan por dar la explicación histórica de los acontecimientos, es decir como el volcanismo se lo ha considerado desde hace años atrás y como éste ha influenciado en las comunidades, poblaciones y sectores

productivos del Ecuador. Es en este sentido interesante analizar como a través de un mapa, se puede llegar a determinar una serie de explicaciones y connotaciones sobre un determinado tema y en este caso el correspondiente a fenómenos naturales.

Otro de los mapas que se desarrollan en la publicación, en relación al volcanismo, son los que cuentan con información de los lahares o avenidas de lodo los cuales van tomando posesión de vías, ríos, viviendas y destruyen todo lo que se encuentra en su camino. Los lahares son considerados una amenaza importante debido a la gran extensión que pueden recorrer y el alto grado de destructividad que tienen. Estos fenómenos generalmente se forman ya sea por erupciones volcánicas o por el derretimiento de los glaciares y las nieves ubicadas en el cráter. Otro factor puede ser las abundantes precipitaciones.

Para el desarrollo del “Mapa de Amenazas Volcánicas Potenciales”, se puede observar que se ha mapeado las zonas que se encuentran potencialmente expuestas a los Lahares y Flujos piroclásticos. Los lahares se los ha clasificado de acuerdo a su grado de peligrosidad “mayor” y “menor”.

Con respecto a este mapa se me han presentado algunas observaciones, por ejemplo al identificar el grado de peligrosidad por el fenómeno natural, en este caso lahares y flujos piroclásticos, es difícil determinar el grado de afectación puesto que no se ha incorporado en el mapa información relevante de centros poblados, vías, zonas productivas etc. Al incorporar ésta información considero que se podría determinar de mejor manera el grado de amenaza de este fenómeno. (*Ver Anexo N° 11*).

## 2.1.5.2 AMENAZAS MORFOCLIMÁTICAS.-

### Las inundaciones



Fuente: Jaramillo J. (2013)

De la misma manera que los mapas descritos anteriormente, el Mapa de Inundaciones ocurridas en el Ecuador, fue construido de acuerdo a los registros de inundaciones con mayor grado de intensidad entre los años de 1988 a 1998 y se desarrollaron en base a los datos que fueron remitidos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología- INAMHI y la información proporcionada por DesInventar (Sistema de Inventario de Desastres Naturales). (Ver Fotografía N°3)

El primer mapa (Ver Anexo N° 12), se lo genero de acuerdo al número de eventos que se produjeron a nivel nacional. Se reclasificaron los datos de acuerdo a 5 rangos; valor desconocido, menores de 20, entre 20 a 40, entre 40 a 100 y más de 100. Con el mapa se pudo determinar que las provincias mayormente afectadas en la zona costera fueron las provincias de Guayas, Manabí, Los Ríos, Esmeraldas y El Oro.

El segundo mapa de inundaciones fue generado de acuerdo a 3 aspectos relevantes; inundaciones por precipitaciones extremas, inundaciones por desbordamiento de los ríos e inundaciones por taponamiento del drenaje o lahares. Es importante el uso de los sistemas de información geográfica cuando se requiere realizar un mapeo con información de carácter descriptiva puesto que, estos sistemas te permiten incorporar información gráfica de variables potenciales que pueden alterar los resultados y proporcionar un análisis integrado de varios componentes. En este caso se añadió información geográfica de los ríos del Ecuador, tomando en cuenta aquellos que sufren procesos de crecimientos ocasionados por fenómenos naturales. Los resultados se evidencian en la zona costera del Ecuador debido a la ocurrencia del “Fenómeno de El Niño”.

Los sistemas de información geográfica se han venido desarrollando fuertemente con el pasar de los años, actualmente podemos utilizar información de primera mano en el internet como imágenes satelitales, cartografía digital, fotografía aérea o información levantada en territorio por empresas institucionales y estatales. Esto ha permitido generar mapas y cartografía de precisión con información relevante, la cual cada día está siendo utilizada para la generación de nuevos análisis, estudios y publicaciones en diferentes ámbitos.

El estudio “Cartografía de Riesgos y Capacidades del Ecuador” que ha sido tomado como referencia metodológica corresponde al año 2001, por lo que se puede observar que la información generada en cuanto a su escala y detalle de datos fueron generales acorde a la tecnología de la época y en su mayoría se obtuvieron datos cualitativos descriptivos, es por esta razón que los mapas generados corresponden a una visión general en lo relacionado a amenazas y vulnerabilidades.

Los autores generaron un mapa de zonas potencialmente inundables en el Ecuador, para esto se tomó la información de las zonas que fueron inundadas en años pasados y las zonas que tienen una altura menor a 40 metros sobre el nivel del mar. Estas zonas generalmente se encuentran en las zonas bajas de las cuencas hidrográficas, debido a que las pendientes son débiles. Al respecto, los autores

mencionan en que en este mapa los criterios para el procesamiento de la información fueron bastante limitados, puesto que no tomaron otros criterios de análisis para zonas con mayores pendientes como el caso de la Amazonía o llanuras de altura, lugares en los cuales también se presentan zonas inundables.

### **Los movimientos en masa (Ver Fotografía N° 4)**



Fuente: Anónimo (2013)

Los movimientos en masa en el Ecuador ocurren con bastante frecuencia debido a las condiciones geofísicas y geomorfológicas. Según los autores DEMORAES F. y D'RCOLE R. las provincias en las que se producen mayor cantidad de deslizamientos son Manabí, Pichincha, Guayaquil y Esmeraldas. Los datos proporcionados por DesInventar se visualizan en el Mapa de Deslizamientos ocurridos en el Ecuador durante el período 1988 y 1998. En continuación con la metodología de los mapas anteriormente descritos, este mapa registró el número de deslizamientos ocurridos en el Ecuador. En el programa SIG se reclasificó los datos de acuerdo los 5 rangos; a) de 0 a 10 eventos, b) de 10 a 20 eventos, c) de 20 a 30 eventos y d) de 30 a 45 eventos.

Esta metodología arrojó que las provincias de Manabí y Pichincha presentan el mayor grado de amenazas por deslizamientos. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que existen otros factores para determinar deslizamientos, por ejemplo las lluvias, sismos, tipo de suelos producen generalmente desmoronamientos y eventos de este tipo.

En el “Mapa de deslizamientos y derrumbes potenciales del Ecuador” lo que se mostró son aquellas zonas potencialmente sensibles frente a peligros naturales como son los derrumbes y deslizamientos. Para el desarrollo de este mapa se trabajó con información proveniente de INFOPLAN (ODEPLAN 1999), información cartográfica de pendientes superiores a 12 grados. Sin embargo no se utilizó información cartográfica que incorpore otros factores condicionantes a deslizamientos, es decir según los autores se descartó información de carácter geológico y geomorfológico, fallas tectónicas, extensión de vertientes y uso antrópico de los suelos.

El Ecuador por encontrarse en la estribaciones de la cordillera de los Andes, es considerado como un país potencialmente expuesto y amenazado por exposiciones morfodinámicas, pero estas exposiciones no son las únicas que están sujetas a una consideración, más allá de estos factores actúan factores climáticos y fenómenos naturales de otra índole. En la Costa ecuatoriana incide con gran apogeo la influencia del Fenómeno de “El Niño”, el cual genera aluviones y laderas propensas a deslizamientos debido a las condiciones meteorológicas y estaciones de lluvia que desestabilizan las vertientes y los suelos.

### **Las sequías**

En cuanto a los registros de sequías en el Ecuador, los autores han determinado que durante el período de 1988 a 1998 únicamente las provincias de El Oro y Manabí se han catalogado como las mayormente afectadas.

De acuerdo a información generada por el Centro de Operaciones Emergentes del Ecuador (COE), cinco provincias del Ecuador se declararon en emergencia en el año 2011 debido al déficit de lluvias. Las provincias mayormente afectadas fueron

Guayas, Los Ríos, Santa Elena, El Oro y Manabí, en las cuales se presentaron registros de pérdidas de miles de hectáreas de cultivos de arroz y maíz de acuerdo a los reportes presentados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) y la Secretaría Nacional de Riesgos (*Ver Fotografía N°5*).



Fuente: Mena P. (2009)

Como podemos observar este fenómeno natural se ha propagado a través de los años y sigue siendo uno de los fenómenos que más afectaciones genera para el Ecuador, con una fuerte incidencia en el ámbito productivo, económico y social.

El Mapa de Sequías Ocurridas en el Ecuador fue construido en base al número de eventos de sequías que se produjeron entre 1988 y 1998. Los datos fueron presentados por DesInventar, y las provincias mayormente afectadas fueron la provincia de Manabí y El Oro. Los números de sequías se clasificaron en 3 rangos, siendo así; a) ningún evento, b) de 1 a 2 eventos y c) 4 eventos.

En cuanto al mapa de zonas potencialmente expuestas a sequías, se elaboró en función de la intensidad del déficit hídrico, con información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) para el período 1974 -2000.

El déficit hídrico está expresado en milímetros y se lo calcula en función de la siguiente fórmula:

$$\text{Déficit Hídrico} = \text{precipitaciones} - \text{evapotranspiración real}$$

En la fórmula de déficit hídrico la evapotranspiración corresponde a la cantidad de agua en milímetros (mm) que se evapora de los suelos, más la cantidad de agua proveniente de la transpiración de los vegetales.

Los autores mencionan que para realizar este mapa únicamente se tomaron estos datos, dejando fuera del análisis a variables que se consideran influyentes dentro del fenómeno de sequías, estas variables son; el viento, la heliofanía, naturaleza de los suelos, y la altura. Los autores explicaron que el viento es un factor determinante para generar sequedad en el suelo, así como la heliofanía que tiene que ver con la cantidad de soleamiento, además la naturaleza de los suelos es de gran importancia puesto que su composición puede incidir en el fenómeno sequía, al igual que la altura.

El primer mapa realizado fue el Mapa de Sequías Ocurridas en el Ecuador durante 1988 hasta 1998. Los registros de sequías ocurridas en el Ecuador, se clasificaron en 3 rangos; a) ningún evento, b) de 1 a 2 eventos y c) de 4 eventos. El mapa registró que las provincias de Manabí y El Oro son las que mayor incidencia del fenómeno sequía han presentado, mientras que las provincias de Esmeraldas, Carchi, Pichincha, Tungurahua, Guayas y Azuay presentaron el fenómeno sequía con un menor registro de eventos, pero igualmente con un grado de importancia reconocido.

En cuanto al Mapa de Zonas Potencialmente Expuestas a Sequías, se tomaron los valores proporcionados por el déficit hídrico, los valores fueron clasificados en 6 rangos; a) de 0 a 100, b) de 100 a 300, c) de 300 a 500, d) de 500 a 700, e) de 700 a 900 y f) de 900 a 1200, valores que van de menor peligro a mayor peligro. El sistema de información geográfica que realizó el mapeo de los valores de déficit hídrico, utilizó una herramienta de análisis espacial la cual permitió realizar una clasificación de la información incorporando el componente espacial. Los resultados del mapeo registraron que el fenómeno natural de sequías se produce con mayor peligro en la zona costanera del Ecuador.

### **2.1.5.3 MAPA MULTIFENÓMENO**

El mapa multifenómeno corresponde a un solo mapa que sintetiza las amenazas (potenciales) por fenómenos naturales en el Ecuador. En este mapa se sobrepuso la información de los seis tipos de amenazas; sísmico, volcánico, inundación, deslizamiento, sequía y tsunami.

Con este mapa se pudo determinar que la sierra y costa ecuatoriana, son las zonas que mayor incidencia de amenazas presentan.

Es interesante como a través de este mapeo se determina los fenómenos de origen natural, se desarrollan en base a la ubicación espacial. Es decir la Costa ecuatoriana por tener la influencia de “El Niño” tiene un alto grado de ocurrencia de diversos tipos de fenómenos naturales como son las inundaciones, sequías y movimientos en masa.

Por otro lado la Sierra ecuatoriana al encontrarse en una zona andina, presenta alto potencial de ocurrencia de fenómenos naturales como; vulcanismo, sismos y derrumbes. De acuerdo a los mapeos realizados por los autores, la Amazonía y el sureste del país presentan en menor grado de ocurrencia de fenómenos de origen natural.

### 2.1.6 METODOLOGÍA PARA VALORACIÓN DE AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL POR CANTÓN EN EL ECUADOR.

En la descripción anterior de cada uno de los fenómenos de origen natural, se realizaron dos mapas por el tipo de peligro natural, el primer mapa se lo realizó de acuerdo a los eventos ocurridos o registrados y el segundo mapa de acuerdo a las zonas potenciales de ocurrencia en base a diferentes tipos de variables según el fenómeno de estudio.

Para realizar el mapa de amenazas se realiza una metodología por cada cantón del Ecuador. Es decir se toman en cuenta los registros de los eventos ocurridos y las variables consideradas en función del grado de peligrosidad de cada fenómeno natural. De esta manera al sumar ambos datos, se pudo determinar una ponderación de peligro por cada fenómeno natural estudiado. Cabe mencionar que este valor de peligro fue asignado subjetivamente en base a los datos que previamente fueron cruzados.

Para mayor comprensión del párrafo anterior a continuación se explica con detalle cada uno de los mapas de amenazas según el tipo de peligro natural.

#### **Peligro sísmico**

Para determinar el nivel de amenaza sísmica por cantón, se tomó como referencia la zonificación sísmica que elaboró el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, esta zonificación estuvo definida a partir de la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño. La aceleración se expresó como fracción de la aceleración de la gravedad. Con estos datos se realizó una clasificación de 4 zonas; 1) zona de menor peligro y 4) zona de mayor peligro, además se le asignó un valor para la zona que iba de 0 a 3. Como se observa en la Tabla N°1 siguiente:

<b>Peligro Sísmico</b>	<b>Valor</b>
Zona IV	3

Zona III	2
Zona II	1
Zona I	0
Máximo	3
Mínimo	0

Elaborado por: Florent Demoraes y Robert D'ercole, 2001.

Estos valores fueron incorporados en el sistema de información geográfica Arcgis, y se los registró en la tabla de atributos del shapefile de cantones. Se realizó una reclasificación en base a las 4 zonas, los resultados que arrojó el sistema de información geográfica fue que las zonas con mayor nivel de amenaza sísmica se encontraban en la franja Litoral, la Sierra Central y Sierra Norte.

### **Peligro de Tsunami o Maremoto**

Para la realización del mapa amenazas a peligros de tsunami o maremoto, se asignaron valores de ponderación mayor a los cantones ubicados en las zonas costeras y litorales del Ecuador. En este sentido los autores asignaron valores de acuerdo a 3 tipos de zonas; (*Ver Tabla N°2*)

<b>Peligro de Tsunami</b>	<b>Valor</b>
Zonas litorales las más sísmicas	2
Otras zonas litorales con peligro sísmico menor	1
Zonas no litorales	0
Máximo	2
Mínimo	0

Elaborado por: Florent Demoraes y Robert D'ercole, 2001.

Este mapa obviamente resulto mayor incidencia a peligros de tsunami o maremoto en las zonas costeras del país.

## Peligro Volcánico

Para mapear el nivel de amenaza volcánica los autores consideraron hacer una ponderación de acuerdo a 4 casos específicos:

- 1) Valor 3 para los cantones que encuentran total o parcialmente en zonas de volcanes o influencia directa.
- 2) Valor 2 para los cantones con peligro volcánico, que se encuentran en alrededores de volcanes cuya actividad histórica representa todavía amenazas potenciales.
- 3) Valor 1 para los cantones con peligro volcánico bajo, que se encuentran en alrededores de volcanes cuya actividad histórica no ha sido importante o no se tuvieron erupciones volcánicas.
- 4) Valor 0 para cantones que se encuentran fuera de zonas de volcanes.

En la siguiente Tabla N° 3 se resume lo mencionado anteriormente;

<b>Peligro Volcánico</b>	<b>Valor</b>
Zonas de los volcanes: Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi.	3
Zonas con otros volcanes de actividad histórica.	2
Zonas con otros volcanes sin actividad histórica	1
Sectores sin volcanes	0
Máximo	3
Mínimo	0

Elaborado por: Florent Demoraes y Robert D'ercole, 2001.

El mapa resultante de esta zonificación, demuestra que la Sierra Centro, Sierra Norte y la provincia de Napo constituyen las zonas en las cuales se presentan con mayor intensidad las amenazas por peligro volcánico.

## Peligro de Inundación

En cuanto al mapa de amenazas por inundaciones, los autores realizaron una clasificación en 4 clases con valores que van de 0 a 3 y en función de los eventos de inundaciones registradas en las dos últimas décadas.

- 1) Valor 3 para los cantones con mayor peligro de inundación, zonas en las cuales se produjo desbordamiento de ríos, precipitaciones extremas ocasionadas por el fenómeno de “El Niño” en el período de 1982 o 1998.
- 2) Valor 2 para los cantones que sufrieron inundaciones por el fenómeno de “El Niño” o por otros fenómenos (taponamiento del drenaje), en el período 1982 o 1998.
- 3) Valor 1 Cantones levemente inundados, zonas de menos de 40m de altura.
- 4) Valor 0 Cantones que no presentaron inundaciones

En el siguiente Tabla N° 4 se resume lo mencionado anteriormente;

<b>Peligro de Inundación</b>	<b>Valor</b>
Zonas Inundadas en 1982 y en 1998	3
Zonas Inundadas en menor grado 1982 o 1998 u otro tipo (Oriente)	2
Zonas de menos de 40m de altura o levemente inundada	1
Zonas sin inundación	0
Máximo	3
Mínimo	0

Elaborado por: Florent Demoraes y Robert D'ercole, 2001.

Al incorporar estas variables en el sistema de información geográfica que les permitió mapear estos valores, se obtuvo como resultados que los cantones de la Costa, seguidos de los cantos que cuentan con ríos orientales (Pastaza/Napo) son los que mayores amenazas por inundaciones presentan.

## Peligro de Deslizamiento

Con respecto al mapa de amenazas por deslizamientos, para su construcción se clasificó a los cantones de acuerdo a 4 categorías, primeramente partiendo de la información de zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales y la información de pendientes mayores. La clasificación se la hizo de la siguiente manera:

- 1) Valor 3 para cantones con mayor peligro, aquellos ubicados en zonas de alto potencial de deslizamientos y zonas de mayor pendiente.
- 2) Valor 2 para cantones con peligro alto, aquellos que tienen el 30% de su superficie expuesta a deslizamientos.
- 3) Valor 1 para cantones con peligro relativamente alto, aquellos que tienen menos del 30% de su superficie expuesta a deslizamientos potenciales.
- 4) Valor 0 para cantones que no están expuestos a éste fenómeno.

En la siguiente Tabla N° 5 se resume lo mencionado anteriormente;

<b>Peligro Deslizamientos</b>	<b>Valor</b>
Potencial con mayores pendientes	3
Potencial bien representado	2
Potencial poco representado	1
El resto	0
Máximo	3
Mínimo	0

Elaborado por: Florent Demoraes y Robert D'ercole, 2001.

Con la aplicación de la metodología de los autores, el mapeo de amenazas por deslizamientos arrojó como resultados que la Sierra se encuentra expuesta a los mayores peligros. Los cantones de Manabí y Esmeraldas presentan un peligro considerable alto.

### **Peligro de Sequías.**

Para determinar el nivel de amenaza por sequía, se tomó la información de déficits hídricos. Los cantones se los clasificó de acuerdo a tres tipos;

1. Valor 2 para los cantones con el máximo peligro de sequía, es decir aquellos que se encuentran parcial o completamente en zonas con déficit hídrico anual o superior a 700mm.
2. Valor 1 para los cantones con el peligro de sequía medio, es decir aquellos que se encuentran completamente en zonas cuyo déficit hídrico anual está entre 300 y 700mm.
3. Valor 0 para los cantones con peligro de sequía bajo, es decir aquellos que se encuentran en zonas cuyo déficit hídrico anual es igual o menor que 300mm.

En la siguiente Tabla N° 6 se resume lo mencionado anteriormente;

<b>Peligro Sequías</b>	<b>Valor</b>
Fuerte potencial	2
Potencial Medio	1
Potencial Débil	0
Máximo	2
Mínimo	0

Elaborado por: Florent Demoraes y Robert D'ercole, 2001.

Esta clasificación de la información que realizaron los autores, permitió desarrollar el mapa de amenazas por sequía del Ecuador, en el cual principalmente se determinó que las provincias que mayormente estaban expuestas a este peligro fueron las provincias de Guayas, Manabí, El Oro, en la Costa y las provincias de Azuay, Loja e Imbabura en la Sierra.

### **2.1.7 GENERACIÓN DEL MAPA DE RIESGOS DEL ECUADOR**

En esta fase los autores mencionan que para obtener el mapa de riesgos, añadieron información complementaria de vulnerabilidad social, información que se encuentra asociada a las capacidades locales y de conflictos que pueda tener determinada zona, sector o cantón.

Con respecto a esta fase del estudio, resultó decepcionante ya que en el estudio los autores no detallan las acciones realizadas para determinar el grado de vulnerabilidad del Ecuador y más bien se habló en términos generales la información que se incorporó para determinar la cartografía de riesgos.

Sin embargo, vale señalar que determinar la vulnerabilidad de una zona no es un hecho fácil, se deben para esto tomar en cuenta una serie de variables e indicadores que miden el impacto social, además de información de infraestructura, organización político-administrativa, y de condiciones de vida de la población afectada. Esto se lo evaluará más adelante con metodología empleada para el Cantón Mejía, en la cual se visibilizará la vulnerabilidad del mencionado cantón.

## **2. 2 ANÁLISIS METODOLÓGICO DE “NAVEGANDO ENTRE BRUMAS” APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL ANÁLISIS DE RIESGO EN AMÉRICA LATINA**

### **2.2.1 INTRODUCCIÓN.-**

Esta publicación realizada por Andrew Maskrey, recopila una serie de análisis del riesgo en diversos sectores de América Latina, lo interesante de estos análisis son la importancia de la aplicación de los sistemas de información geográfica y la utilidad de los datos presentados por la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina-La RED, estos datos fueron levantados en el año 2008.

Según Masrkey 2008, su publicación permite a investigadores y usuarios que adopten una posición analítica hacia el desarrollo de las aplicaciones SIG, específicamente las cuales se enfocan al análisis de riesgos. De la misma manera está publicación permite adoptar diferentes posturas en función de las metodologías y conceptos utilizados para el análisis de los riesgos en América Latina, debido a que muchas veces las metodologías y análisis utilizados para la identificación y valoración de riesgos no favorecen a la utilización de estrategias para resolución de problemas y gestión de riesgos. Muchas de estas metodologías se ven enfocadas en aspectos naturales y físicos de los desastres, pero se olvidan de prestar atención a elementos significantes como son los de carácter social político y económico.

Maskrey (1998) afirman que;

El objetivo central de la publicación de este libro por parte de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina: La RED, es que los investigadores diseñadores y usuarios comprometidos adopten una actitud crítica y analítica hacia el desarrollo de aplicaciones de SIG para el análisis de riesgos, mejorando la calidad de las mismas. (p.8)

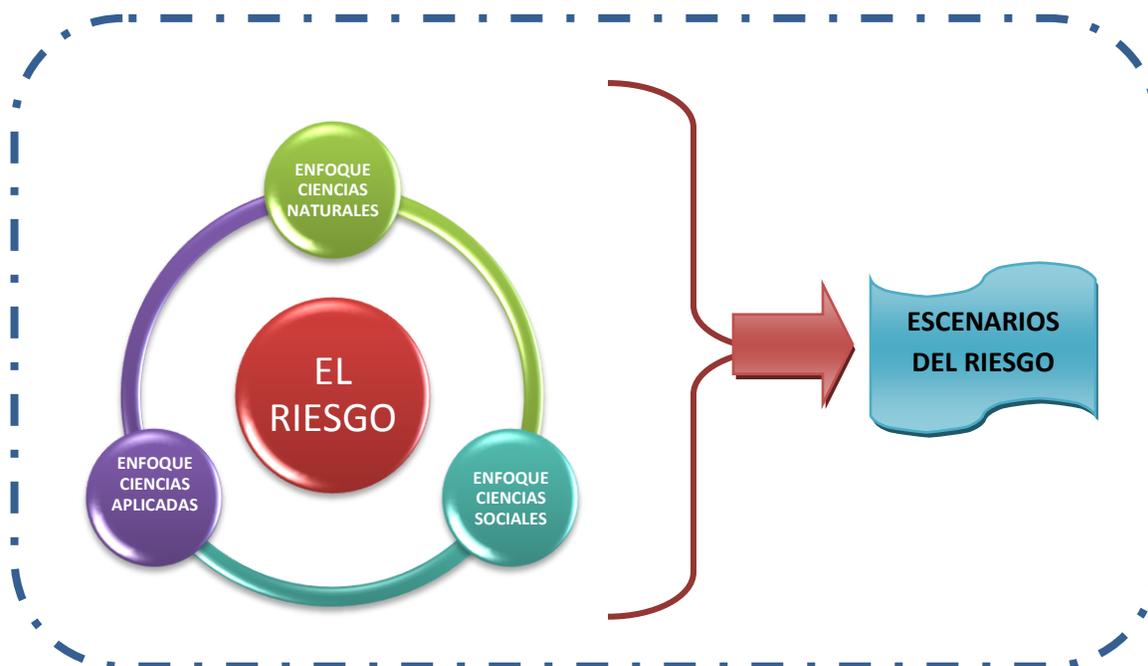
La publicación *Navegando entre Brumas* está compuesta por 13 capítulos en los cuales principalmente se muestra varias experiencias en cuanto al análisis del riesgo en diferentes zonas de América Latina. En el capítulo de apertura se presentan los diferentes enfoques y definiciones conceptuales del término riesgo y posteriormente el autor irá profundizando el tema de riesgos al nivel de análisis e instrumentación de los sistemas de información geográfica, a fin de determinar la evolución del riesgo en diferentes escenarios del riesgo en América Latina.

### **2.2.2 EL RIESGO.-**

Según Maskrey, para comprender la conceptualización del riesgo lo debemos analizar desde diferentes perspectivas o enfoques, siendo éstos; el enfoque de las ciencias naturales, el enfoque de las ciencias aplicadas y el enfoque de las ciencias sociales.

Con respecto al enfoque de las ciencias naturales, el autor nos dice que la visión del riesgo consiste en el estudio e investigación del riesgo de acuerdo a la ubicación y distribución espacial de las amenazas tomando en cuenta su frecuencia e intensidad. Desde éste enfoque empiezan a desarrollarse los sistemas de información geográfica con sus siglas SIG. Se determinó la importancia de estudiar aquellos lugares en los que ocurría con mayor frecuencia los desastres naturales y se aplicaron estas herramientas que permitió espacializar en mapas la ubicación de los mencionados desastres. (*Ver Gráfico N° 3*)

Gráfico N° 3: Enfoques del Riesgo



Elaborado por: Daniela Jiménez

El segundo enfoque de las ciencias aplicadas se basa en el análisis del riesgo de acuerdo a la magnitud del desastre, tomando en cuenta aspectos sociales y económicos. Por primera vez al impacto producto del desastre natural, se lo asocia con el componente social, es decir se incorpora dentro de este enfoque el concepto de vulnerabilidad en donde el riesgo es producto de la amenaza más vulnerabilidad.

$$(R) \text{ Riesgo} = \text{Amenaza} + \text{Vulnerabilidad}$$

El tercer enfoque de las ciencias sociales profundiza el impacto asociado a las amenazas en la estructura y organización social. Según Maskrey para el análisis del riesgo se considera el grado en que los factores socioeconómicos y sociopolíticos afectan la capacidad de un problema para absorber y recuperarse del impacto de un desastre. El autor en esta fase clasificó a la vulnerabilidad en diez componentes; vulnerabilidad física, vulnerabilidad económica, vulnerabilidad social, vulnerabilidad política, vulnerabilidad técnica, vulnerabilidad ideológica, vulnerabilidad cultural, vulnerabilidad educativa, vulnerabilidad ecológica y vulnerabilidad institucional.

Adicional a esto el autor citó una clasificación propuesta por (Ratick, 1994) en la cual se asoció a la vulnerabilidad los siguientes términos;

<b>Resistencia</b>	La capacidad de una sociedad y el medio ambiente construido a resistir el impacto de los eventos amenazantes.
<b>Resiliencia</b>	La capacidad de una sociedad de recuperarse después del impacto
<b>Recuperación</b>	La capacidad de una sociedad de reconstruir después de un desastre
<b>Aprendizaje</b>	La capacidad de una sociedad de aprender de los desastres ocurridos
<b>Adaptación</b>	La capacidad de una sociedad de cambiar sus patrones de conducta a raíz de la ocurrencia de desastres.

Elaborado por: S. Ratick, 1994.

Finalmente se desarrolla un enfoque holístico, el cual no es más que la integración de los enfoques tomando en cuenta la perspectiva de las ciencias naturales, las ciencias aplicadas y las ciencias sociales, es decir existe una dinámica entre las amenazas, vulnerabilidades, pérdidas y las estrategias para sobreponerse a los daños causados por los diferentes desastres.

Desde de este enfoque holístico se plantea propuestas para la reducción del impacto y estrategias para la gestión del riesgo tomando en cuenta una serie de elementos como la prevención y mitigación de amenazas, así como el fortalecimiento del componente social y organización social a fin de propender a una reducción de la vulnerabilidad social en el aspecto económico, social, cultural, institucional y político.

A lo largo del tiempo las ciudades han manifestado un proceso de evolución y desarrollo continuo a nivel de servicios y un continuo crecimiento urbano, el cual va acompañado de un crecimiento de la población y a su de infraestructura vial e institucional. Todos estos factores son aquellos que condicionan la vulnerabilidad y amenaza de ciertos sectores. La importancia de incorporar estos elementos permiten

obtener estudios y análisis más detallados que evidencian el verdadero impacto en un determinado lugar.

Es en este momento cuando obtenemos diferentes escenarios del riesgo, especialmente por el tipo de riesgo que va de la mano de las diferentes tipos de amenazas de carácter geológicas, meteorológicas, hidrológicas etc.

En este contexto el autor Maskrey define que los riesgos van variando de acuerdo al lugar en que se ubican y de los contextos sociales en los cuales se desarrollan. Generalmente los desastres de mayor impacto se producen en lugares donde se tienen asentamientos importantes de población, de igual manera ciudades o lugares que han desarrollado en gran magnitud infraestructura vial y de vivienda, a diferencia de aquellos lugares mayormente aislados y con menos grado de desarrollo. De acuerdo al autor estos lugares a simple vista parecen menormente afectados, sin embargo generalmente son lugares los cuales se les hace más difícil recuperarse frente a los escenarios de riesgo. Su recuperación es lenta y muy costosa hablando de términos materiales. Ambos aspectos se debe considerar cuando estamos realizando un estudio de análisis de riesgo, se deben medir a detalle todos estos componentes para tener una visión más real de las zonas de riesgo y evitar caer en falsas interpretaciones.

En cuanto a la Gestión del Riesgo en América Latina, en esta publicación se menciona que las poblaciones vulnerables cada día implementan nuevas estrategias para poder manejar de mejor manera la gestión del riesgo. A través de la determinación de vulnerabilidades y diversos programas de planificación territorial, organizaciones y ONG's se ha incorporado herramientas de gestión del riesgo hacia las poblaciones vulnerables otorgando capacitaciones y herramientas técnicas para disminuir las amenazas y vulnerabilidades de ciertos sectores.

Generalmente las regiones que son más vulnerables, son aquellas que tienen un bajo grado de inversión por parte del gobierno estatal y los gobiernos locales, la inversión pública es deficiente por lo que estos sectores representan sistemas débiles que tienen bajos nivel de respuesta frente a desastres.

Maskrey (1998) dice;

En general, sólo los desastres medianos y grandes son declarados oficialmente como tales, para poder movilizar recursos nacionales e internacionales. La mayoría de los desastres pequeños es atendida por los gobiernos locales, organizaciones de base, ONG y otros actores locales, con poco apoyo nacional e internacional. Dado el nivel de resolución con el cual las agencias gubernamentales observan el riesgo y los desastres, los escenarios de riesgo locales en toda la región y desastres pequeños, que suceden todos los días, asumen un carácter de invisibilidad. (p.28)

La gestión del riesgo va más allá de la buena intención de la población en adquirir herramientas para prevenir y mitigar ciertos impactos de desastres naturales, es importante fortalecer los mecanismos de articulación entre las instituciones gubernamentales, militares y organismos de apoyo, a fin de coadyuvar en la gestión del riesgo en sectores locales que generalmente son los más vulnerables. El fomentar a través de las instituciones de base la importancia de realizar estudios, acceder a la información y capacitar y educar a la población sobre los respectivos riesgos permite un avance significativo en éste ámbito, especialmente permite conocer e identificar cada escenario de una manera específica.

### **2.2.3 LA APLICACIÓN DE LOS SIG AL ANÁLISIS DE RIESGOS**

El análisis de riesgos a través del tiempo ha ido incorporando herramientas de análisis, el mapeo de riesgos ha sido utilizado a fin de aplicar medidas de mitigación y prevención de riesgos. A pesar de la ayuda brindada por los mapas, estos han sido limitados puesto que se han focalizado en proveer una información de ubicación y distribución espacial de amenazas y no de riesgos propiamente.

Con el paso de los años el análisis de riesgos se ha ido adoptado nuevas metodologías en las que se introduce información sobre vulnerabilidad física, asentamientos, infraestructuras para poder tener un análisis integrado con criterios de veracidad.

Es importante considerar que este tipo de análisis se logró realizar en sectores donde la información geográfica, cartográfica estuvo disponible, de la misma manera la información sobre aspectos sociales. En años anteriores debido al limitado acceso de la información en temas de riesgos, se pudo desarrollar ciertos análisis de riesgo para lo cual se utilizó mapas temáticos de zonas no muy extensas y que generalmente no presentaban grandes volúmenes de datos. Esto permitió el no realizar procedimientos espaciales complejos tomando en cuenta que muchos de estos mapas se los dibujaba manualmente y esto implicaba el alto consumo de tiempo y recursos.

En poco tiempo se desarrollaron nuevas herramientas tecnológicas que permitieron la incorporación de información digital geográfica dentro de sistemas de información como fueron los SIG. Esta herramienta sin duda, mostró una serie de alternativas y opciones a fin de utilizar información en diferentes formatos digitales como; fotografías aéreas, mapas digitalizados, imágenes satélite y la incorporación de datos georeferenciados, lo cual permitió a través de este sistema almacenar gran número de datos y capas temáticas de información geográfica y de esta manera representar gráficamente lugares y mapas facilitando el desarrollo de los análisis de riesgos.

En esta fase el autor menciona las ventajas de los SIG para el análisis de riesgos, debido a que estos sistemas pueden ahorrar tiempo para la generación de mapas y permiten incorporar diversas fuentes de información referente a usos de tierra y manejos de los espacios, además de la incorporación de variables geográficas que contribuyen al análisis de los riesgos. Los sistemas de información geográfica pueden ser desarrollados de acuerdo a los objetivos del estudio que se va a generar, en este caso para el análisis de riesgos se mencionan dos técnicas:

<b>PRIMERA TÉCNICA</b>	<b>SEGUNDA TÉCNICA</b>
Construcción de Índices Probabilísticos de Riesgos	Combinar capas temáticas sobre elementos de riesgo.
Combinación de diferentes capas temáticas (shapefiles)	Combinar con capas de amenazas.
Combinación de variables; precipitación, topografía, geología,	Combinar información a nivel específico; red vial, infraestructura,

cobertura vegetal etc.	topografía.
Determinar áreas con niveles de riesgo	Incorporar información de asentamientos.

Fuente: Maskrey A. (1998).

De acuerdo al cuadro anterior, como podemos visualizar se puede incorporar una serie de coberturas, datos, mapas temáticos, en este contexto no importa cuál sea la técnica o la información que incorporemos dentro del SIG, de hecho podemos incorporar la información que gustemos, lo importante es saber para qué y cuál es el objetivo que queremos llegar. En el caso de análisis de riesgos dependiendo de la información que exista en determinado lugar nos va a permitir incorporar la información o datos por ejemplo, si deseamos conocer cuál es el grado de riesgo frente a inundaciones, en el sistema de información geográfica incorporaremos información que pueda ayudarnos a identificar las amenazas del sector, en este caso la información relevante sería, datos pluviométricos, información hidrológica, topografía, asentamientos e infraestructura vial. Una vez habiendo incorporado esta información podemos realizar un mapeo de las zonas que presentan esta amenaza y de igual manera las zonas vulnerables frente a este fenómeno natural. Este procedimiento es uno de muchos que nos permitiría obtener un análisis de riesgos, sin embargo la técnica o metodología puede ser manejada de acuerdo a criterios del analista.

El autor describe a las técnicas mostradas anteriormente como inductivas puesto que éstas técnicas inducen al nivel de riesgo por medio de la combinación de datos o coberturas específicas. Pero además de estas técnicas también podemos desarrollar técnicas deductivas en las cuales podemos trabajar partiendo de datos históricos de ocurrencia de desastres, con datos de ubicación específica y período determinados. Como pudimos ver en la metodología anterior utilizada por autores Florent Demoraes y Robert D'ercole. Al respecto el autor nos menciona que ambas técnicas pueden utilizarse simultáneamente sin ningún problema.

Esta publicación relata cómo los sistemas de información geográfica SIG, han sido utilizados en diversos países de América Latina a fin de realizar estudios de

factibilidad o prefactibilidad de proyectos sobre infraestructura y obviamente han hecho uso de estas herramientas para determinar el nivel de riesgo al cual se enfrentarían los mismos.

Si bien es cierto los SIG son herramientas que permiten conocer los diversos actores que intervienen en determinados lugares y el análisis del riesgo , todavía es una herramienta que sin un adecuado manejo y apoyo político puede ocasionar medidas contraproducentes en determinados sectores, hay que tomar en cuenta que no siempre lo que se muestra a través de un sistema de información geográfica significa que las cosas deben propender a darse de esta manera, o que la planificación debe ir acorde a lo estipulado por esta herramienta. Existen factores adicionales dentro de un escenario, por ejemplo, los aspectos sociales y económicos ciertamente en muchas ocasiones van a ser los factores decisivos a que se produzcan cambios o no dentro de un determinado lugar. En este sentido es muy fácil a través de un sistema de información decir “esta zona es de Alto Riesgo” lo difícil es incorporar medidas para que una “Población que vive en esta zona se traslade a otro lugar”. En conclusión los SIG son instrumentos formidables que permiten una adecuada gestión e identificación de los riesgos y permiten obtener una cierta concertación y negociación en determinados espacios con el objetivo de mitigar y prevenir desastres. Lo que se aconseja es realizar la gestión a través de la participación de actores locales, generando a la par un cambio de actitud y visión frente al riesgo y además buscando el comprometimiento de la población.

#### **2.2.4 ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIONES SIG PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS.**

Debido a que se han desarrollado una serie de aplicaciones SIG en América Latina, la idea del autor es facilitar ciertas estrategias y una metodología, a fin de mejorar la relevancia, efectividad y eficiencia de las aplicaciones SIG para el análisis de riesgos en la región y de esta manera evitar los problemas de orden conceptual, metodológico y contextual.

Se hace un planteamiento de lo siguiente;

<b>DISEÑO DE MODELOS ESPACIALES DE RIESGO</b>	<b>DISPONIBILIDAD, COBERTURA Y CALIDAD DE DATOS</b>	<b>GESTIÓN DEL ERROR EN LA INTEGRACIÓN DE LOS DATOS</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE LOS SIG EN ORGANIZACIONES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Representación de fenómenos a través de puntos, líneas y polígonos.</li> <li>- Topología</li> <li>- Relaciones entre sus atributos.</li> <li>- Datos geomorfológicos, morfológicos, hidrométricos, pluviométricos etc.</li> <li>- Escala.</li> <li>- Asentamientos Humanos.</li> <li>- Población Activa, % Población Necesidades Básicas Insatisfechas</li> <li>- Uso del suelo.</li> <li>- Unidades Político Administrativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos de calidad y coberturas a escalas de detalle (complejo).</li> <li>- Información del Censo Nacional (cada 10 años).</li> <li>- Datos cartográficos limitados.</li> <li>- Imágenes Satélite con mucha nubosidad.</li> <li>- Cartografía analógica vs Cartografía digital.</li> <li>- mapas topográficos.</li> <li>- Densidad Poblacional.</li> <li>- Problemas con Escalas.</li> <li>- Cambios en la división política administrativa</li> <li>- Duplicidad de datos (nombres).</li> <li>- Levantamiento de inventario de datos (bases de datos-metadatos).</li> <li>- Levantamiento de datos primarios.</li> <li>- Uso de GPS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran cantidad de errores por gran cantidad de variables.</li> <li>- Variables con valores relativos vs. Variables con valores absolutos.</li> <li>- Tamaño de las entidades espaciales.</li> <li>- Cálculo de la densidad poblacional.</li> <li>- Mapas Temáticos sin datos referenciales.</li> <li>- Estrategia: Compilación de información, procedencia de los datos.</li> <li>- Estrategia: Verificación de información a través de otras fuentes.</li> <li>- Validar información producida por técnicas inductivas.</li> <li>- Estrategia: Desarrollar aplicaciones a diferentes niveles de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fase de Diseño, fase de de implementación y fase de operaciones.</li> <li>- Problemas Alto costo de los SIG.</li> <li>- Dificultad directores y gerentes en incorporar los SIG y proyectos de esta naturaleza.</li> <li>- En America Latina existe poca documentación experiencias en Organizaciones que cuenten con SIG.</li> <li>- SIG es un proyecto a largo plazo dura entre 4 a 5 años hasta consolidarse.</li> <li>- Los costos del SIG son mayores versus los beneficios de estas aplicaciones.</li> <li>- Limitaciones presupuestales</li> <li>- SIG adecuada gestión de riesgos.</li> </ul>

		resolución. - Resolución en mapas = Resolución en datos. - Aplicación de simulaciones para disminuir el error.	
--	--	--	--

Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Maskrey A. (1998)

En la publicación *Navegando entre Brumas* el autor menciona 4 fases de gran importancia para la implementación de aplicaciones SIG en un proyecto de gestión de riesgos. La primera fase consiste en el diseño del modelo espacial, donde se realiza un punteo de la información que se desea representar dentro del SIG, es decir, en principio debemos considerar que los fenómenos para ser representados dentro de un mapa deben tener ciertas características. En este contexto el autor menciona que se debe trabajar con elementos gráficos como son los puntos, líneas y polígonos a fin de poder representar esta información dentro del SIG, además se deben establecer relaciones topológicas entre los mencionados elementos gráficos. Tomando en cuenta que la topología es un término que se refiere a las relaciones espaciales entre los elementos gráficos, es decir cuando hablamos en términos de posición (cerca de, entre, contiguo a, etc.) en el mapa. Cada elemento gráfico va a tener ciertos atributos, entendiéndose por la información o descripción de cada elemento gráfico.

Dentro de este modelo espacial se empieza a incorporar datos espaciales, coberturas de información geográfica espacial sobre geología, geomorfología, hidrología, pluviometría, uso del suelo etc, además se incorpora información sobre la división política administrativa de la zona donde se realizará el estudio de análisis del riesgo. La información mencionada anteriormente colabora en el enfoque de las ciencias naturales pues es información de carácter física e información de recursos naturales, pero no hay que olvidar que adicionalmente a esta información se incorpora dentro de este modelo, la información proveniente del enfoque de las

ciencias aplicadas y ciencias sociales donde se junta elementos de vulnerabilidad. En este sentido el modelo abarca información sobre asentamientos humanos, centros poblados e información estadística de los sectores como por ejemplo información sobre la población económicamente activa, niveles de pobreza, % de necesidades básicas insatisfechas entre otros.

El autor menciona que este modelo no solo toma información de carácter espacial o geográfico sino también se toma información sobre el tiempo y niveles de temporalidad en los cuales los datos fueron obtenidos es por esto que en la fase uno para la aplicación de sistemas de información geográfica, el autor habla de el establecimiento de un “Modelo Espacial Temporal”.

En la segunda fase sobre la disponibilidad, cobertura y calidad de los datos se habla sobre los problemas críticos con respecto a los datos que se utilizan para el desarrollo de aplicaciones SIG. La importancia de obtener y generar información de calidad asegurara el adecuado análisis y gestión posterior del riesgo. En América Latina se presenta algunos desafíos en cuanto al acceso a información de calidad, se obtienen ciertos problemas como son el de trabajar con coberturas de información a diferentes escalas, además el de trabajar con información estadística proveniente de los Censos Nacionales los cuales se generan cada 10 años, teniendo muchas veces que utilizar información desactualizada y en muchos sectores ya no refleja la realidad.

La limitación de ciertos sectores a datos cartográficos e imágenes satelitales con alto porcentaje de nubosidad, lo cual conlleva a tener información incompleta. Si bien es cierto las nuevas herramientas han ido evolucionando en el transcurso de los últimos 20 años, todavía se continua trabajando con información de baja calidad, existe además serios problemas con las escalas y duplicación de la información en las bases de datos.

En algunos sectores todavía se trabaja con mapas analógicos en lugar de mapas digitales, a los cuales es difícil acceder por la falta de recursos económicos, generalmente la información de calidad es muy costosa, lo que conlleva a realizar

levantamientos primarios de información, utilizando GPS y de esta manera generar un inventario paralelo en nuevas localidades.

Otro de los problemas es el continuo crecimiento urbano que se da en ciertas zonas generando un cambio de la división política administrativa en períodos muy cortos. En este sentido, cuando se han elaborado información sobre análisis de riesgos ciertos sectores la información que se generó ya no es aplicable a la realidad debido a tantos cambios en el territorio.

Al respecto es importante considerar las diferentes fuentes de información con las cuales contamos para realizar cualquier análisis de riesgo, a pesar de contar con diversos tipos de información se recomienda hacer un estudio detallado de la información con la cual vamos a trabajar, especialmente cuando estamos hablando de escalas y densidad poblacional, al tomar datos del censo poblacional no siempre al introducirlos en herramientas de análisis territorial vamos a tener un análisis real por lo que hay que tener mucho cuidado en el manejo de la información.

En la tercera fase sobre la gestión del error en la integración de los datos, se debe considerar que muchos de los errores se producen porque se trabaja con gran cantidad de variables, además se obtienen variables con valores relativos y variables con valores absolutos, los cuales si no se les manipula adecuadamente dentro del SIG puede generar errores en la interpretación de resultados del mapeo. Es aquí cuando el autor menciona que se generan mapas temáticos los cuales al comparar con los datos de referencia no presentan una correlación, estos son los errores más comunes y se vuelve a insistir en los errores derivados del cálculo de densidad poblacional que generalmente afectan al análisis del riesgo en términos de vulnerabilidad.

En esta fase como solución se plantean cuatro estrategias;

1. Realizar una compilación de información y determinar la procedencia de los datos.

2. Verificar la información a través de una comparación con otras fuentes de datos.
3. Desarrollar aplicaciones SIG a diferentes niveles de resolución, es decir si tenemos la gran parte de información a cierta escala es preferible trabajar bajo esa línea y no mezclar varias resoluciones en una sola aplicación.
4. Aplicar simulaciones de análisis de riesgo para disminuir el error.

Finalmente en la última fase de implementación de los SIG en organizaciones, se plantea la implementación de los SIG dentro de una estructura organizativa a través de la realización de una programación en la cual se generan fases de diseño, fases de implementación y fases de operaciones. De acuerdo a los conocimientos adquiridos en el desarrollo de esta disertación se puede acotar que para la implementación de los SIG en cualquier institución u organización se requiere de una exhaustiva planificación tomando en cuenta los componentes básicos del SIG los cuales son: adquisición de software, hardware, recursos humanos que promuevan levantamiento, interpretación y manipulación del sistema, además la importancia de levantar y generar datos cualitativos, cuantitativos y georreferenciados que retroalimenten el sistema. Estos componentes deben estar detallados en las fases de diseño e implementación de los SIG.

En la publicación se menciona lo difícil que muchas veces resulta incorporar los SIG en las organizaciones puesto que es un sistema que requiere de un alto grado de inversión además el desarrollo óptimo del sistema se puede evidenciar en el transcurso del cuarto y quinto año de implementación. Por este motivo existe una dificultad entre los directos y gerentes para incorporar los SIG a sus instituciones, no existe mucha confianza a pesar de que este sistema provee de aplicaciones y herramientas que permitirían un adecuado análisis y gestión del riesgo todavía se cree de que la inversión para los SIG es muy costosa y los resultados que el sistema favorece no justifican dicha inversión.

### **2.2.5 ANÁLISIS DE RIESGOS DE DESASTRES MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

En función de la información proporcionada por ésta publicación, finalmente procedemos a observar un ejemplo práctico del análisis de riesgos de desastres mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. En este estudio particular se tomó como referencia la ciudad de San Martín en la República del Perú. De acuerdo al esquema mostrado en el gráfico N° 4, se detalla un resumen de la metodología aplicada para el desarrollo de análisis de riesgo en esta zona. Con la información preliminar mostrada en éste gráfico, mas adelante podremos comprender la asignación de pesos y valores a las diferentes variables seleccionadas para generar el análisis de riesgo propuesto.

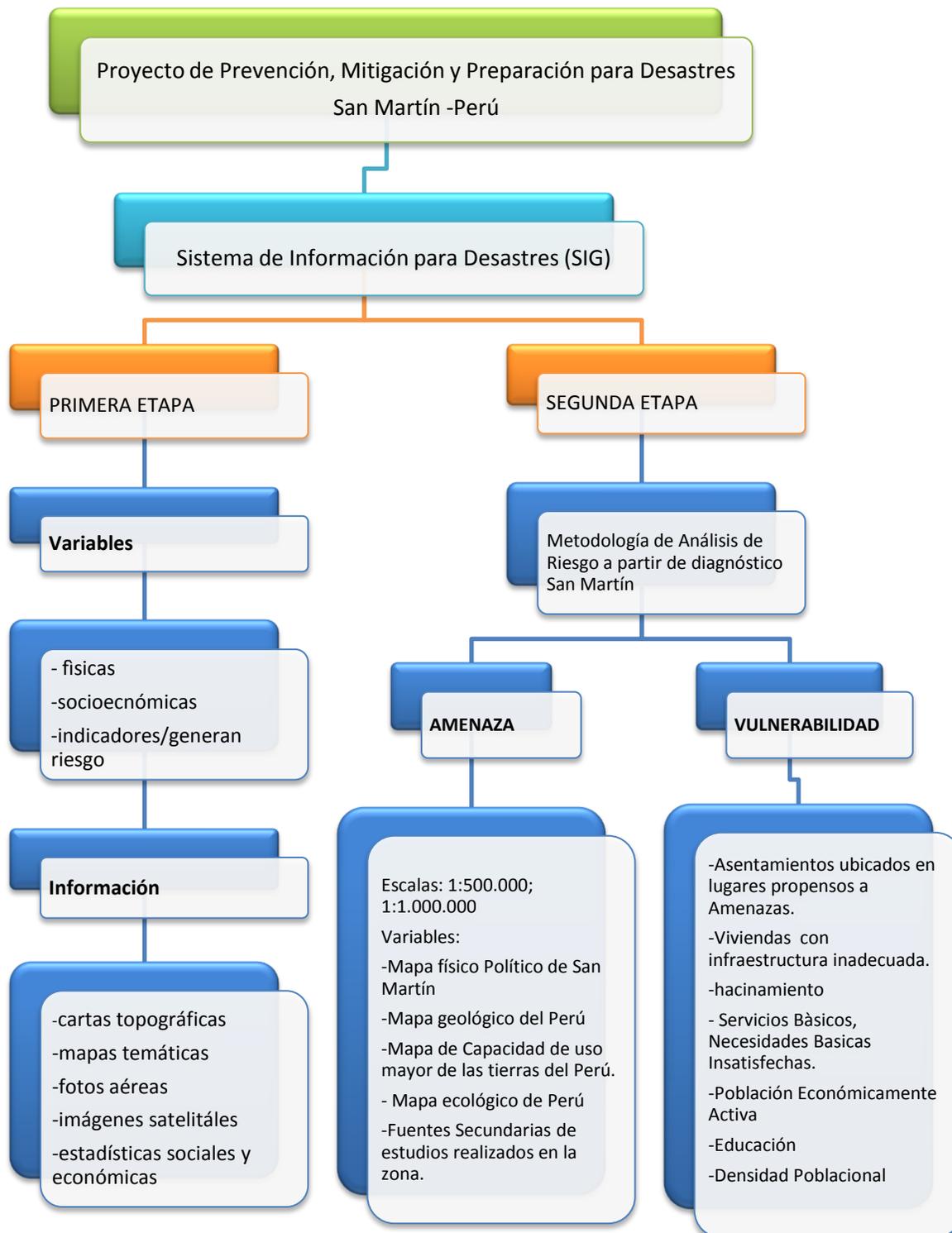
Este modelo conceptual aplica el mismo mecanismo visto en la metodología anterior planteada por F. Demoraes y R. D'ercole, el cual consiste en la identificación amenazas y vulnerabilidades para determinar el riesgo. La amenaza en este modelo se puede determinar por la evaluación de pronósticos de ocurrencia de fenómenos naturales, los cuales generalmente se plasmas a través de la generación de mapas de zonificación de acuerdo al tipo de peligro.

En este caso la vulnerabilidad se ve definida por una serie de elementos y clasificaciones en diferentes aspectos, siendo así en este estudio se consideró:

La vulnerabilidad física la cual tiene que ver con la presencia de ciertos asentamientos humanos en zonas en peligro.

La vulnerabilidad económica, social y educativa-cultural, la cual determina la carencia de ciertos recursos y organización deficiente, pobreza considerándose zonas con un bajo grado de recuperación frente a desastres de origen natural.

Gráfico N° 4 Metodología para Sistemas de Información de Desastres



Elaborado por: Daniela Jiménez. Fuente: Maskrey (1998)

Con respecto a la determinación de la Amenaza, dentro de la metodología se utilizan diversas fuentes de información como son los mapas sobre división política administrativo, el mapa físico de la República de Perú, mapa geológico y demás insumos que son de gran utilidad para poder generar un nuevo mapeo en el sector en las escalas correspondientes.

#### **2.2.5.1 DESARROLLO DEL MODELO CONCEPTUAL DE VULNERABILIDAD**

En esta fase para la generación del modelo conceptual de la vulnerabilidad se toma información estadística, datos e indicadores que permitan la estimación de la vulnerabilidad en la región. Para esto se toman en cuenta 9 parámetros de la vulnerabilidad como se puede observar en el siguiente gráfico. (*Ver Gráfico N° 5*).

En este sentido dentro de la metodología para el análisis de la vulnerabilidad se tomó información correspondiente al censo de la población de la República del Perú y ésta información se la discrimina para la zona de San Martín.

Con la información estadística se clasifica de acuerdo al tipo de parámetros en 5 clases o rangos a los cuales se les asigna un peso que va de 1 a 5, de acuerdo al grado de vulnerabilidad en el cual 1 constituye un nivel bajo de vulnerabilidad, 2 de bajo a medio, 3 nivel medio, 4 nivel media alto y 5 nivel alto de vulnerabilidad. Para mayor comprensión puede visualizar tres de las nueve tablas empleadas para la ponderación de los parámetros. (*Ver Gráfico N° 5*).

Gráfico N° 5 Clasificación de la Vulnerabilidad en base a nueve parámetros.



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Maskrey A. (1998)

## Imagen Nº2 Tablas de Parámetros de Vulnerabilidad

NAVEGANDO ENTRE BRUMAS La aplicación de los **sistemas de información geográfica** al análisis de riesgo en América Latina

---

**PARÁMETRO VUL 1.7**  
DENOMINACIÓN: PROMEDIO DE AÑOS DE ESTUDIOS APROBADOS DE LA POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS

Código	Descripción	Peso
1	8-9	1
2	6-7	2
3	5-6	3
4	3-4	4
5	0-3	5

**PARÁMETRO VUL 1.8**  
DENOMINACIÓN: TASA DE ANALFABETISMO DE LA POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS

Código	Descripción	Peso
1	0-6	1
2	6-12	2
3	12-18	3
4	18-24	4
5	24-30	5

**PARÁMETRO VUL 1.9**  
DENOMINACIÓN: % DE HOGARES SIN ARTEFACTOS ELECTRODOMÉSTICOS

Código	Descripción	Peso
1	0-20	1
2	20-40	2
3	40-60	3
4	60-80	4
5	80-100	5

Fuente: Maskrey A. (1998)

La vulnerabilidad dentro de este modelo está comprendida por la integración de los nueve parámetros que se muestran en el gráfico Nº 5, de los nueve parámetros únicamente dos son los que mayor grado de representatividad tienen de acuerdo al autor. El porcentaje (%) de población en hogares con necesidades básicas insatisfechas y la población total según el distrito, son aquellos parámetros de mayor peso en relación a los otros.

Posteriormente luego de asignar estos pesos a los parámetros de vulnerabilidad, se ingresa la información dentro de un sistema de información geográfica y se procedió a la generación de mapas temáticos los cuales tienen una división política administrativa a nivel de distritos de acuerdo a la clasificación de la información que se tenía en el censo de población de la República de Perú.

Con esta metodología pudimos entrar a profundidad en el análisis de las vulnerabilidades que presentan ciertos sectores y definitivamente comprender que sin un análisis y estudio de vulnerabilidades no podemos realizar un análisis de riesgos.

## **2.3 ANÁLISIS METODOLÓGICO DE “GUÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN CHILE”**

### **2.3.1 ANTECEDENTES**

Para el desarrollo de esta disertación se consideró a la “Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial en Chile” por presentar información relevante y de gran interés para el estudio de metodologías de análisis de riesgo por fenómenos naturales, debido a que esta publicación es una iniciativa proveniente del gobierno nacional y gobiernos regionales de la República de Chile. Es interesante conocer desde la perspectiva de estas instituciones la visión que tiene con respecto al análisis de riesgos y la gestión del mismo, puesto que estas estructuras pueden intervenir con planes, programas y proyectos de una manera más fuerte y concreta en los sectores vulnerables a desastres.

El gobierno Chileno realiza esta guía a fin de aumentar el grado de recuperación de ciertas comunidades y sectores frente a los desastres. Además de brindar herramientas de planificación que permitan realizar gestiones a fin de prevenir y reducir el impacto derivado de los fenómenos naturales, esta guía permite identificar y focalizar los posibles escenarios a futuro propensos a desastres o las zonas que presentan un mayor grado de amenaza y vulnerabilidad, a fin de asignar recursos que permitan la reducción de la vulnerabilidad de ciertas zonas.

Este documento se elaboró a través de una serie de departamentos administrativos y de gestión del gobierno y municipalidad chilena por lo que en adelante, se hablará de “autores” cuando me refiera a las personas que elaboraron esta guía.

Por naturaleza el hombre tiene una particularidad al momento de responder a los riesgos naturales, éste desarrolla mecanismos de defensa frente a los peligros y desde la existencia del ser humano se han desarrollado varias técnicas y procedimientos para identificar el peligro, así como herramientas para defenderse del mismo. Es aquí donde el término de mitigación y prevención de peligros no es algo nuevo, ni un término de la época moderna y actual.

De acuerdo a los autores a partir de los años 60 ya se empieza conocer sobre las políticas para la prevención de desastres y desde los años 80 se generan medidas preventivas y políticas de ordenamiento territorial.

### 2. 3.2 PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS METODOLÓGICO

Esta guía toma como referencia los conceptos y definiciones propuestas por la Oficina de Naciones Unidas para Coordinar el Socorro y Desastres-UNDRO, se mencionarán a continuación los mayormente importantes para esta disertación;

**a) Amenaza, Peligro o peligrosidad:** Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un área (lugar) dada.

**b) Vulnerabilidad:** Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 a 1 o pérdida total.

**c) Elementos en Riesgo o Exposición:** Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, la infraestructura expuesta a un área de peligro.

**d) Riesgo:** Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo.

**e) Amenaza Natural:** es un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

**f) Vulnerabilidad:** son las características y las circunstancias de una comunidad, sistemas o bienes que lo hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.

El procedimiento de análisis de riesgos propuesto por esta guía tiene 3 etapas; la evaluación de la amenaza, la evaluación de la vulnerabilidad y finalmente la evaluación del riesgo.

Como hemos visto en las metodologías analizadas a lo largo de esta disertación y en concordancia con la metodología empleada en ésta guía, se puede determinar un solo procedimiento para la identificación de amenazas, el cual consiste en levantar la información a través de inventarios o registros de fenómenos naturales que han ocurrido a través de la historia. Esta información permite conocer la ubicación exacta y el grado de intensidad con el cual el fenómeno natural se presenta.

Para el análisis de vulnerabilidad se determina el grado de exposición que tienen ciertas zonas frente a la ocurrencia de desastres ocasionados por fenómenos naturales. A continuación se ha desarrollado un cuadro en el cual muestra la información base para la identificación de amenazas y vulnerabilidades. (Ver Gráfico N° 6)

De acuerdo a la determinación de amenazas esta guía se ha focalizado en 4 tipos de fenómenos naturales como se observa en el cuadro anterior las de mayor incidencia de acuerdo a registros históricos son las amenazas derivadas por los fenómenos sísmicos, maremotos, tsunamis y erupciones volcánicas.

En cuanto al análisis de la vulnerabilidad, se ha tomado como información de partida la información geográfica, ubicación de zonas potenciales a la ocurrencia de fenómenos naturales, de la misma manera información sobre los elementos que se encuentran expuestos a éstos fenómenos y la estructura de los espacios, el nivel de organización social, política, administrativa y la presencia de asentamientos humanos.

Con esta información y tomando en cuenta las metodologías que se analizaron previamente, el análisis de riesgos definido por el gobierno chileno no difiere en su mayoría de los análisis propuestos por Florent Demoraes, Robert D'ercole ni tampoco el propuesto por Andrew Maskrey. En esencia se puede hablar de análisis de riesgos con connotaciones similares.

Grafico N° 6 Análisis de Riesgos



Elaborado por: Daniela Jiménez

Fuente: Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial (2011)

El análisis de riesgos propuesto en esta publicación ha sido desarrollado para incluir los análisis generados en los procesos de ordenamiento territorial, de esta manera se puede planificar adecuadamente tomando en cuenta los efectos adversos que pueden ocasionar los fenómenos naturales, a fin de desarrollar mecanismos de prevención y mitigación del impacto generado por estos. La inclusión de estos análisis además permite promover procedimientos dentro de la planificación territorial para la protección y mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores además de

proporcionarles elementos de protección en los diversos aspectos sociales, políticos y económicos.

En el documento se menciona que existen diversos procedimientos para estimar el riesgo, además ciertos mecanismos los cuales fundamentan su análisis en las estadísticas, unos incorporan análisis matemáticos y otros realizan el análisis de riesgos a través de la incorporación de datos en sistemas de información.

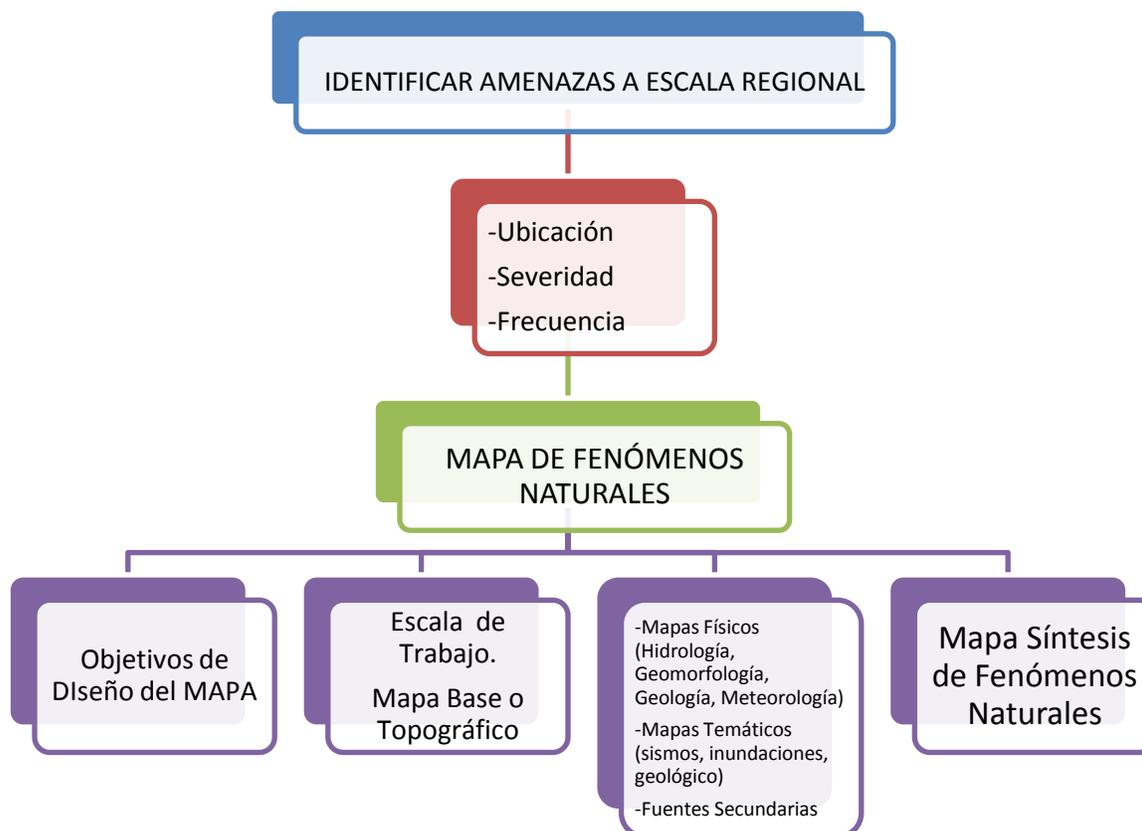
### **2.3.2.1 APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS**

Está claro que los sistemas de información geográfica se han convertido en herramientas indispensables para realizar análisis de elementos geográficos y territoriales. La metodología utilizada por el gobierno chileno ha considerado al igual que las metodologías anteriores, el uso de los sistemas de información geográfica SIG.

Para el análisis de las amenazas por fenómenos naturales se requiere la lectura de varias elementos como son los de carácter físico, geológico, hidrológicos, meteorológicos etc., esta información puede ser incorporada fácilmente dentro de un sistema de información en el cual los datos formarán parte de una base georeferenciada y posteriormente a través de estos datos se generarán documentos de análisis complejos. Estos sistemas son de gran utilidad para interpretar y analizar información territorial, además permiten realizar mapeos temáticos y cartográficos con información espacial detallada, lo cual facilita el grado de análisis y presenta herramientas útiles para la planificación y toma de decisiones.

Dentro de los procedimientos para la identificación de amenazas está guía propuso la siguiente estructura, la cual está basada en un SIG. (Ver Gráfico N° 7)

Grafico N° 7: Procedimiento para identificar amenazas a escala regional



Elaborado por: Daniela Jiménez

Fuente: Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial (2011)

En el cuadro anterior podemos determinar la importancia de los Sistemas de Información Geográfica SIG para realizar el análisis de amenazas, dentro de la estructura se determinan los parámetros en los cuales se mapearán las amenazas (ubicación, severidad y frecuencia). En el primer bloque se define el diseño el cual va a tener el mapa resultante del procedimiento de análisis, en el segundo bloque se muestra la importancia de definir la escala en la cual se va a generar la información y el mapa base o topográfico que del cual se debe partir para la realización de los mapas de amenazas. En el tercer bloque se tienen la fase de desarrollo de mapas físicos y temáticos o de zonificación que se generan en relación a las amenazas identificadas por el gobierno chileno y finalmente en el cuarto bloque tenemos un

mapa general de síntesis el cual abarca cada uno de los fenómenos naturales presentes.

Para la elaboración del mapa temático los autores se basan en la siguiente imagen (Ver Imagen N°3).

**TABLA N°7**

Variables Mapa Temático de Fenómenos Naturales

VARIABLE	GEOLÓGICA		HIDROMETEOROLÓGICA	
	SÍSMICO	VOLCÁNICO	HÍDRICO	METEOROLÓGICO
Ubicación	Epicentros Formaciones geológicas	Localización volcanes Formaciones geológicas.	Red hídrica Trayecto inundación Llanura inundación Elevación	Inventarios T° extremas Formaciones Geológicas Pendientes Tipo y cobertura vegetal
Probabilidad de Ocurrencia	Intervalo de recurrencia Velocidad de desplazamiento Sismicidad histórica	Intervalo de recurrencia Registro de erupciones volcánicas	Períodos de retornos históricos Registro de inundaciones	Recurrencias sismos Regímenes de precipitaciones Velocidad destrucción de bordes.
Severidad	Intensidad Magnitud Aceleración desplazamiento	Intensidad Magnitud Velocidad desplazamiento.	Volumen Velocidad Tasas de crecidas	Velocidad de desplazamiento.

Fuente: Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Departamento de desarrollo regional y medio ambiente secretaria para asuntos económicos y sociales. Organización Estados Americanos. 1993.

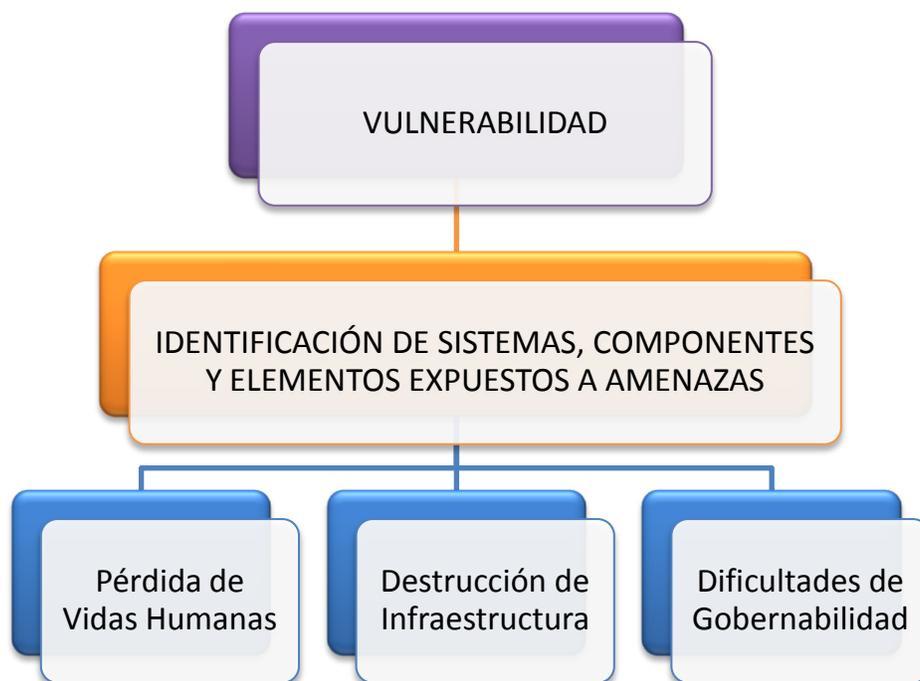
Luego de realizar el respectivo levantamiento de variables e indicadores para las diferentes amenazas, se elaboraron los siguientes mapas:

- Mapa de Amenazas Naturales de Origen Geológico
- Mapa de Amenazas Sísmica
- Mapa de Amenaza Volcánica
- Mapa de Amenaza Maremoto-Tsunami
- Mapa de Amenazas Naturales de Origen Hidrometeorológico

En el desarrollo de estos mapas se realizó una clasificación de la información a través de la asignación de ponderaciones y evaluación del riesgo de acuerdo a **nivel alto, medio y bajo**.

Dentro de los procedimientos para la identificación de vulnerabilidades está guía propuso la siguiente estructura, la cual está basada en un SIG. (Ver Gráfico N° 8).

Gráfico N° 8 Análisis de Vulnerabilidad



Elaborado por: Daniela Jiménez

Fuente: Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial (2011)

En el gráfico anterior podemos determinar que para el análisis de la Vulnerabilidad los autores consideran de gran importancia evaluar el grado de pérdidas humanas, el grado de destrucción de infraestructura y la dificultad de gobernabilidad que generaría una amenaza al producirse dentro de un determinado lugar. Para esto los autores han propuesto una metodología de ponderación y evaluación de la vulnerabilidad en relación a las amenazas como se puede visualizar en la siguiente imagen (*Ver Imagen N° 4*).

Imagen N° 4: Tabla N° 25 de Ponderación de Eventos por Fenómenos Naturales

TABLA N°25

EVENTOS	TERREMOTO	MAREMOTO INUNDACIÓN REPENTINA	INUNDACIÓN PROGRESIVA	REMOCIÓN EN MASA	VOLCÁN/LAHAR
Defunciones	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Lesiones graves que requieren tratamiento complejo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Mayor riesgo de enfermedades transmisibles	Riesgo potencial después de todo fenómeno de gran magnitud (Alto)				
Daño en infraestructura	Muy Alto (estructura y equipos)	Muy Alto y localizado	Muy Alto (equipo solamente)	Muy Alto y localizado	Muy Alto (estructura y equipo)
Daño en sistemas de abastecimiento	Muy Alto	Muy Alto	Bajo	Muy Alto y localizado	Muy Alto (estructura y equipo)
Escasez de alimentos	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Grandes desplazamientos de población	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: Tabla\* adaptada de desastres y salud pública: un abordaje desde el marco teórico de la epidemiología pág 127.

\* Arcos, Castro y De Busto, Desastres y salud pública: un abordaje desde el marco teórico de la epidemiología, Rev Esp Salud Pública 2002, Vol. 76, N.º 2

En esta tabla podemos observar que se ha otorgado una ponderación cualitativa a la vulnerabilidad frente a los diferentes tipos de amenaza. Con esta información al incorporar dentro de un sistema de información geográfica se logra definir con mayor detalle las zonas que presentan vulnerabilidad alta, media y baja.

En la metodología propuesta por el gobierno chileno se incorporan sistemas estratégicos que inciden en la vulnerabilidad es decir la vulnerabilidad desde el sector educativo, desde el sector de la salud, desde el sector de la infraestructura (edificaciones y red vial) etc.

Además esta vulnerabilidad debe ir acompañada de estadísticas y datos censales sobre la ocupación de la población, necesidades básicas insatisfechas y nivel de pobreza.

Finalmente la información sobre amenazas y vulnerabilidades obtenidas de esta metodología permiten la generación de escenarios del riesgo, es decir a través de este análisis se puede obtener las zonas que son potencialmente vulnerables ante la ocurrencia de un fenómeno natural y permite desarrollar herramientas de planificación en función de los mapas finales obtenidos.

## 2. 4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS POR FENÓMENOS NATURALES

El proceso investigativo de las metodologías evaluadas en esta disertación, permitió conocer a través de diferentes perspectivas las diversas formas y procedimientos de evaluación del riesgo por fenómenos naturales. En este punto de la disertación se ha cumplido con el objetivo principal de este estudio el cual era realizar una investigación de las metodologías de análisis de riesgos y obtener una visión más amplia y detallada sobre los diferentes procedimientos utilizados para llegar al análisis propuesto.

Se han conseguido en cierta manera algunas similitudes y diferencias entre las metodologías investigadas los cuales se los detallará a profundidad a continuación;

- Las tres metodologías son bastante similares al momento de identificar las amenazas por fenómenos naturales.
- El análisis de vulnerabilidad propuesto por la metodología de los autores Demoraes y D'ercole en la publicación "Cartografía de Riesgos y Capacidades en el Ecuador" fue muy general y poco explicativa.
- En análisis de vulnerabilidad propuesto por el autor Andrew Maskrey y la guía para el análisis de riesgos naturales desarrollada por el gobierno chileno, fue muy explicativa y detallada sobre la identificación de los factores y elementos de vulnerabilidad. Ambas metodologías consideran de gran importancia trabajar con estadísticas sociales y socioeconómicas para determinar la vulnerabilidad en las zonas.
- Las metodologías que detallan en mayor grado el uso de los sistemas de información geográfica para el desarrollo del análisis del riesgos, son las propuestas por los autores Demoraes y D'ercole en "Cartografía de Riesgos y Capacidades en el Ecuador" y por la "Guía para el Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial", propuesta por el gobierno chileno. Sin embargo las tres metodologías hacen mención de los sistemas de información geográfica y muestran los diversos mapas generados a través del uso de esta herramienta.

- La metodología propuesta por los autores Demoraes y D'ercole es una metodología que se la aplica a nivel nacional, generalmente se trabaja con escalas regionales para un análisis de carácter global.
- La metodología generada por el gobierno chileno es una metodología que puede ser utilizado en escalas locales, teniendo información más acertada y de detalle, además esta metodología va acompañada de información que generan los gobiernos locales e instituciones estatales por lo que es muy beneficiosa para obtener herramientas de planificación y generar mapas temáticos y cartográficos de gran utilidad.
- La metodología desarrollada por Andrew Maskrey en su publicación "Navegando sobre Brumas" es una metodología la cual ha sido generada a través de experiencias a nivel regional en América Latina, si bien es cierto se toman en cuenta varios estudios de análisis de riesgos a lo largo del continente, se pudo determinar que fue una metodología que proporciona herramientas conceptuales interesantes que se aplican para estudios de mayor escala.

En conclusión se puede decir que las metodologías investigadas y descritas a lo largo de esta disertación han permitido realizar un análisis complejo sobre las diferentes técnicas y procedimientos al momento de efectuar el análisis de riesgos. Los procedimientos y análisis otorgados por estos instrumentos han facilitado la comprensión de las herramientas propias de los sistemas de información geográfica además se ha logrado determinar la importancia en escoger las variables, indicadores y datos de la manera más adecuada y concreta para generar mapas de calidad, los cuales servirán de insumos infalibles para el desarrollo de análisis de riesgos que sean asertivos y que permitan la toma de decisiones eficaces y oportunas a nivel de estructuras gubernamentales y organizaciones locales.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y VULNERABILIDADES

#### 3.1 ANTECEDENTES

Ecuador, al igual que varios países en vías de desarrollo se ve afectada por fenómenos naturales, los cuales producen graves daños en el ámbito social, ambiental y económico. Lamentablemente muchos de estos países no tienen los recursos materiales, humanos y financieros para prevenir y mitigar los riesgos ocasionados por estos fenómenos, las políticas públicas estatales rara vez se encuentran enfocadas para advertir este tipo de acontecimientos. Sin embargo en los últimos años por causa de las afectaciones y la magnitud de impacto que han generado estos eventos, el gobierno de la República del Ecuador ha dado la importancia necesaria a las actividades relativas a la gestión del riesgo, creando de esta manera en septiembre del 2009, la Secretaria Nacional de Gestión del Riesgo, entidad estatal, cuya misión es:

Garantizar la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico, mediante la generación de políticas, estrategias y normas que promuevan capacidades orientadas a identificar, analizar, prevenir y mitigar riesgos para enfrentar y manejar eventos de desastre; así como para recuperar y reconstruir las condiciones sociales, económicas y ambientales afectadas por eventuales emergencias o desastres.

Para la detección de amenazas es prioritario tomar en cuenta las características del territorio, al igual que los factores que podrían incidir a una situación de peligro a la población de un determinado lugar. Cada sitio es particular y las condiciones físico-naturales difieren de un lugar a otro.

En la actualidad existen diferentes metodologías para la gestión, valoración y manejo de riesgos naturales y por consiguiente la identificación de amenazas, este estudio tiene el como objetivo la prevención, mitigación y disminución de desastres. Hoy por hoy, los municipios y departamentos de planificación territorial consideran prioritario

conocer cuáles serían las posibles amenazas de sus ciudades y que acciones podrían tomar en el caso de que una de ellas ocurriera.

La aplicación de herramientas informáticas, tecnológicas y estadísticas, son bastante utilizadas para la valoración de amenazas y la identificación de variables cualitativas y cuantitativas que pueden tener cierta influencia directa en la propagación de los riesgos naturales, además de metodologías participativas y programas de inversión para el fortalecimiento de los lugares más vulnerables.

En este caso los Sistemas de Información Geográfica (SIG) juegan un papel crucial, puesto que contribuyen con procesos que permiten realizar un análisis exhaustivo del territorio, además de la yuxtaposición de información espacial, obteniendo resultados formidables para la toma de decisiones.

Por esta razón en este estudio se ha pensado en una metodología basada en sistemas (SIG), a través del uso del Software Arcgis 10, en el cual se pueden utilizar una serie de herramientas para identificar, localizar, capturar, manipular y desplegar en todas sus formas la información geográfica referenciada sobre amenazas ocasionados por fenómenos naturales, además que permita realizar una zonificación de áreas susceptibles a fenómenos naturales, tales como inundaciones, deslizamientos, derrumbes, terremotos, sequías, erupciones volcánicas etc., la cual es de gran utilidad para realizar planes de prevención ante desastres, así como para fortalecer a las comunidades ante un posible riesgo natural.

Este capítulo tiene como propósito llegar a un análisis profundo de las amenazas en el cantón Mejía, así como hacer uso de los beneficios de la herramienta SIG para el manejo de información territorial y el ordenamiento del territorio tomando en cuenta sus condiciones locales y el desarrollo de sus comunidades a través de la participación de actores sociales y grupos vulnerables. Para tal efecto, se ha tomado como base una metodología desarrollada por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos- CLIRSEN y la Secretaría de Planificación y Desarrollo del Ecuador- SENPLADES mediante la cual se ha

generado ciertos mecanismos en base a líneas estratégicas que influyen en la ocurrencia o propagación determinados riesgos.

### **3.2 ANÁLISIS DE AMENAZAS ASPECTOS GENERALES**

Para la evaluación de amenazas se requiere del desarrollo de un conjunto de procedimientos cuyo fin es el de brindar un aporte a la prevención, mitigación, control y disminución de desastres en determinado territorio y sus implicaciones sociales, económicas y ambientales.

En nuestro país se han presentado en anteriores décadas diversos fenómenos naturales, que han causado grandes pérdidas no solo humanas sino también ambientales y económicas. Los registros históricos de fenómenos naturales permiten evaluar una posible ocurrencia de nuevos acontecimientos y representan amenazas latentes para el ser humano y las comunidades, por lo que identificar zonas vulnerables ante tales fenómenos constituye un aspecto prioritario para todos quienes conformamos un territorio con características físicas condicionantes. Conocer el uso del suelo y la tipificación del territorio es primordial para la evaluación de amenazas, es así como podremos evaluar detalladamente la vulnerabilidad social frente a las mismas, además de sus implicaciones en el contexto ambiental, productivo y económico.

El componente humano es otro factor significativo, puesto que los actores sociales, son quienes conocen la realidad local, y además contribuyen a la generación de estudios para el mejoramiento de sus condiciones de vida y al ordenamiento territorial. Es importante el levantamiento de información desde los actores sociales puesto que ellos son los que conocen el territorio, sus limitaciones y oportunidades.

### **3.3 OBJETIVOS**

#### **3.3.1 OBJETIVO GENERAL:**

Analizar las diferentes amenazas por fenómenos naturales, a través del uso de herramientas SIG, para la reducción de desastres naturales en el cantón Mejía.

### 3.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un diagnóstico de los sistemas social, ambiental, económico, político administrativo del Cantón Mejía.
2. Desarrollar una metodología que permita evaluar las amenazas presentes en el territorio a través del uso de herramientas SIG.
3. Mapear zonas de amenaza y de vulnerabilidad social frente a fenómenos naturales.
4. Analizar la influencia de las amenazas y vulnerabilidad de los fenómenos naturales en el cantón para toma de decisiones prioritarias.

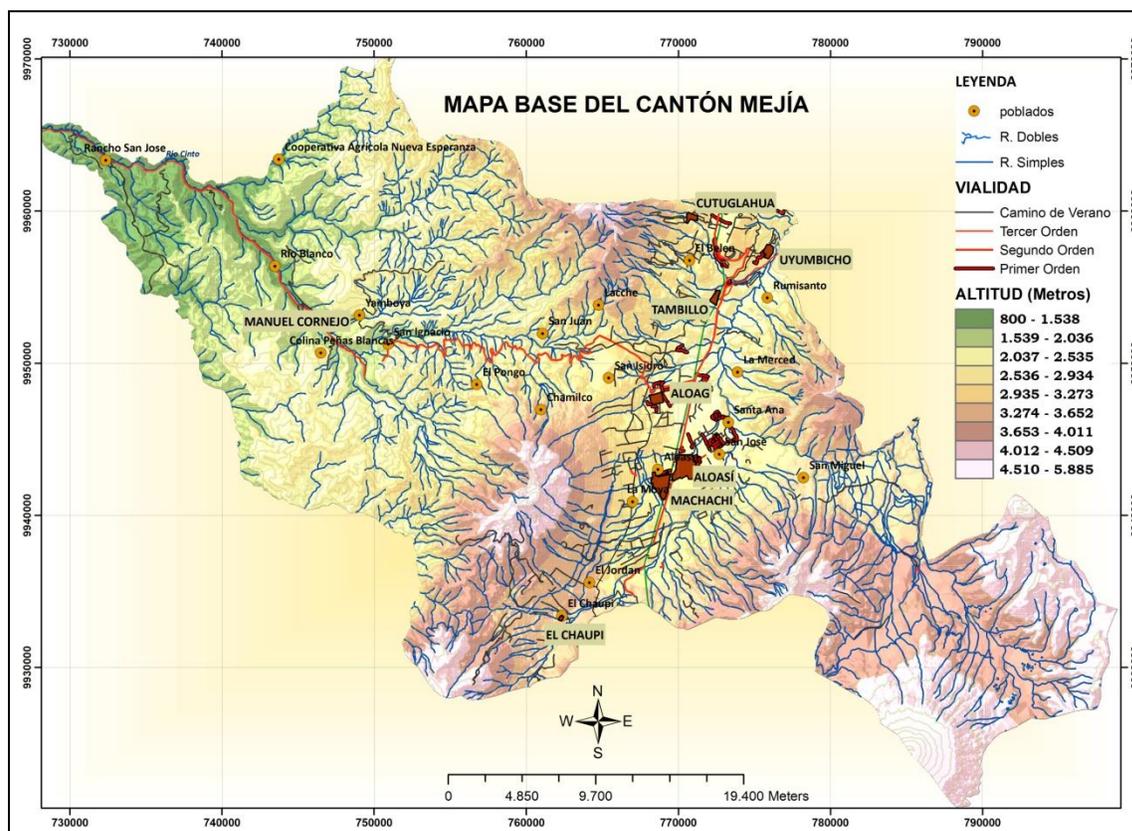
### 3.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### Características Generales, Ubicación

El cantón Mejía, se encuentra ubicado al suroriente de la Provincia de Pichincha, a 35 km de la ciudad de Quito, cabecera provincial. Se encuentra a un nivel altitudinal que va de los 600 a 4.750 m.s.n.m.

Mejía se ve limitada al norte con el Cantón Rumiñahui, Distrito Metropolitano de Quito y Santo Domingo, al sur con la Provincia de Cotopaxi, al este con la Provincia de Napo y al oeste con la Provincia de Cotopaxi y Cantón Santo Domingo. (Ver *Imagen N° 5: Mapa Base Cantón Mejía*)

Imagen N° 5: Mapa Base del Cantón Mejía



Elaborado por: Daniela Jiménez, Fuente: Base Cartográfica CLIRSEN 2010

El cantón cuenta con 8 parroquias rurales las cuales son; Alóag, Aloasí, Cornejo Astorja, Cutuglahua, Chaupi, Tambillo y Uyumbicho y una parroquia urbana la cual es cabecera cantonal llamada Machachi.

Para una visualización a detalle del mapa base, puede asistir al *Anexo N° 13* del presente documento.

### 3.5 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

El cantón se caracteriza por su diversidad de pisos climáticos y distintas zonas de vida a lo largo de sus parroquias, es así donde se puede encontrar Bosque Húmedo Montano Bajo en las parroquias de Machachi, Aloasí, Aloag y Tambillo; Páramo

Pluvial Sub Alpino en la parroquia Manuel Cornejo y en las estribaciones de las dos cordilleras se cuenta con Bosque muy Húmedo Montano Bajo.

Además dentro del Cantón se encuentran importantes formaciones montañosas como son el Atacazo, Corazón, Illiniza y Cotopaxi.

### **Geomorfología.-**

Para describir la geomorfología de este Cantón es importante tomar en cuenta las características generales de la región, en este caso, el Cantón Mejía, se encuentra dentro de la región Sierra, la cual está conformada por dos cordilleras: la cordillera Occidental y la cordillera Real.

Estas cordilleras se caracterizan por una declinación general en sus altitudes que va de norte a sur y se encuentran a su cúspide varias formaciones volcánicas que van de los 4.800 metros de altitud hacia adelante.

En este sentido la actividad volcánica ha caracterizado la morfología de los relieves, y además ha inducido a la presencia de materiales piroclásticos en toda esta región cubriendo grandes extensiones.

Estas cordilleras en su interior se encuentran encerradas en depresiones morfológicas favoreciendo a la formación de valles interandinos los cuales son típicos en la zona del Cantón Mejía.

Con esta breve introducción el Cantón Mejía al sur oriente de Machachi, colindando con el Cotopaxi, presente una gran masa andina que se une con el Nudo de Tiopullo y la Cordillera Central formando un Valle de aproximadamente 25km<sup>2</sup>, en esta zona se encuentran grandes depósitos de material volcánico e ígneo. El cantón está formado por rocas volcano sedimentarias de composición andesita- basáltica, con intercalaciones de sedimentos de la edad Cretácica. Además se encuentran otros tipos de rocas volcánicas, como son los conglomerados, lutitas, tobas y rocas sedimentarias marinas. Algunos de los sedimentos presentes en el cantón son características de la formación Macuchi (CEPEIGE, 1996).

### **Hidrología.-**

Se encuentra atravesado por varios ríos, que junto a varios afluentes recorren las cuencas y subcuencas de la zona. Los ríos provienen de las vertientes naturales de las formaciones montañosas y volcánicas. Al Oriente se cuenta con el río San Pedro que alcanza unos 99km de longitud del río. Al occidente se presenta el río Toachi junto con su afluente el río Pilatón los cuales pertenecen a la subcuenca del río Blanco y los cuales a su vez son alimentados por el río Pita que nace de los lados del Cotopaxi. Otros afluentes importantes son los ríos El Salto, Guapal, Pasochoa y San Pedro.

### **Suelos.-**

Los suelos del cantón Mejía se caracterizan por ser muy ricos para las actividades agrícolas y ganaderas, se presenta en la región grandes superficies de pastos naturales y pastos plantados. En las laderas ya se empieza observar los cultivos de altura como son las papas y otros tipos de cultivos como la cebada, maíz, y hortalizas.

En las zonas bajas y más cálidas se produce otros cultivos como son café, limón, plátano, caña de azúcar entre otros. Los cereales son comunes en alturas de hasta 3.600 metros.

En el cantón se encuentran diversos tipos de suelos entre estos los más importantes son:

- Suelos arenosos, compuestos por materiales piroclásticos, los cuales presentan baja retención de humedad con tonalidades oscuras.
- Suelos negros, limos o limo arenosos, de igual manera con presencia de materiales piroclásticos, de arena muy fina y con presencia de arcillas en zonas profundas.
- Suelos alofónicos, también piroclásticos, con capacidad absorbente y con áreas de humedad.

### **Clima.-**

Debido a las diferencias de altitud del cantón Mejía, a más de su ubicación geográfica, el clima de la región oscila desde húmedo tropical hasta llegar a un clima de páramo o conocido también como clima de altura. En esta región predomina el frío y de acuerdo a registros la temperatura promedio máxima va de los 29° a los 6 ° de temperatura promedio mínima (CEPEIGE, 1997).

### **Flora y Fauna.-**

La flora del cantón Mejía está constituida por la vegetación característica de la zona interandina como son; los arbustos, y remanentes de bosques primarios compuestos por especies de arrayanes, podocarpus, alisos, polilepis etc. (REYES, 2005).

El cantón presenta características ecológicas y biológicas q permiten la práctica conservacionista especialmente áreas de reserva como es el Bosque Protector Pasochoa, el Parque Nacional Cotopaxi y el Área Nacional de Recreación El Boliche, donde se encuentran alrededor de 40 especies de orquídeas y más de 14 especies de colibríes.

En las zonas de páramo alta encontramos vegetación típica como son musgos, líquenes y almohadillas, en las zonas más bajas se presentan las especies arbóreas y arbustivas como la chuquirahua, pajonales líquenes y licopodios, entre otros.

## **3.6 CARACTERÍSTICAS SOCIALES Y ECONÓMICAS**

### **- Población y Poblamiento**

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos para el año 2010, el cantón Mejía cuenta con una población de 81.335 habitantes, el 48,91% corresponden al grupo de población de hombres, y el 51,09% al grupo de población de mujeres.

Las parroquias que presentan un mayor poblamiento son Machachi y Cutuglahua.

En cuanto a los indicadores de pobreza y necesidades básicas insatisfechas, el cantón Mejía presenta un porcentaje de pobreza que llega al 54,0% de la población según los datos proporcionados por el INEC, además el porcentaje de personas que viven en la extrema pobreza alcanza el 20,2%, siendo estos indicadores altos para el cantón, tomando en cuenta que es una zona con capacidad productiva alta.

#### - **Actividades Económicas**

La población económicamente activa (PEA) en el cantón corresponde a 25.604 habitantes, y la población en edad para trabajar (PET) es de 46.681 habitantes, de acuerdo a los datos generados por el INEC para el año 2001. (Ver Tabla N°7)

La población del cantón, realiza las siguientes actividades económicas:

Tabla N° 7: Actividades Económicas del cantón Mejía

<b>Actividades Económicas</b>	<b>(%)</b>	<b># Personas</b>
Agricultura, caza y pesca	29.2	7.424
Minas y canteras	0.3	76
Manufactura	13.1	3.334
Electricidad, gas y agua	0.4	89
Construcción	6.5	1.659
Comercio, hoteles y restaurantes	15.0	3.803
Transporte, almacenamiento y	7.8	1.989
Servicios financieros	2.1	532
Servicios personales y sociales	17.9	4.542
No especificadas	7.7	1.962

Fuente: INEC, Censo 2001.

Las actividades más importantes dentro del cantón, están comprendidas en; Agricultura, caza y pesca con un 29,2%, Comercio, hoteles y restaurantes con el 15% y de Servicios personales y sociales con un 17,9%.

#### - **Infraestructura, servicios y equipamiento**

En cuanto a los servicios básicos y dotación de recursos para el cantón Mejía, tenemos los siguientes datos:

El 45,7% de las viviendas tienen acceso al agua entubada por red pública dentro de la vivienda, es decir que de las 14.361 viviendas que existen en el cantón, únicamente 6.567 cuentan con este servicio.

En cuanto al acceso a la red de alcantarillado, el 60% de las viviendas cuentan con este servicio. Una de las dificultades encontradas en el cantón es el sistema de alcantarillado puesto que este sistema ya no soporta las actuales descargas de las aguas servidas de la ciudad y en este sentido se están realizando las descargas directamente al río San Pedro.

#### **Educación.-**

El 9,6% de la población de Mejía es analfabeta, correspondiente a 4.115 personas de acuerdo a los datos publicados por el INEC año 2011.

Las unidades educativas se encuentran ubicadas en la cabecera cantonal, donde el 67,7% ha culminado con el nivel primario de educación contando con 11 escuelas en esta zona.

El 16,5% ha culminado el nivel secundario con la presencia de 6 colegios (equipados deficientemente).

## Salud.-

En cuanto a la infraestructura de salud, el cantón Mejía cuenta únicamente con 1 establecimiento de salud con internación, además de 7 subcentros y 11 dispensarios médicos sin internación.

A continuación se detalla el personal en establecimientos de salud del cantón.

Tabla N° 8: Personal en establecimientos de salud

PERSONAL	Tasa x 10.000 hab
Médicos	13.0
Odontólogos	1.4
Obstetricias	0.3
Enfermeras	3.0
Auxiliares de Enfermerías	6.0

Fuente: INEC, Censo del 2001.

## Sistema Vial.-

La red vial del cantón Mejía, se encuentra compuesta principalmente por la carretera Panamericana. Como vías aledañas se encuentra la vía Alóag-Santo Domingo y la autopista General Rumiñahui.

### 3.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE AMENAZAS EN LA PROVINCIA

La Provincia de Pichincha al encontrarse dentro de una zona volcánica con niveles altitudinales que sobrepasan los 4.750 metros sobre el nivel del mar, presenta

pendientes abruptas y moderadas donde es posible contar con amenazas por fenómenos naturales.

Los movimientos en masa, o deslizamientos corresponde a un proceso en el cual las laderas o vertientes de relieves colinados o montañosos, pierden su estabilidad y se deslizan, este procedimiento tiene que ver con el tipo de pendiente, su longitud, la característica del suelo en cuanto a profundidad y humedad, además se considera e gran importancia la presencia o ausencia de cobertura vegetal así como los mecanismos que podrían incidir en los deslizamientos como son las lluvias, sismos entre otros.

De acuerdo a los estudios realizados por DesInventar en la provincia de Pichincha desde el año 1988 hasta el año 1999, se registraron 25 deslizamientos.

En el DMQ, se registraron movimientos en masa por las características de los suelos de Quito, además de la presencia de horst los cuales se derivan de la falla geológica que separa Quito y los valles (Cumbayá, Tumbaco y los Chillos), todo esto acompañado de las fuertes lluvias que generan condiciones para que los movimientos en masa ocurran.

### **3.7.1 Áreas potenciales de afectación por fenómenos naturales**

Las áreas potenciales de afectación por fenómenos naturales son aquellas áreas que tienen mayor probabilidad de que una amenaza o evento ocurra, siendo así zonas de determinada localidad, las cuales están relacionadas con condiciones endógenas propias de los procesos de la tierra. Para determinar estas áreas potenciales generalmente se realiza una investigación de amenazas producidas durante un período específico. Estas amenazas pueden ser por fenómenos naturales como sismos, vulcanismo, tsunamis y remociones en masa.

Además dentro de estas áreas potenciales de afectación se deben tomar en cuenta al componente social, puesto que existen diversas prácticas humanas que favorecen a la afectación de ciertas zonas, como el caso de la deforestación, desestabilización de laderas, actividades agroproductivas, erosión de los suelos entre otros.

### **3.8 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE AMENAZAS Y VULNERABILIDAD**

La metodología utilizada para la identificación y valoración de las amenazas y vulnerabilidad social, fue elaborada en base a información temática y cartografía generada por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador-IGM. Para el desarrollo metodológico se tomó como base la información sobre los sistemas ecológico-ambiental, económico, asentamientos humanos, movilidad, energía y conectividad. En este sentido fue de importancia trabajar con la información obtenida en el diagnóstico social, ambiental, económico y administrativo del Cantón Mejía, la cual fue descrita al inicio del presente capítulo. En el siguiente cuadro conceptual podemos visualizar las respectivas fases evolutivas en las cuales se desarrolló la metodología en esta investigación.

En el Gráfico N° 9 se puede observar que para el análisis de vulnerabilidad social frente a amenazas por deslizamientos. Partimos primeramente de un Mapa Base, el cual cuenta con información de ubicación, ríos, poblados, vialidad etc. Una vez obtenido este mapa base tomamos la información temática y la hemos clasificado en 2 etapas para la elaboración de los mapas temáticos.

En primera instancia partimos con la información de aspectos biofísicos, cruzamos en el mapa base la información de pendientes, volcanismo, y suelos. Utilizando el software Arcgis, de sistemas de información geográfica, realizamos una clasificación de la información de acuerdo a nivel de influencia. Un ejemplo de esto es en el caso de las pendientes, a mayor grado de inclinación de pendiente es mayor influencia. En cuanto a suelos, los suelos de tipo arenoso, limoso tienen mayor grado de influencia para que un deslizamiento ocurra y sumado esto si en esta zona existen formaciones volcánicas. Todo este tipo de factores se los describirá más adelante.

Gráfico N° 9: Metodología para evaluación de amenazas y vulnerabilidades



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (2010)

En segunda instancia tenemos la información de carácter social, como son asentamientos humanos, poblados, además información de infraestructura vial, educativa y de salud, esta información a través de un análisis de densidad de puntos podemos obtener zonas de vulnerabilidad alta, media, y baja. El procedimiento será descrito más adelante.

Para realizar este análisis partimos de una recopilación de información digital en formato shapefile (.shp), a escala 1:50.000, generada por el CLIRSEN y el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico, Minero Metalúrgico (INIGEMM), se utilizaron las siguientes herramientas del Software ArcGIS:

-Análisis Espacial (Reclassify, Multiple buffer Ring, Raster Calculator)

-Modelo Digital de Terreno

### 3.9 ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE MAPA DE AMENAZAS

#### 3.9.1 Amenaza Volcánica

Para la elaboración del mapa de amenaza volcánica se utilizó la información geospacial generada por el actual Instituto Espacial Ecuatoriano anteriormente conocido como el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos-CLIRSEN, la información fue levantada en el período comprendido entre el año 2009 y 2010, fue proporcionada por el mencionado Instituto para fines de estudio e investigación. Como podemos observar en la imagen (Ver imagen N°6: Tabla de de atributos de información Volcánica), la información se encuentra detallada de acuerdo a la influencia de peligro por flujos piroclásticos y riesgo de actividad volcánica. Esta información a través de un proceso de reclasificación simple dentro del programa Arcgis 10, se la catalogó a través de indicadores de influencia Alta, Media y Baja.

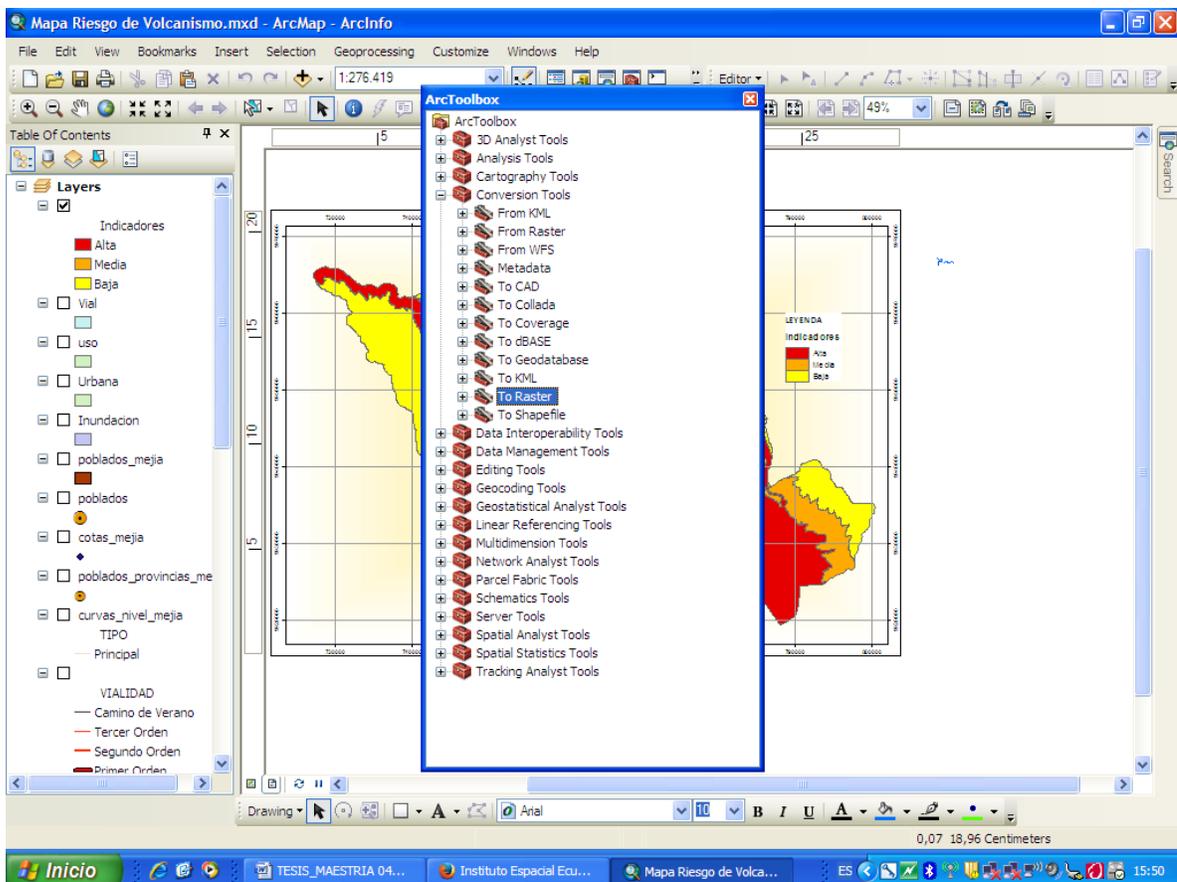
Imagen N° 6: Tabla de Atributos de Información de Peligro o Amenaza Volcánica

FID	Shap	O	C	Volcan	Descrip	Indic	Shape Leng	Shape Area
0	Polyg	1	3		Sin peligro por flujos piroclásticos, lava y lahares, caída de	Baja	48137.036263	47830417.5058
1	Polyg	2	3		Sin peligro por flujos piroclásticos, lava y lahares, caída de	Baja	17165.03941	11543748.4414
2	Polyg	3	3		Sin peligro por flujos piroclásticos, lava y lahares, caída de	Baja	62921.438011	86003101.2725
3	Polyg	4	3		Sin peligro por flujos piroclásticos, lava y lahares, caída de	Baja	241594.533688	824289134.315
4	Polyg	5	3		Sin peligro por flujos piroclásticos, lava y lahares, caída de	Baja	72495.648773	101222974.164
5	Polyg	6	2	Cotopaxi	Riesgo alto y bajo de recibir flujos piroclásticos, lava y lahari	Media	7956.300175	1735108.45872
6	Polyg	7	2	Cotopaxi	Riesgo alto y bajo de recibir flujos piroclásticos, lava y lahari	Media	60255.386109	49601081.6226
7	Polyg	8	2	Cotopaxi	Riesgo alto y bajo de recibir flujos piroclásticos, lava y lahari	Media	9857.319608	4517405.52313
8	Polyg	9	2	Cotopaxi	Riesgo alto y bajo de recibir flujos piroclásticos, lava y lahari	Media	20819.881522	10298695.203
9	Polyg	1	2	Ninahuica	Riesgo alto y bajo de recibir flujos piroclásticos, lava y lahari	Media	7400.502599	2118684.59376
10	Polyg	1	1	Cotopaxi	Riesgo alto de flujos piroclásticos, lava y lahares, como de	Alta	119140.463337	193079511.084
11	Polyg	1	1	Ninahuica	Riesgo alto de flujos piroclásticos, lava y lahares, como de	Alta	250454.709043	291709637.847

Elaborado por: Daniela Jiménez (2013). Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano, Base Cartográfica CLIRSEN (2010).

Una vez realizada esta clasificación procederemos a transformar la información digital de VECTOR a RASTER, es decir de polígono a raster, a través de la herramienta Arctoolbox, opción Conversión Tools – To Raster. (Ver Imagen N° 7: *Procedimiento para Conversión a Raster*). De esta manera se obtuvo como primer resultado para este estudio, el “Mapa de Incidencia Volcánica”. (Ver Imagen N° 8: *Mapa de Incidencia Volcánica*)

Imagen N° 7: Procedimiento para Conversión a Raster

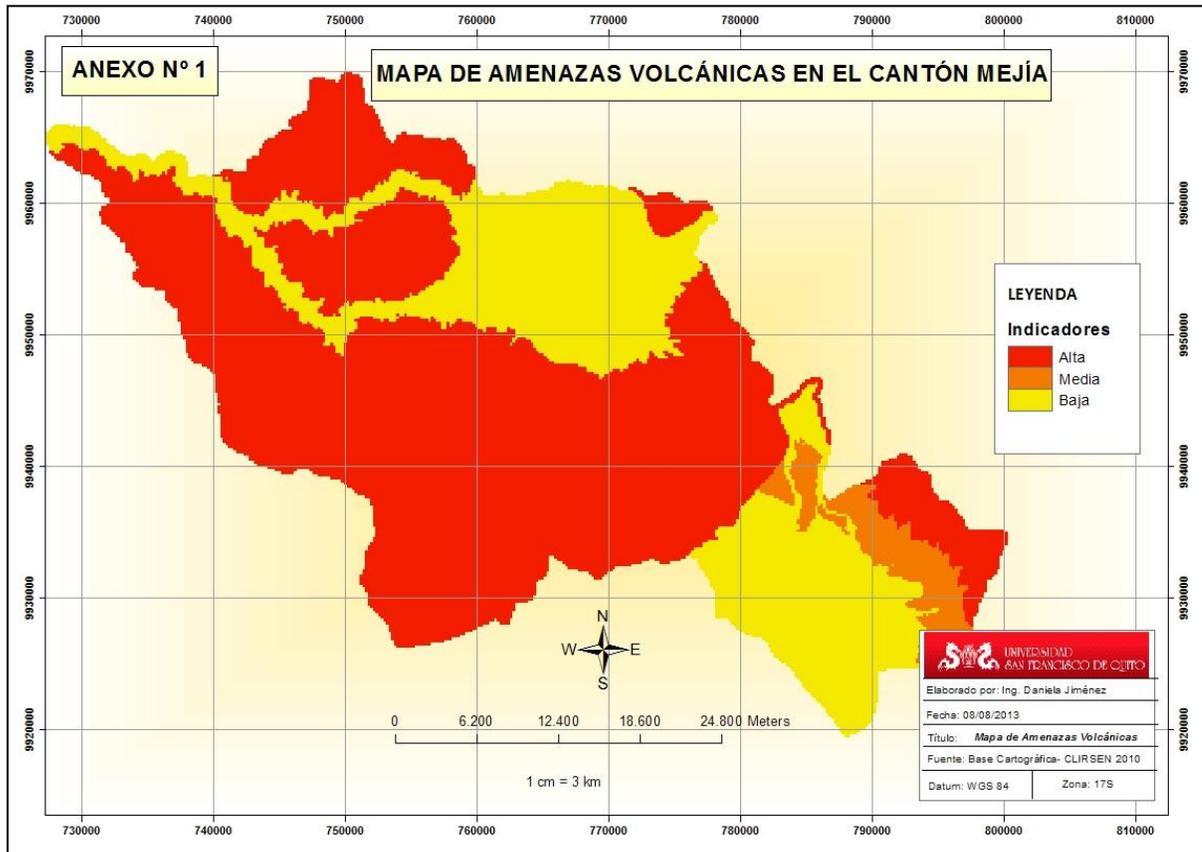


Elaborado por: Daniela Jiménez (2013). Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano, Base Cartográfica CLIRSEN (2010).

Con la obtención del Mapa de Incidencia Volcánica se evidenció que el peligro y amenaza volcánica en el Cantón Mejía es considerablemente Alto y algunos

poblados se encuentran vulnerables ante esta amenaza especialmente en la zona central, sur y oeste del cantón. Para una visualización a detalle del mapa generado, se puede asistir al *Anexo N° 1* del presente documento.

Imagen N° 8: Mapa de Incidencia Volcánica



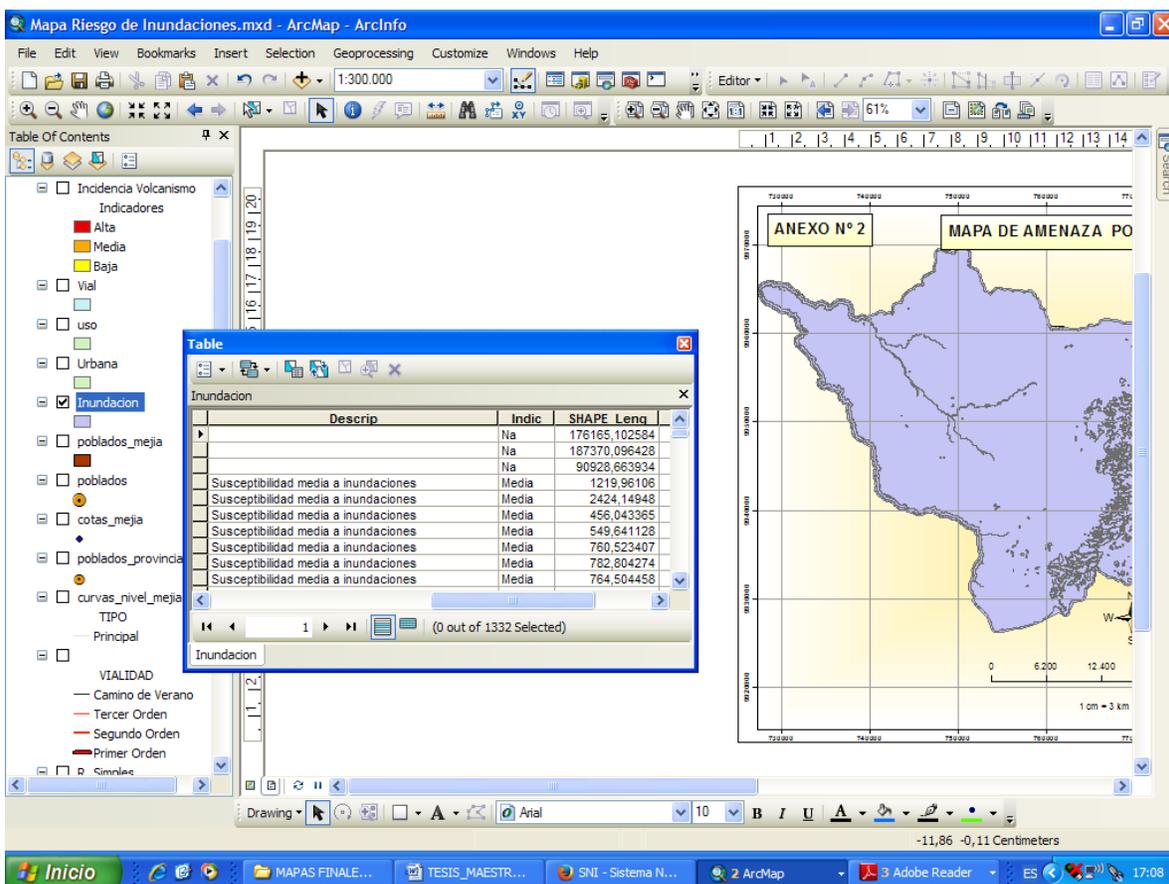
Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Sistema Nacional de Información-Geoportal-Base Cartográfica CLIRSEN 2010.

### 3.9.2 Amenaza a Inundaciones

Para la generación del Mapa de Amenazas a Inundaciones, primeramente se trabajó con la información geoespacial concerniente a inundaciones generada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca-MAGAP, la cual fue levantada en el año 2002 en formato shapefile.

La información geoespacial fue incorporada al programa Arcgis versión 10, en primer instancia se revisó la base de datos de la información, la cual se encontró clasificada en diferentes categorías relacionadas con la susceptibilidad del territorio del cantón Mejía a las inundaciones. Esta información se la diferenció con la ayuda de las herramientas del programa y se la dividió en base a 3 variables de impacto: alta, media y baja, como pueden observar en la siguiente imagen. (Ver Imagen N° 9: Atributos de la Información respectiva a Inundaciones).

Imagen N° 9: Atributos de la Información respectiva a Inundaciones



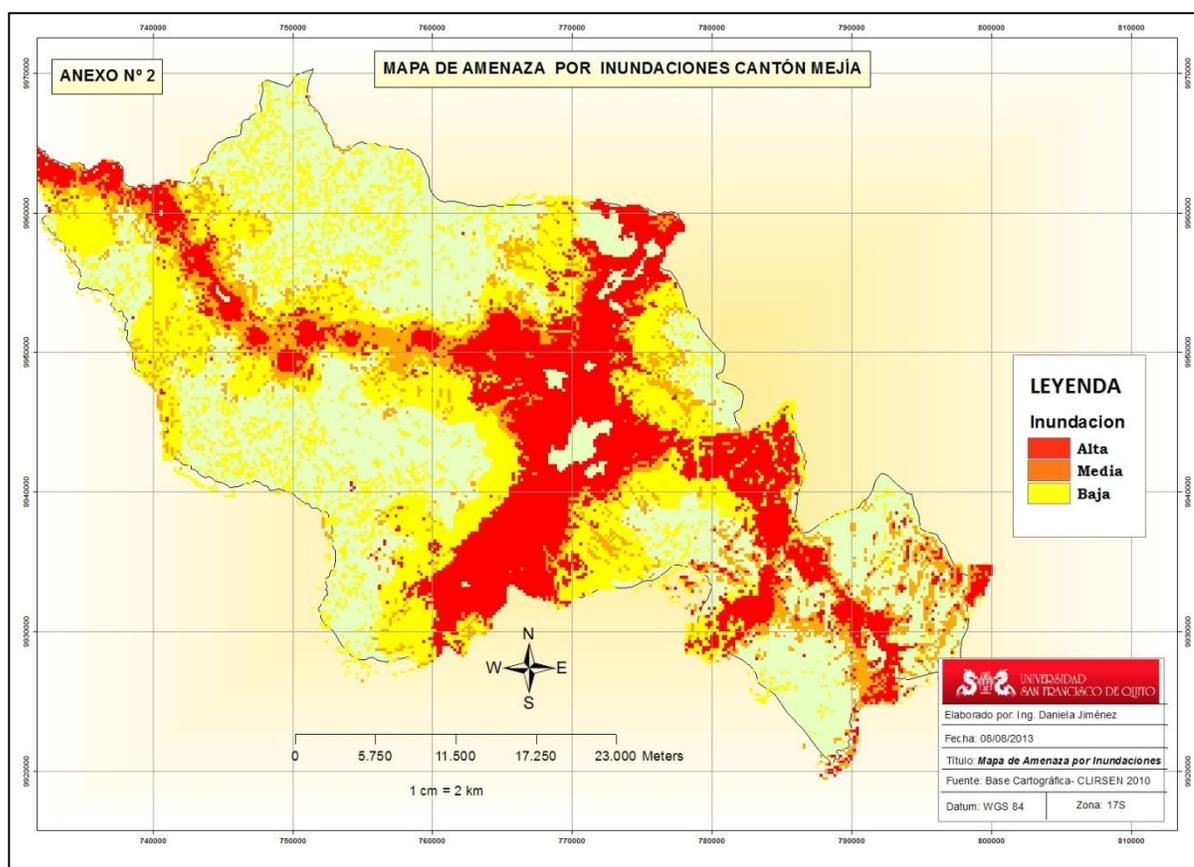
Elaborado por: Daniela Jiménez (2013). Fuente: Sistema Nacional de Información, Base Cartográfica-INAMHI-MAGAP (2002).

Posteriormente se procedió a transformar la información digital de VECTOR a RASTER, de la misma manera al procedimiento realizado anteriormente en el punto

3.4.2 correspondiente a Volcanismo. De esta manera se obtuvo como resultado de este procedimiento el “Mapa de Amenaza por Inundaciones”. (Ver Imagen N° 10: Mapa de Amenaza por Inundaciones).

Para una visualización a detalle del mapa generado, se puede asistir al Anexo N° 2 del presente documento.

Imagen N° 10: Mapa de Amenaza por Inundaciones



Elaborado por: Daniela Jiménez      Fuente: Sistema Nacional de Información, Base Cartográfica- INAMHI-MAGAP (2002).

### 3.9.3 Influencia de Movimientos en Masa

Los movimientos en masa se consideraron dentro de este estudio como una variable imprescindible dentro de los aspectos ambientales que tiene un gran impacto en el ámbito social, de infraestructura y uso del suelo.

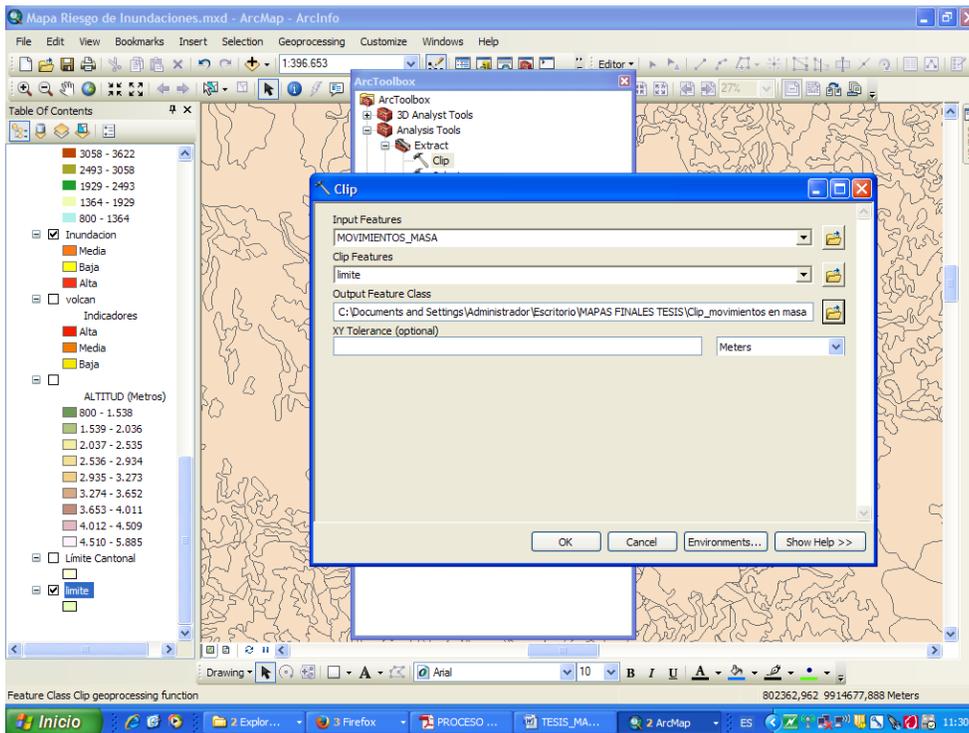
Primeramente se realizó un cruce de datos de la información geoespacial obtenida a través del Sistema Nacional de Información de la Secretaría Nacional de Planificación del Ecuador-SENPLADES, a través de su Geoportal donde se obtuvo la información de los movimientos en masa a nivel nacional en formato shapefile, la cual fue publicada por el Ministerio de Ganadería Acuacultura y Pesca-MAGAP y levantada en el año 2002.

En primera instancia, utilizando la herramienta “Clip” del Arc Toolbox del programa Arcgis, se procedió a extraer solo la información de movimientos en masa que se encuentran dentro del cantón Mejía. *(Ver Imagen N° 11: Uso de la herramienta Clip).*

Se obtuvo de esta manera una cobertura la cual muestra la información de movimientos en masa correspondiente al mencionado cantón, la cual además se encuentra clasificada en términos de susceptibilidad del terreno a este fenómeno.

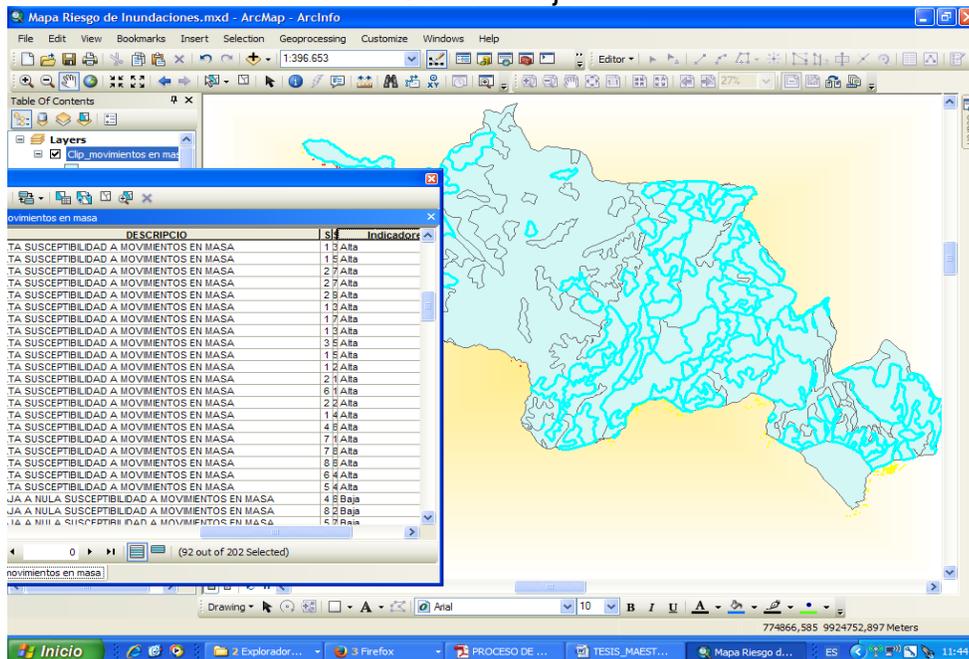
Con esta información se realizó una clasificación en base a una ponderación de influencia a movimientos en masa de grado Alto, Medio y Bajo. *(Ver Imagen N° 12: Procedimiento de Clasificación de Movimientos en Masa para el Cantón Mejía).*

Imagen N° 11: Uso de la herramienta Clip del Arctoolbox, Arcgis, versión 10.



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Sistema Nacional de Información, Base Cartográfica-INAMHI-MAGAP (2002).

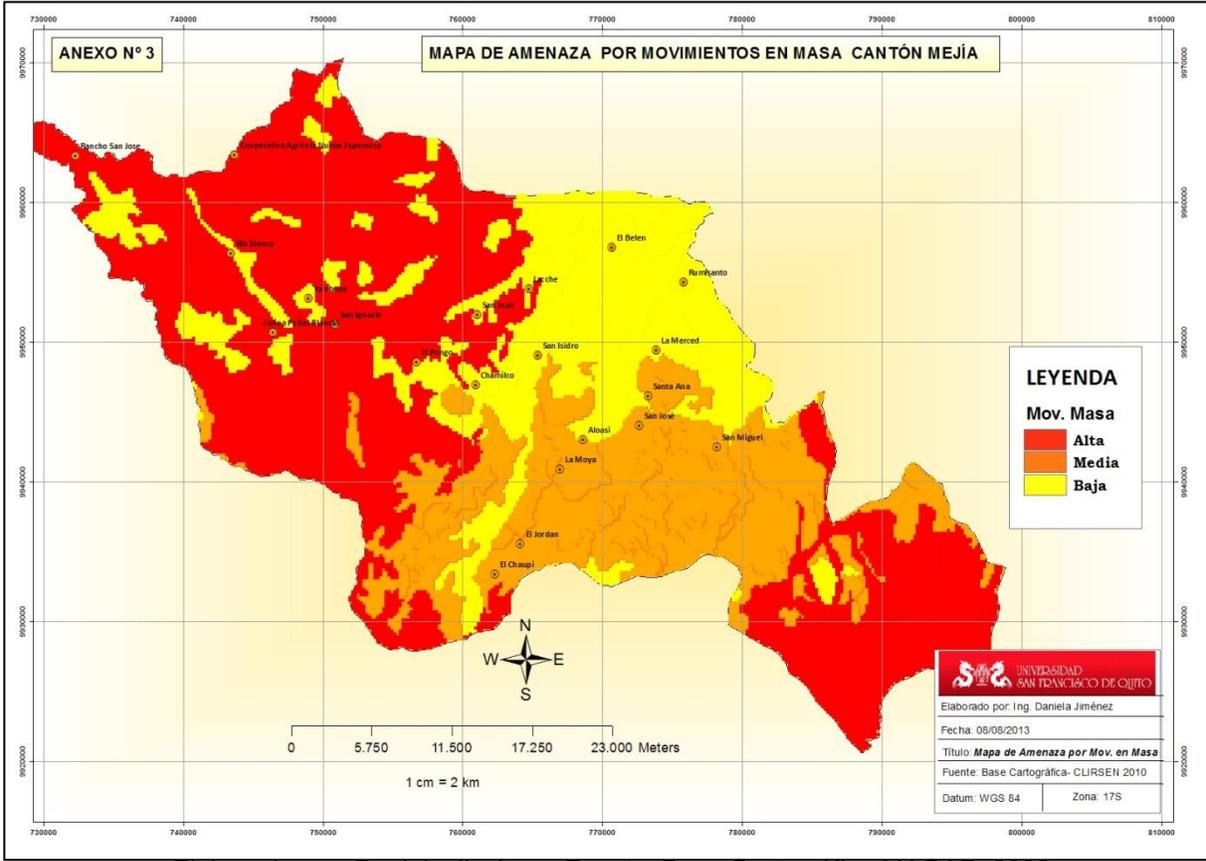
Ver Imagen N° 12: Procedimiento de Clasificación de Movimientos en Masa para el Cantón Mejía



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica MAGAP, 2002.

Finalmente una vez realizada esta clasificación, se procedió a transformar la información de polígono a raster, procedimiento que fue ya descrito en fases anteriores. Como resultado se obtuvo el Mapa de Amenazas por Movimientos en Masa del Cantón Mejía. (Ver Imagen N° 10: Mapa de Movimientos en Masa del Cantón Mejía)

Imagen N° 13: Mapa de Movimientos en Masa del Cantón Mejía



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica MAGAP, 2002.

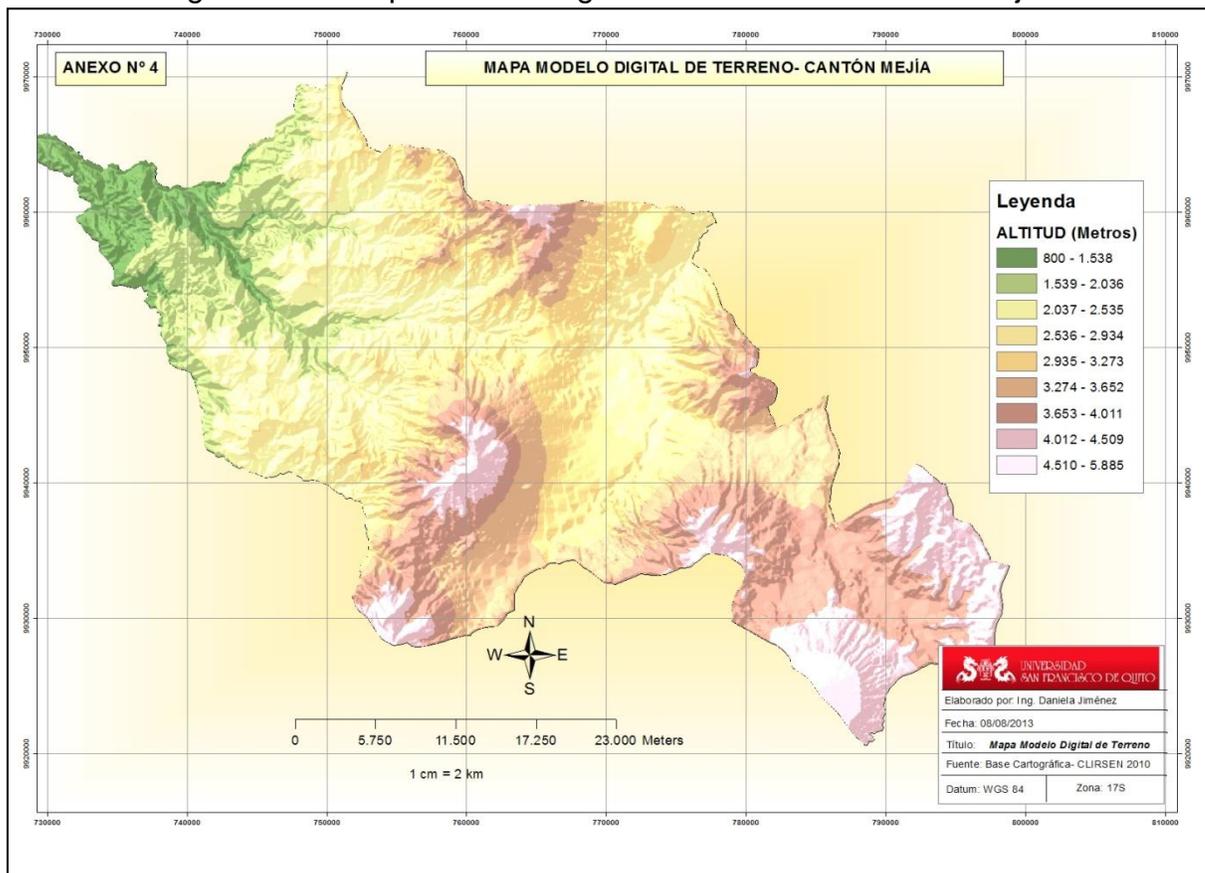
El resultado de este mapa, arrojó datos e indicadores que reflejaron la influencia alta y media a movimientos en masa que presenta el cantón Mejía, información que al ser complementada con otros datos sociales, presentará un alto riesgo en el cantón. Esto se lo comprobará más adelante en el desarrollo de este estudio.

Para una visualización a detalle del mapa generado, se puede asistir al Anexo N° 3 del presente documento.

### 3.9.4 Amenaza a Deslizamientos/ Análisis de Pendiente

Para la realización del Mapa de Amenazas por Deslizamientos se partió de la información de curvas de nivel generadas por el Instituto Geográfico Militar, información actualizada hasta diciembre del año 2011. Con la información de curvas de nivel se creó el Modelo Digital de Terreno (MDT), a fin de determinar los niveles altitudinales, con esta información se puede definir que a mayor altura, mayor es la pendiente y en este caso es mayor la influencia para que ocurra un deslizamiento. El MDT se lo elaboró a través de la herramienta de Arc Toolbox, 3D Analyst mediante la cual se incorporo la cobertura en formato shapefile de las curvas de nivel del cantón Mejía. El resultado fue el siguiente Mapa de Modelo Digital de Terreno se observa en la siguiente imagen N° 14.

Imagen N° 14: Mapa Modelo Digital de Terreno del Cantón Mejía.

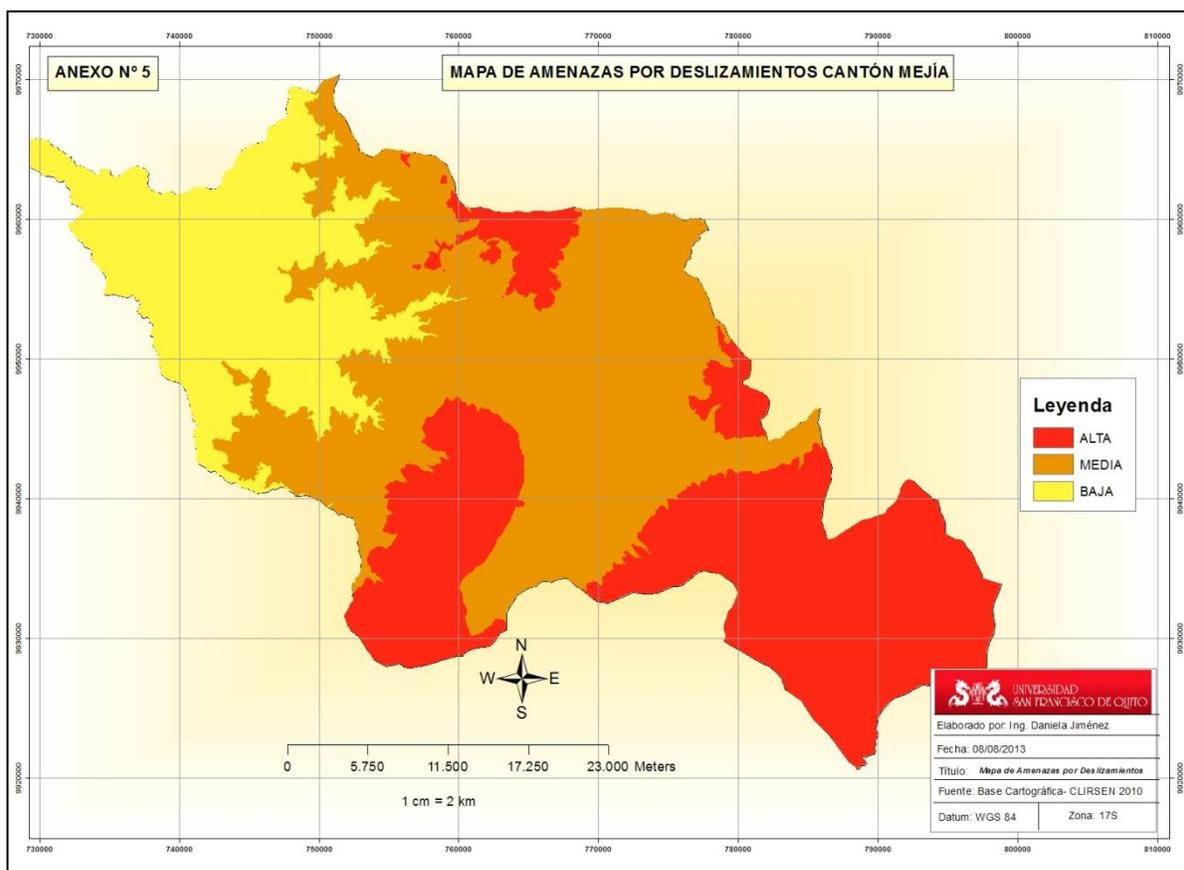


Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica IGM, 2011.

Para una visualización a detalle del mapa generado, se puede asistir al *Anexo N° 4* del presente documento.

Una vez obtenido el Modelo Digital de Terreno se procedió a realizar una reclasificación de la información altitudinal a través de la herramienta Spatial Analyst, de esta manera se clasificaron los datos de acuerdo a tres tipos de incidencia a deslizamientos Alta, Media y Baja. Se obtuvo el Mapa de Amenazas por Deslizamientos en el Cantón Mejía. (Ver Imagen N° 15: Mapa de Amenazas por Deslizamientos)

Imagen N° 15: Mapa de Amenazas por Deslizamientos



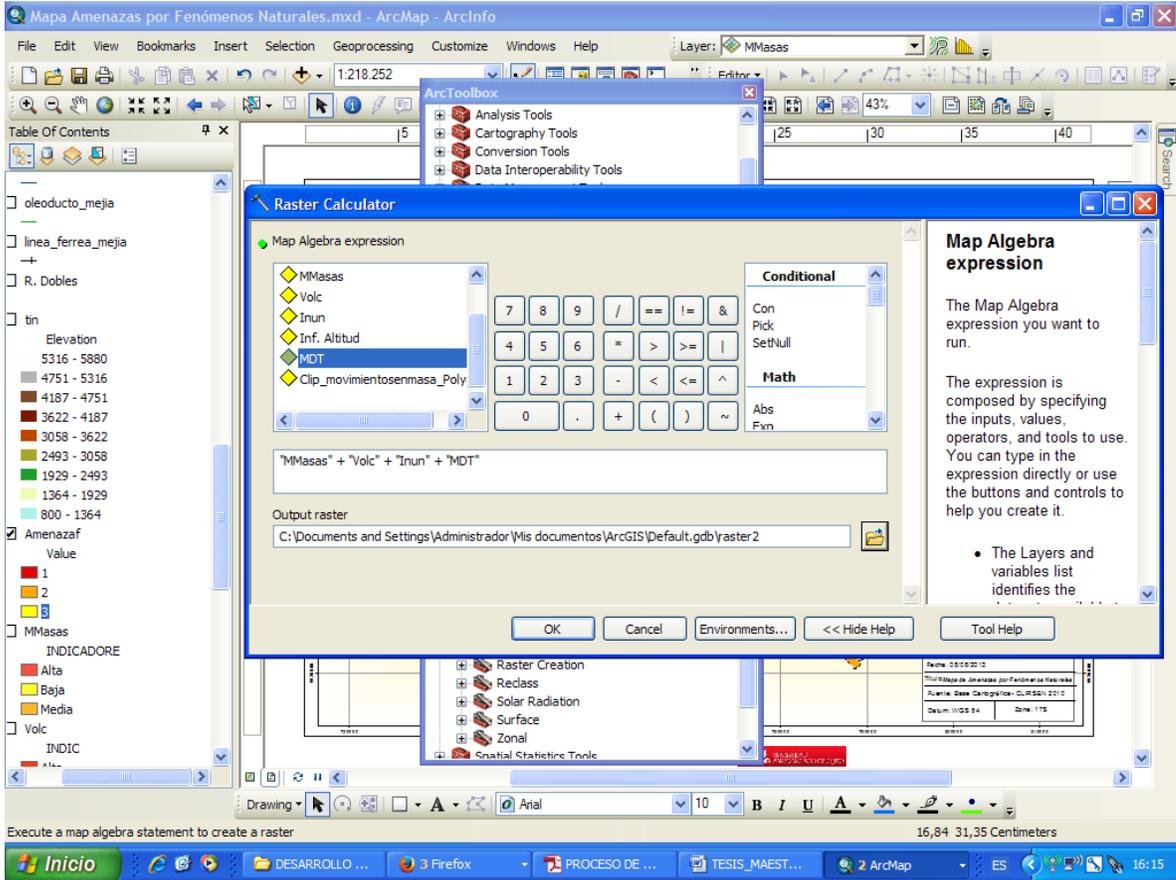
Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica IGM, 2011.

Para una visualización a detalle del mapa generado, se puede asistir al *Anexo N° 5* del presente documento.

### 3.9.5 Mapa de Amenazas por Fenómenos Naturales del Cantón Mejía

En esta instancia se logró cumplir con una parte del objetivo 3, correspondiente a este capítulo. Para la obtención del primer mapa resultante que reflejan todas las amenazas por fenómenos naturales dentro del cantón Mejía, se utilizó la herramienta Spatial Analyst Raster calculator, conocida como Algebra de Mapas donde se procedió a sumar todos los mapas generados correspondientes a las amenazas existentes dentro de Mejía. (Ver Imagen N° 16: Procedimiento de Map Algebra-Raster Calculator)

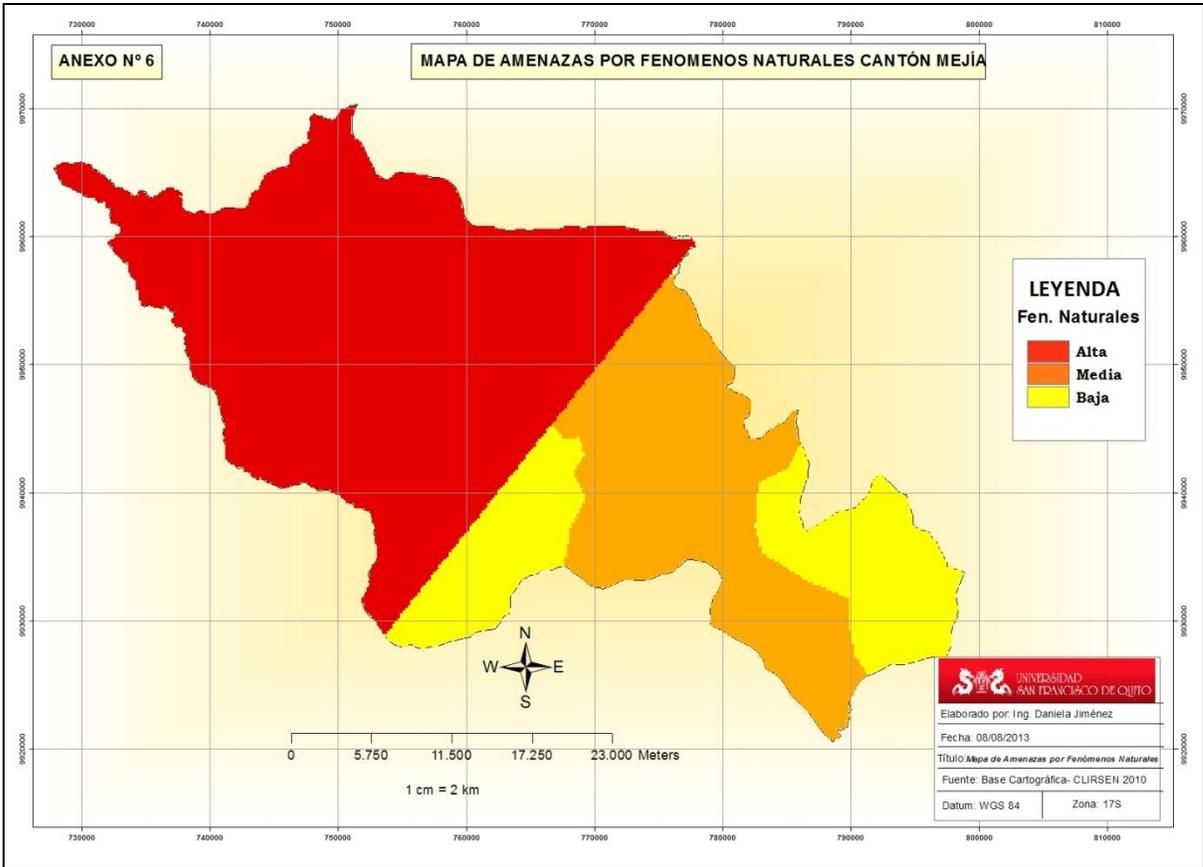
Imagen N° 16: Procedimiento de Map Algebra-Raster Calculator



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica IGM, 2011.

Finalmente se obtuvo el Mapa de Amenazas por Fenómenos Naturales del cantón Mejía, como se puede observar en la Imagen N° 17, el cantón tiene una influencia alta y media de amenazas por fenómenos naturales (volcánico, inundaciones, deslizamientos y movimientos en masa), toda la provincia tiene un impacto importante que se evidencia por la presencia zonas que están erosionadas o en proceso de erosión. Otro factor es la predominancia de suelos volcánicos con materiales piroclásticos, es una zona donde existe un alto peligro de actividad sísmica que eso puede favorecer a la desestabilización de las laderas. En cuanto a la incidencia de inundaciones o filtramiento de agua, existe una importante amenaza a la población e infraestructura del cantón.

Imagen N° 17: Mapa de Amenazas por Fenómenos Naturales del Cantón Mejía



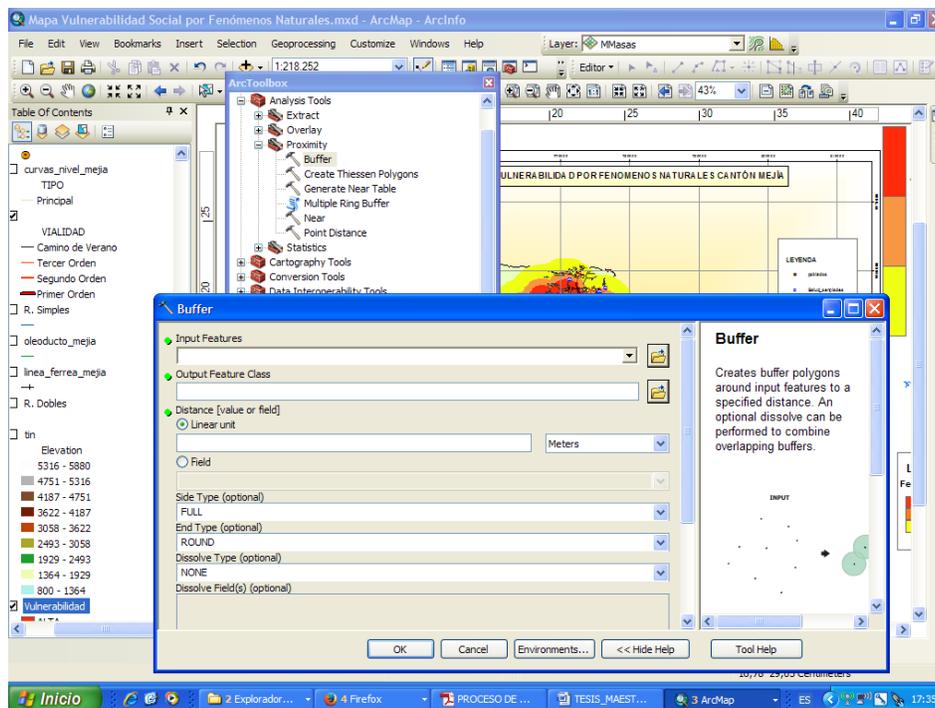
Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica IGM, 2011.

Para una visualización a detalle del mapa generado, se puede asistir al *Anexo N° 6* del presente documento.

### 3.10 ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE MAPA DE VULNERABILIDAD

Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad, se ha partido del mapa base del cantón Mejía tomando en cuenta la información de poblados, infraestructura vial e infraestructura de salud. A través de la herramienta múltiple buffer ring (*Ver Imagen N° 18: Aplicación de la herramienta Buffer*), se logro definir áreas vulnerables en función de la distancia es decir mientras más cercana a la zona urbana, poblados, e infraestructura de salud mayor es la vulnerabilidad social y mientras más alejado de estos objetos menor es la vulnerabilidad social.

Imagen N°18: Aplicación de Herramienta Buffer



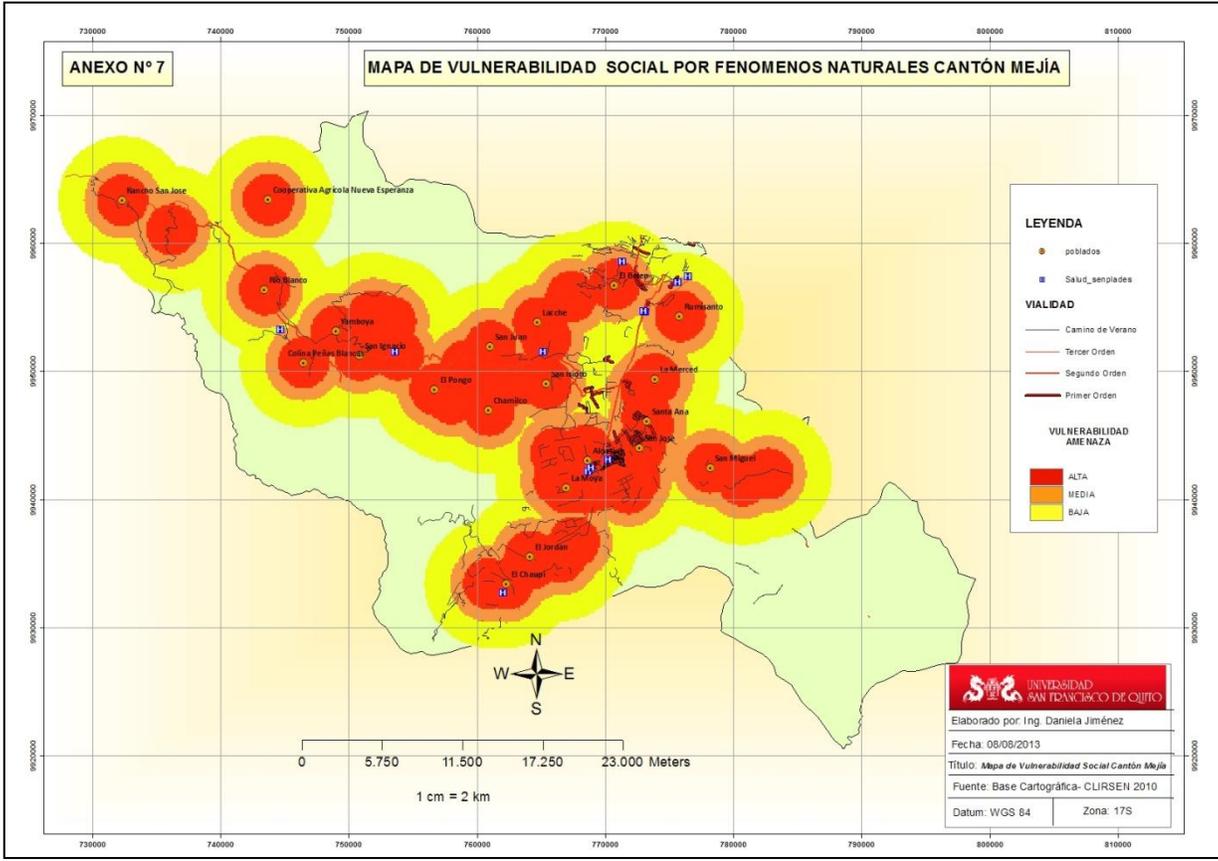
Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica IGM, 2011.

Para lograr este análisis de vulnerabilidad una vez que se aplicó el buffer a los poblados, que a su vez se encontraban dentro de la red vial y con cercanía los

establecimientos de salud se procedió a transformar esta información digital de Vector a Raster.

Posteriormente se realizó una clasificación de la información en función de 3 categorías de Vulnerabilidad; Vulnerabilidad Alta, Media y Baja, en este sentido se obtuvo el siguiente Mapa de Vulnerabilidad Social del Cantón Mejía. (Ver Imagen N° 19)

Imagen N° 19: Mapa de Vulnerabilidad Social Por Fenómenos Naturales del Cantón Mejía



Elaborado por: Daniela Jiménez Fuente: Base Cartográfica IGM, 2011.

Se puede determinar bajo este segundo mapa resultante que las zonas donde existe mayor vulnerabilidad se encuentran ubicadas en la parte central del cantón, donde además se encuentran las vías principales de primer orden, así como también la infraestructura de salud. Sin embargo también se pueden observar que al noroeste

del cantón existen 3 zonas de vulnerabilidad importante, las cuales se encuentran cerca de la cabecera Manuel Cornejo.

### **3.10.1 Análisis de Vulnerabilidad por Fenómenos Naturales**

El mapa de vulnerabilidad social frente a amenazas por deslizamientos, muestra específicamente cuales son las zonas a las cuales debemos prestar atención, especialmente aquellas donde existe presencia de poblados importantes o infraestructura de salud, como es el caso de la cabecera Manuel Cornejo, o el poblado Río Blanco. A pesar de que el relieve no es tan pronunciado ni se tienen pendientes fuertes de igual manera se puede considerar zonas que de cierto modo son vulnerables. Además son zonas donde actúan una serie de factores, el uso del suelo se ha visto afectado con procesos erosivos e intervención de bosque por lo que hay que tomar en cuenta la estabilidad de las laderas. La zona de mayor importancia tanto para identificar amenazas como aspectos de vulnerabilidad social se ha localizado al noroeste del cantón es lo que se ha podido concluir a través del uso de esta metodología.

## CAPÍTULO IV

### **4.1 CONCLUSIONES**

- La metodología aplicada sin lugar a duda es muy útil para determinar y mapear zonas de amenazas, vulnerabilidad y a futuro si se desea llegar a determinar zonas de riesgo.
- La información generada por las instituciones todavía no se encuentra en óptimas condiciones, en este sentido todavía falta mejorar la información temática y cartográfica existente para que de igual manera los análisis sean más precisos con información actualizada, estandarizada y de calidad.
- Luego de realizar este análisis se puede concluir que el Cantón Mejía presenta un nivel de amenaza y vulnerabilidad a fenómenos naturales alto debido a que la gran mayoría de los poblados, e infraestructura de salud y vialidad importante se encuentran ubicados en una zona de peligro volcánico, movimientos en masa y deslizamientos por lo que la afectación se considera de carácter moderado.
- El software Arcgis para sistemas de información geográfica presenta varias herramientas útiles de análisis espacial, que permiten llegar a resultados concretos y objetivos para la toma de decisiones en cualquier ámbito dentro de la planificación y ordenamiento del territorio.
- En la zona noroeste del Cantón Mejía, es donde existe un nivel alto de amenazas por deslizamientos y vulnerabilidad social. Es necesario que se tomen acciones prioritarias para la estabilización de las laderas, en las zonas desprotegidas se deben tomar decisiones para la reforestación o cambiar el uso del suelo a fin de evitar deslizamientos y la ocurrencia de desastres.

- Con respecto a los peligros volcánicos, estos son los que mayor afectan a la población, para lo cual es imprescindible la planificación y la toma de medidas cautelares ante cualquier posible evento de erupción volcánica.
- Con este estudio se pudo determinar que las metodologías empleadas fueron muy provechosas y permitieron desarrollar nuevos mecanismos y aplicación de herramientas para identificar adecuadamente las variables e indicadores de amenazas y vulnerabilidad.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

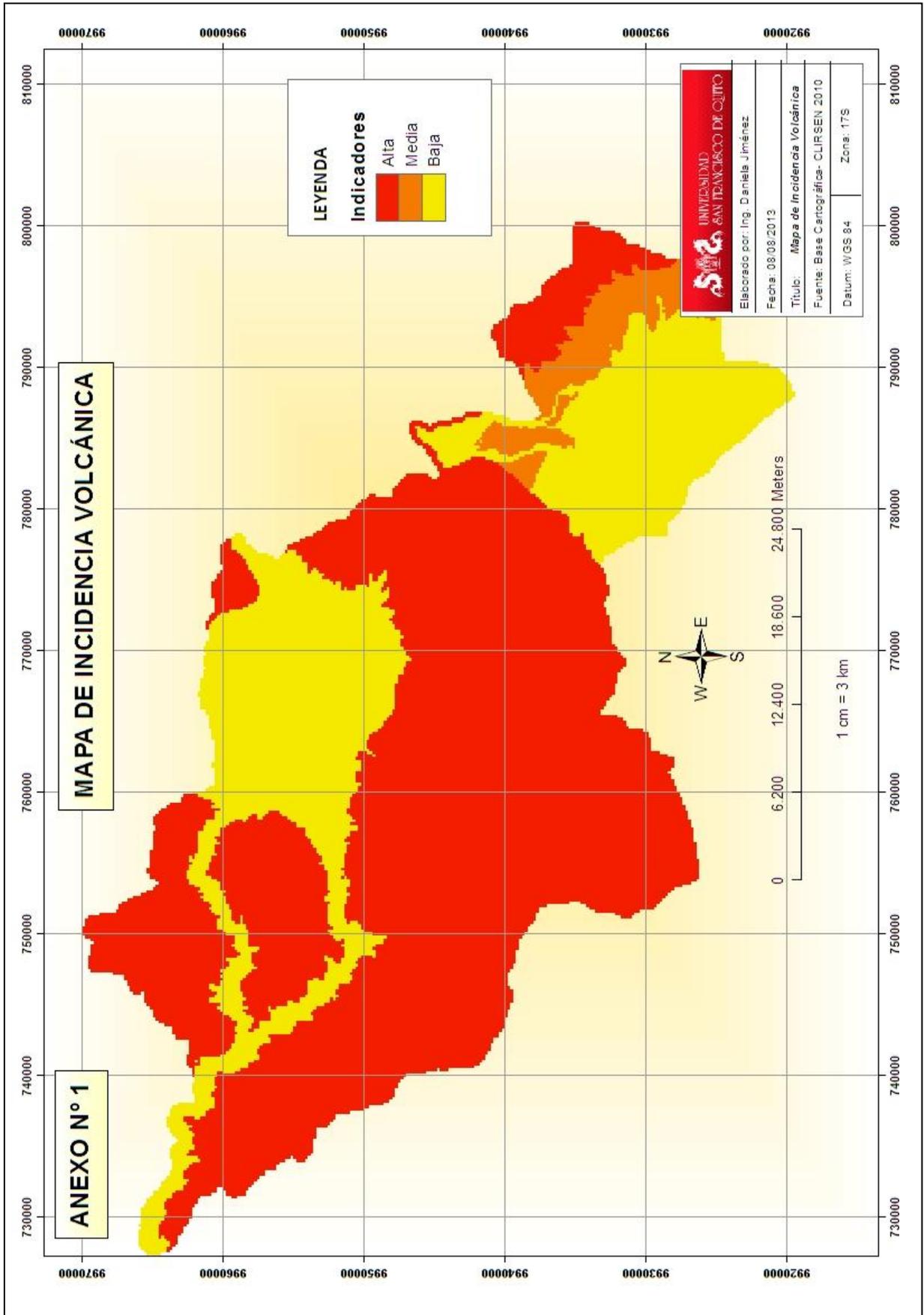
- Se recomienda utilizar esta metodología para deslizamientos en zonas con mayor grado de pendientes ya que en el caso de Mejía las pendientes no sobrepasaban los 40 grados, sería provechoso experimentar en zonas donde las pendientes sobrepasen los 70 grados.
- Se recomienda utilizar esta información para realizar un estudio a profundidad de análisis de riesgos, sería interesante a futuro hacer uso de este estudio en el cantón Mejía, proveyendo de un enfoque de prevención y mitigación de riesgos ocasionados por fenómenos naturales.
- El manejo de información actualizada es una de las mejores herramientas para la toma de decisiones con que cuentan los gobiernos autónomos descentralizados, puesto que les permite de primera mano y de forma ordenada la realidad del territorio y de esta manera realizar planificaciones a corto, mediano y largo plazo.
- La planificación y prevención anticipada de la ocurrencia de un fenómeno natural, permite actuar de manera pronta y efectiva en el momento indicado y optimizar de mejor manera los recursos disponibles, es por esto que este estudio hace énfasis en la aplicación de metodologías de análisis de riesgos para mejorar las estrategias de planificación.

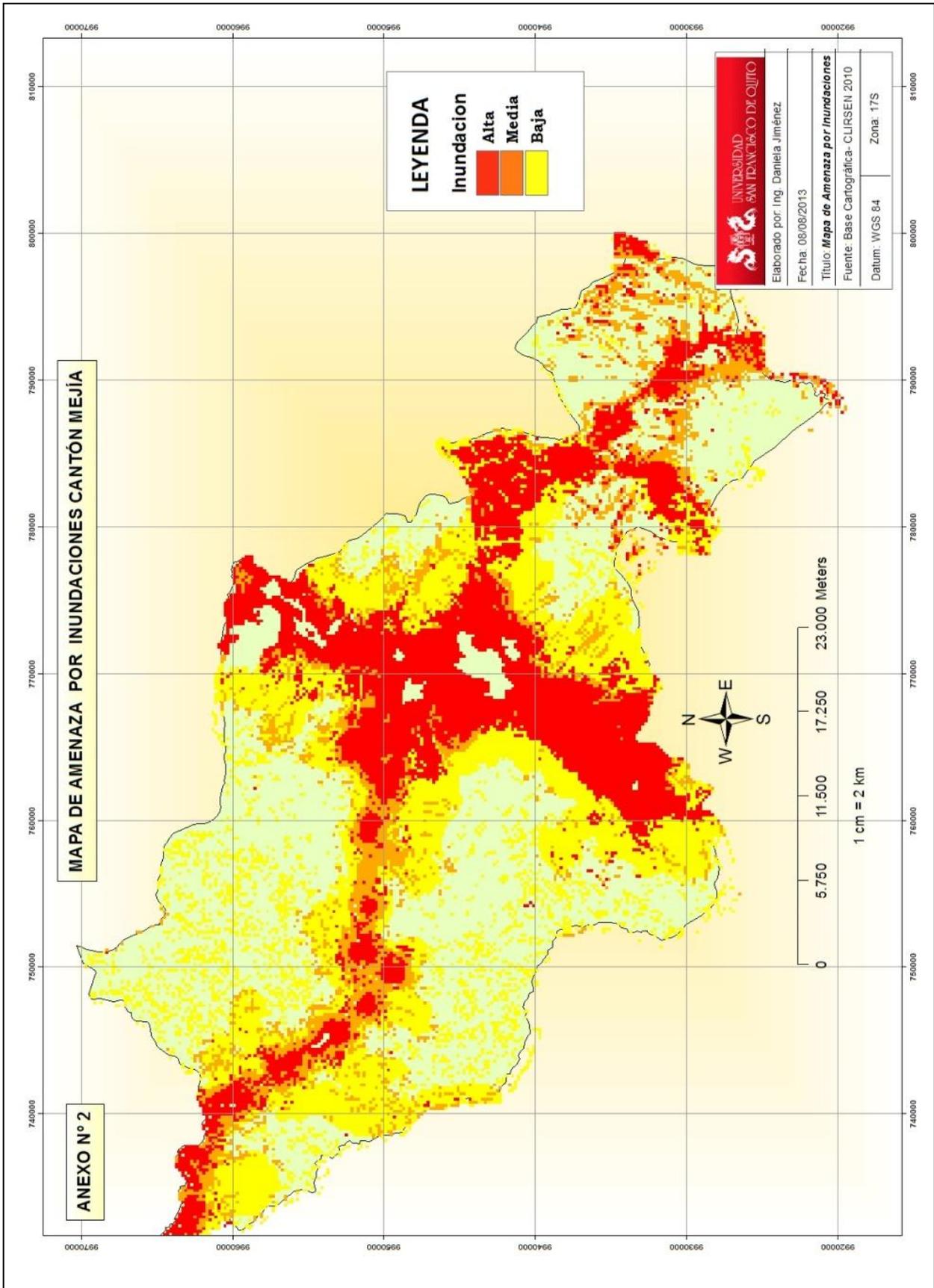
## 5. REFERENCIAS

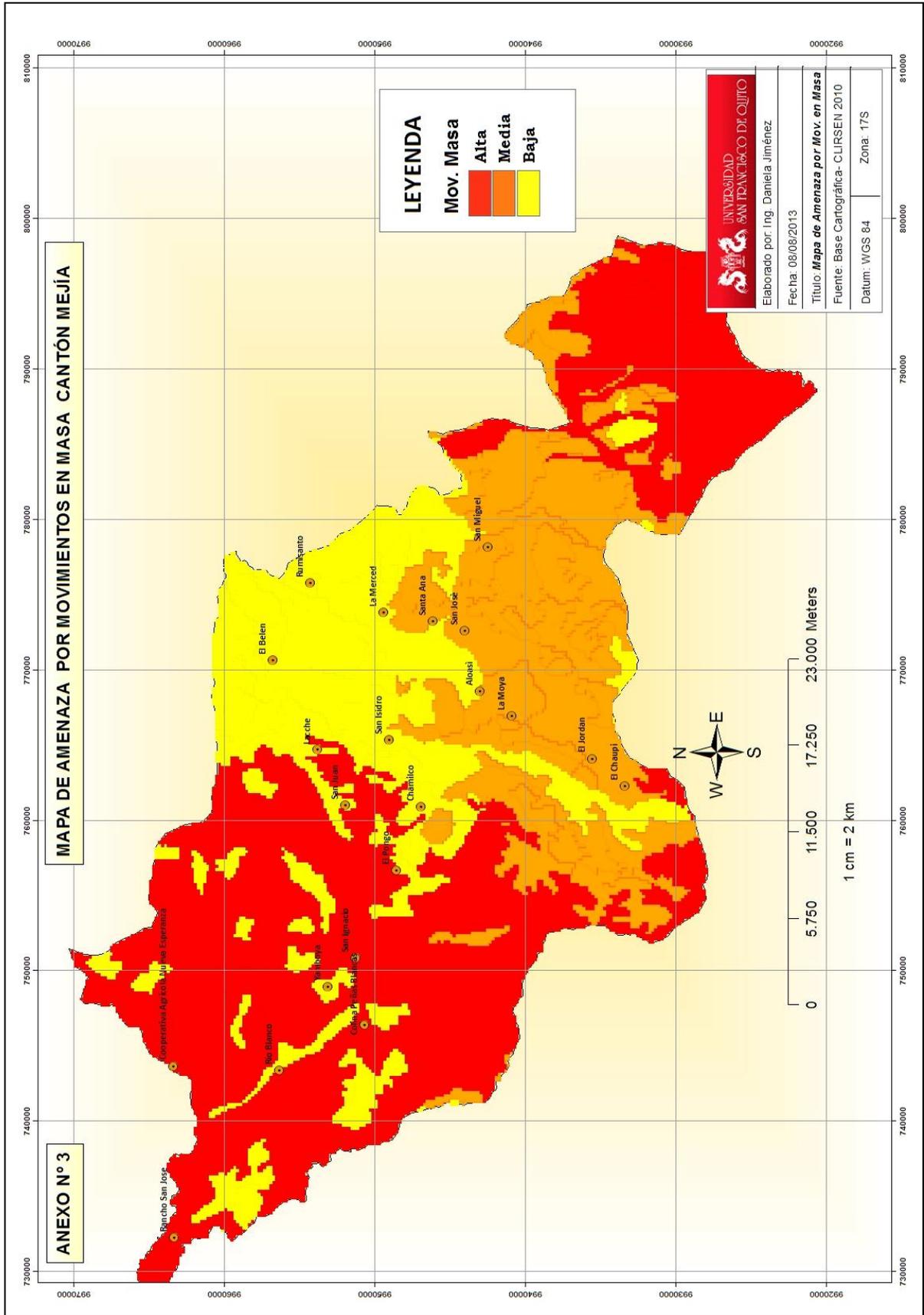
- Anónimo (2009). Peores Terremotos de la Historia. Rankeen. Recuperado de: [http://www.rankeen.com/Rankings/rank\\_terremotos.php](http://www.rankeen.com/Rankings/rank_terremotos.php)
- Anónimo (2013). Paisajes de la Tierra. Recuperado de: [http://paisajesdltierra.blogspot.com/2012\\_05\\_01\\_archive.html](http://paisajesdltierra.blogspot.com/2012_05_01_archive.html)
- ARÍZAGA A. (2010). Volcán Tungurahua, Recuperado de: <http://volcantungurahya.blogspot.com/>
- CAPEL, H.; URTEAGA, (1982) *“Las Nuevas Geografías”*. Aula abierta Salvat. Temas Clave No 70. Sabat Editores, S. A. Barcelona, España 509 p.
- CLIRSEN-Centro de levantamientos integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, *glosario, 2007. “Diccionario de Datos de Sensores Remotos”, Versión: 2.*
- Demoraes, F., D’ercole R. (2001). *“Cartografía de Riesgos y Capacidades en el Ecuador, Diagnóstico previo a planes de intervención de las ONG. Primera Parte: Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador”,* Quito-Ecuador, 65p.
- ESRI (2012), Recuperado de: <http://www.arcgis.com/home/gallery>.
- Fiorito, F. (2006), *“La Simulación como una herramienta para el manejo de la incertidumbre”*, Universidad de CEMA de Argentina, Buenos Aires.
- García, J., Monnar, O., Zapata, J., Arango, E., y López, P. (2006). *Sistema de Información Geográfica para el manejo y evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Santiago de Cuba.* [Artículo en línea]. Disponible: <http://www.espejos.unesco.org.uy/simplac2002/ponencias/geom%E1tica%202002/GEO50.doc>. [Consulta: 2006, diciembre 17]. 21 pag
- Harshbarger, Dwigth. *“Picking up the Pieces: Disaster Intervention and Human Ecology”*. *Omega 5* (1974):55 59
- JARAMILLO, J. (2013). Andes. Recuperado de: <http://www.andes.info.ec/regionales/babahoyo-cuenta-cinco-dragas-controlar-inundaciones.html>

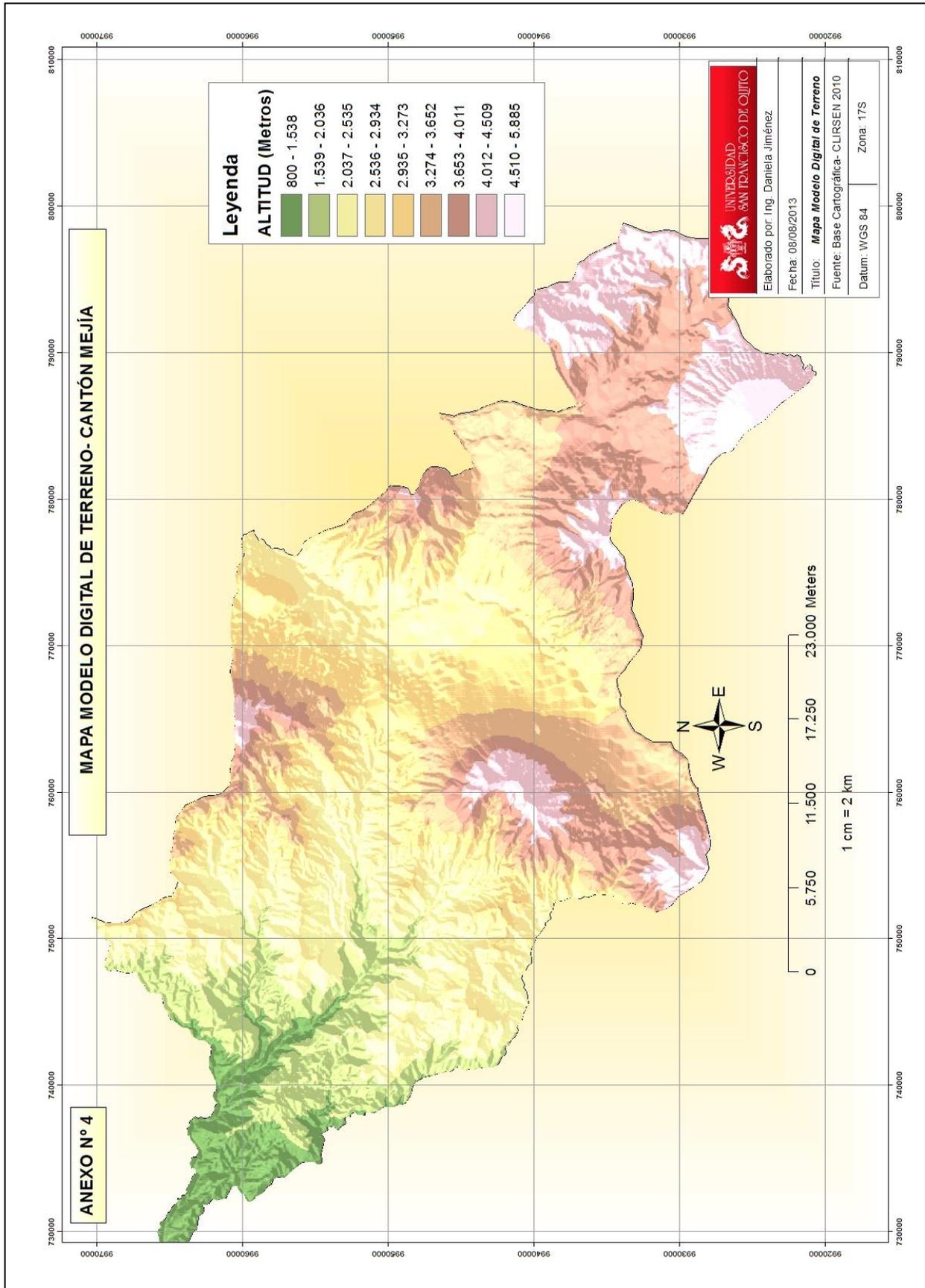
- MENA, P. (2009). Noticias Mundo. Recuperado de:  
[http://www.bbc.co.uk/mundo/america\\_latina/2009/12/091204\\_0233\\_sequiaandes\\_irm.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/america_latina/2009/12/091204_0233_sequiaandes_irm.shtml)
- Ortega, J., Romero, J., Arango, J., Nogué, J., Albet, A., Mendez, R., Nel-lo, O., Muñoz, F., Frinós, J., Naredo, J.M., (2007); Geografía Humana “Procesos, riesgos e incertidumbres en un mundo globalizado”, 2da Edición 2007, pág 457, pag 28. Barcelona – España.
- Ratick, S. (1994). “*Coping with Climate Change: Vulnerability and Response to Sea Level Rise and Severe Storms*”, Center for Technology, Environment and Development, Clark University.
- Sabino, C. (1996), “*El proceso de investigación, Lumen-Humanitas*”, Bs.As., Ed. Panapo, Caracas, 1992, 216 págs. Publicado también por Ed. Panamericana, Bogotá, y Ed. Lumen, Buenos Aires
- Soldano, A (2009). “*Conceptos Sobre Riesgos; Síntesis temática realizada para el Foro Virtual de la RIMD creado para la Capacitación en Teledetección Aplicada a la Reducción del Riesgo por Inundaciones*”. Recuperado el 27 de noviembre del 2012, del sitio web de la Red Interamericana de Mitigación de Desastres: <http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a2bfbe57f2.37678682.pdf>

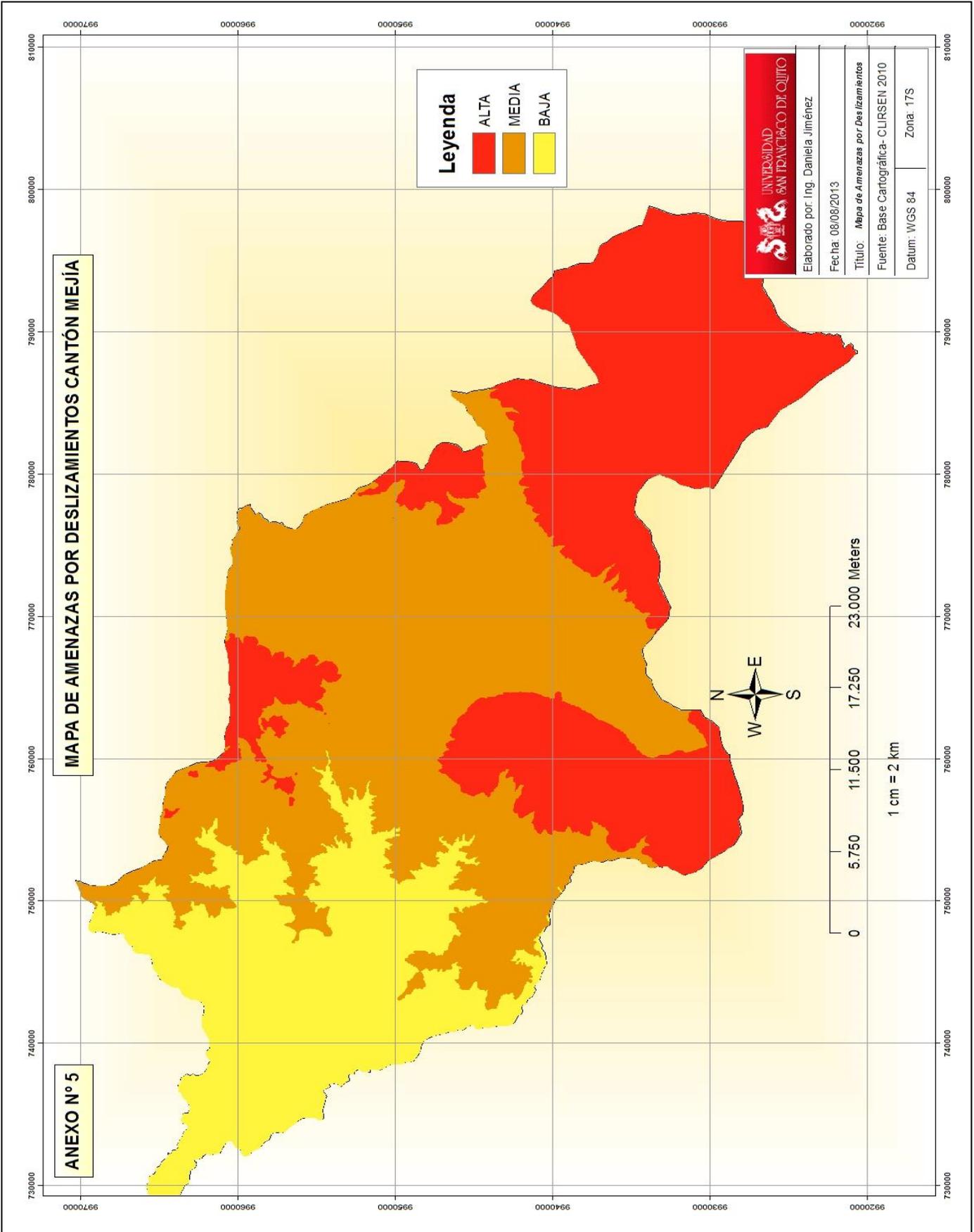
## 6. ANEXOS

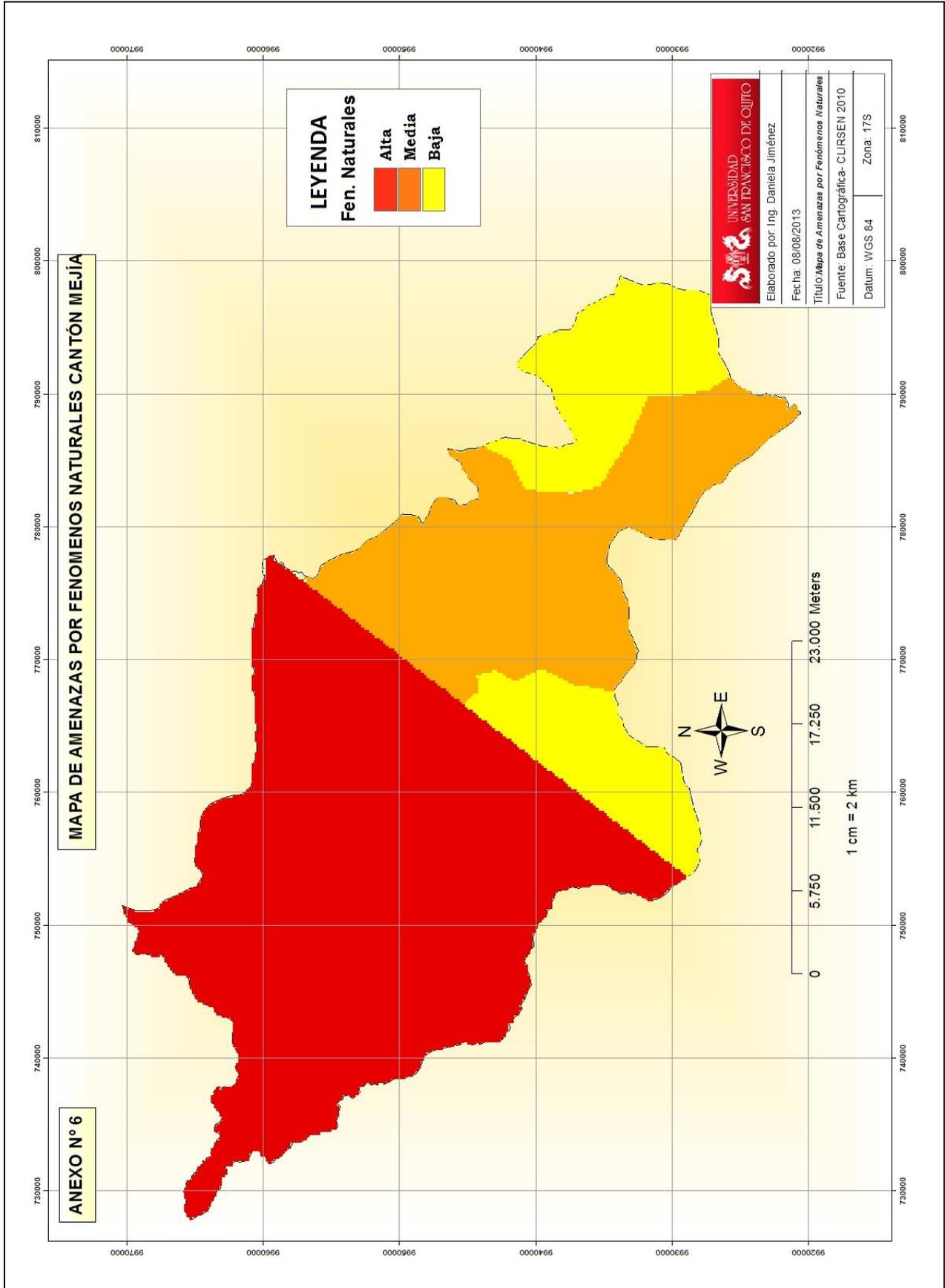


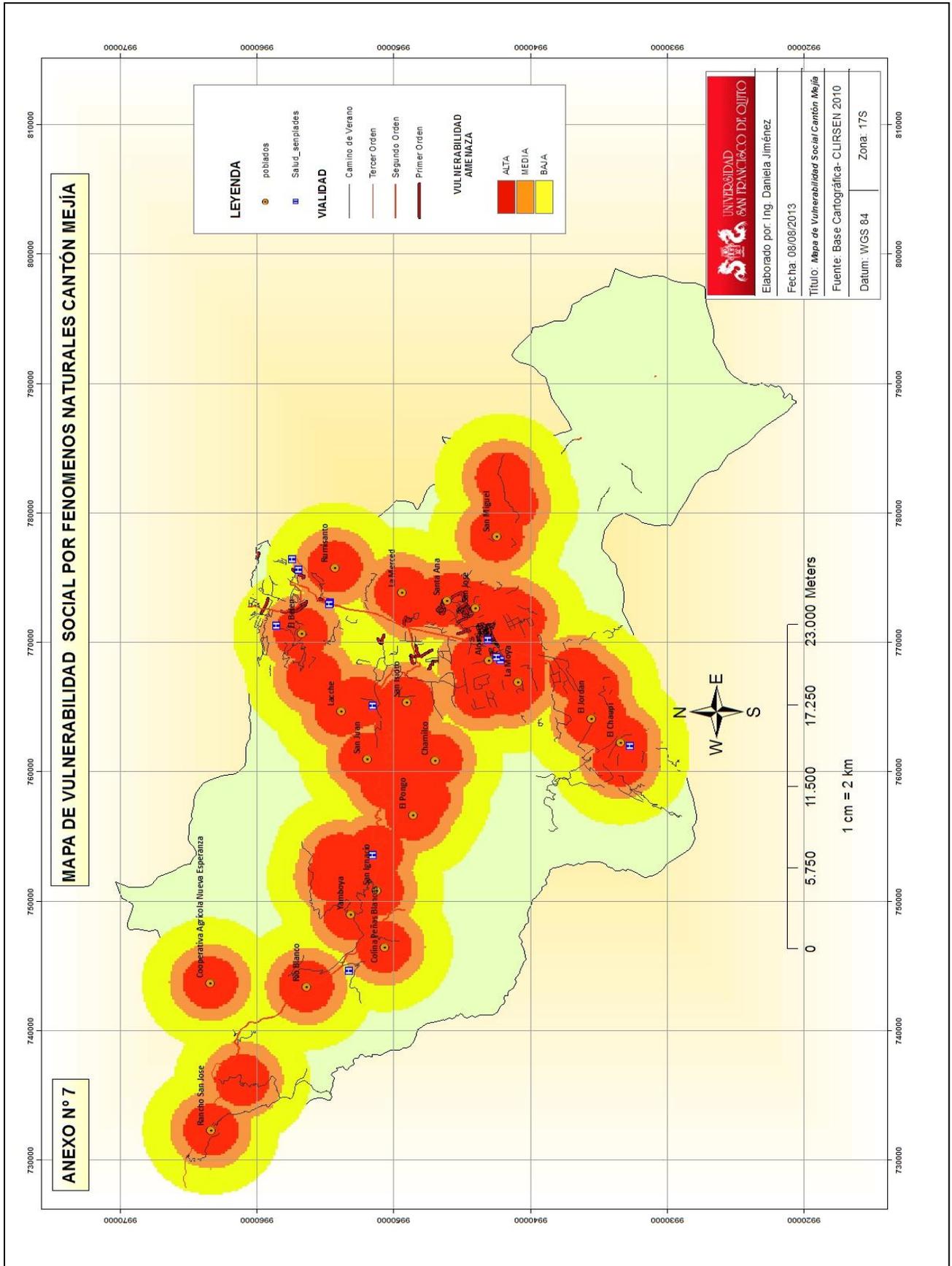




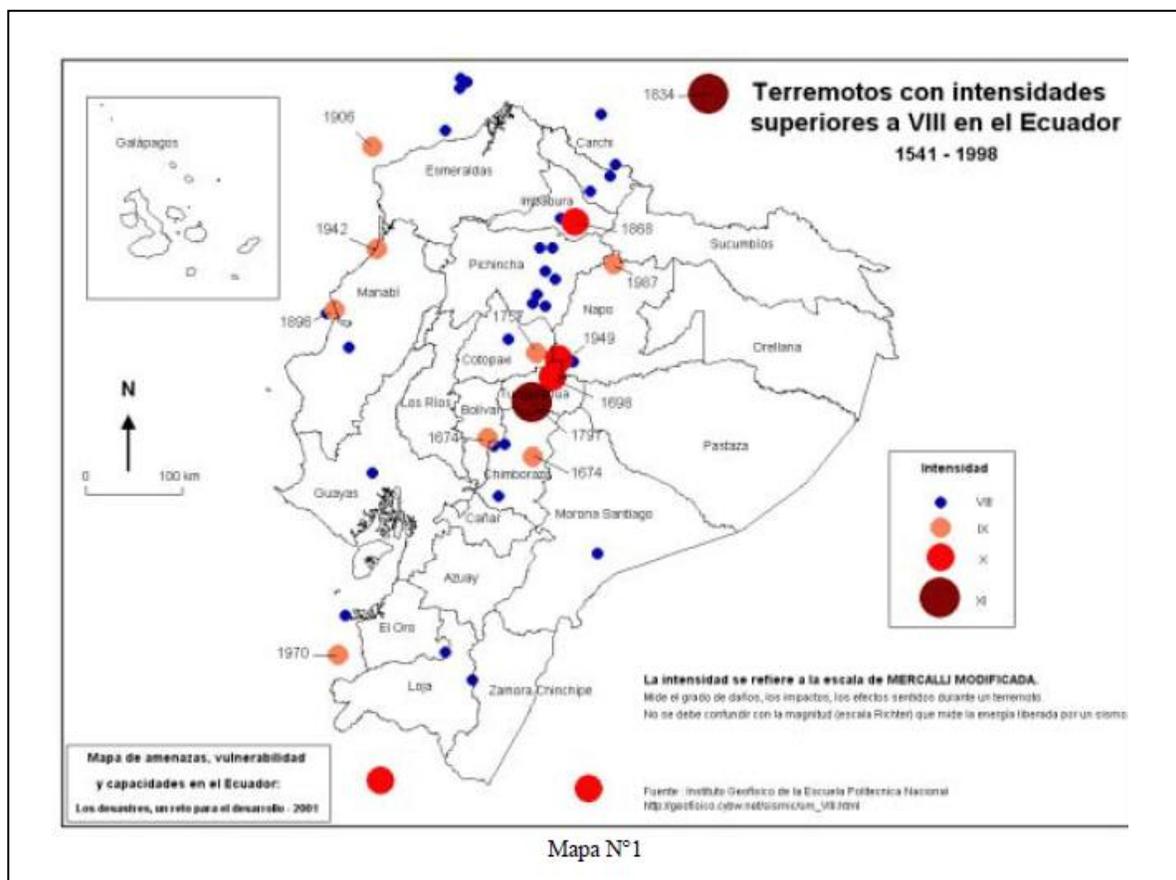




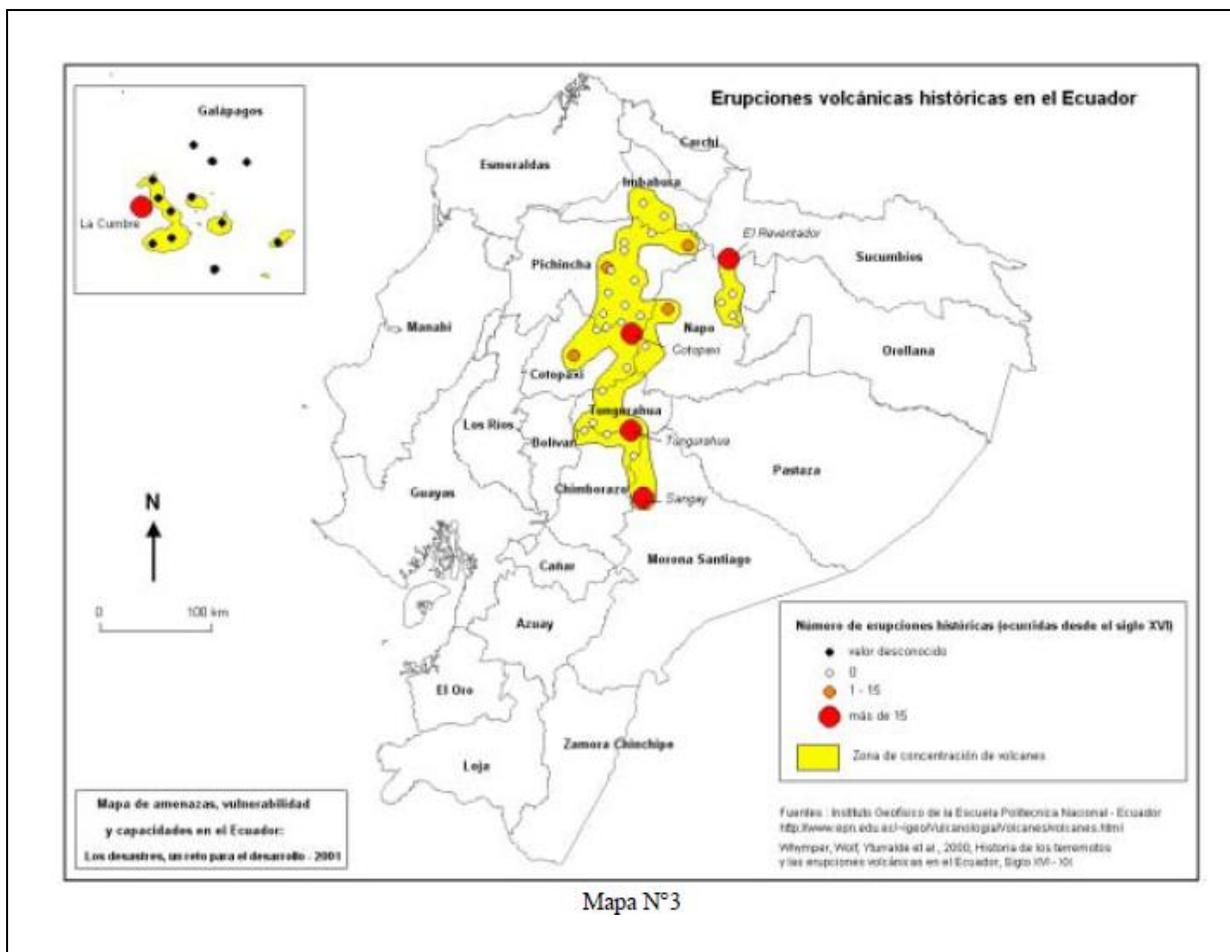




ANEXO N° 8

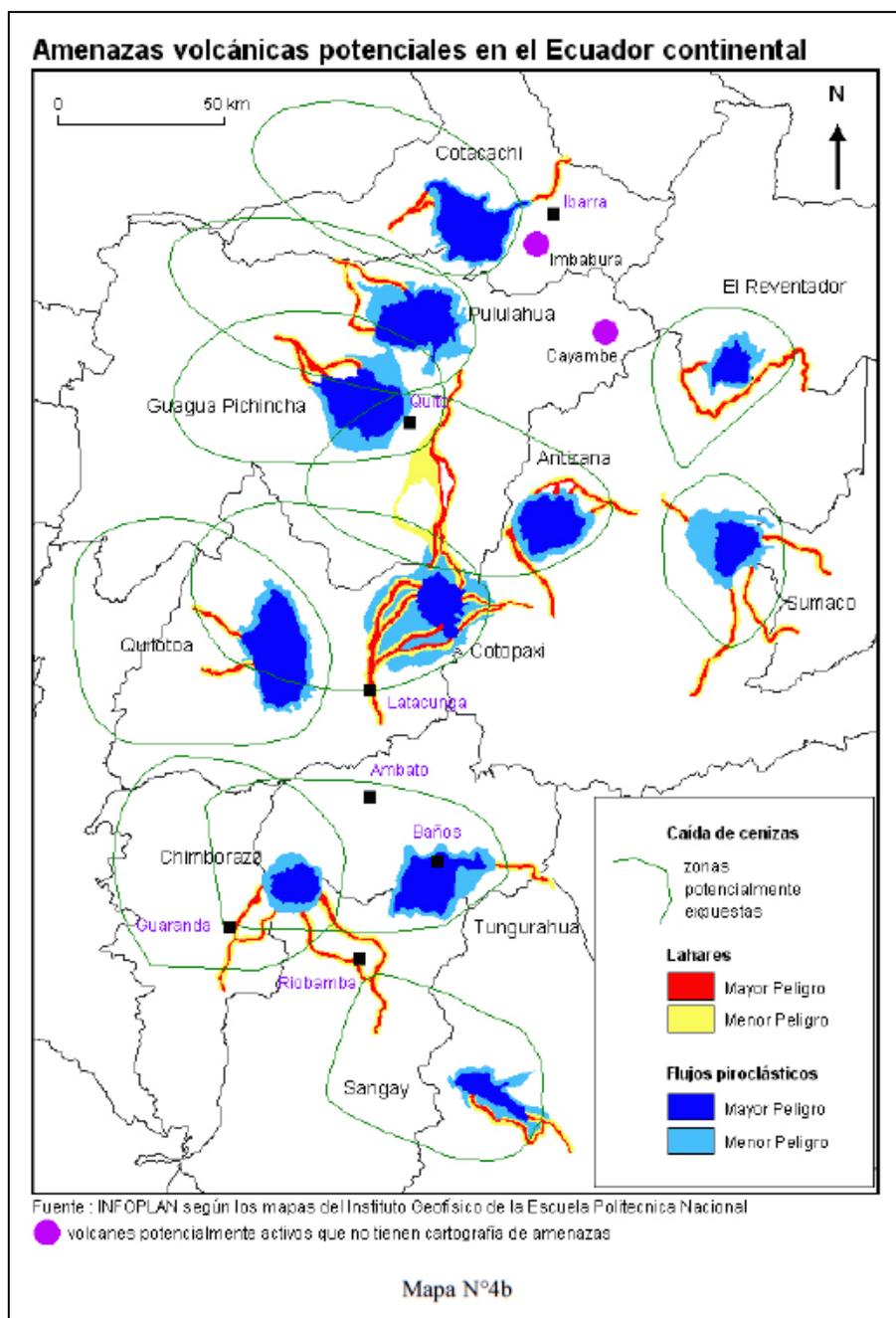


ANEXO N° 9

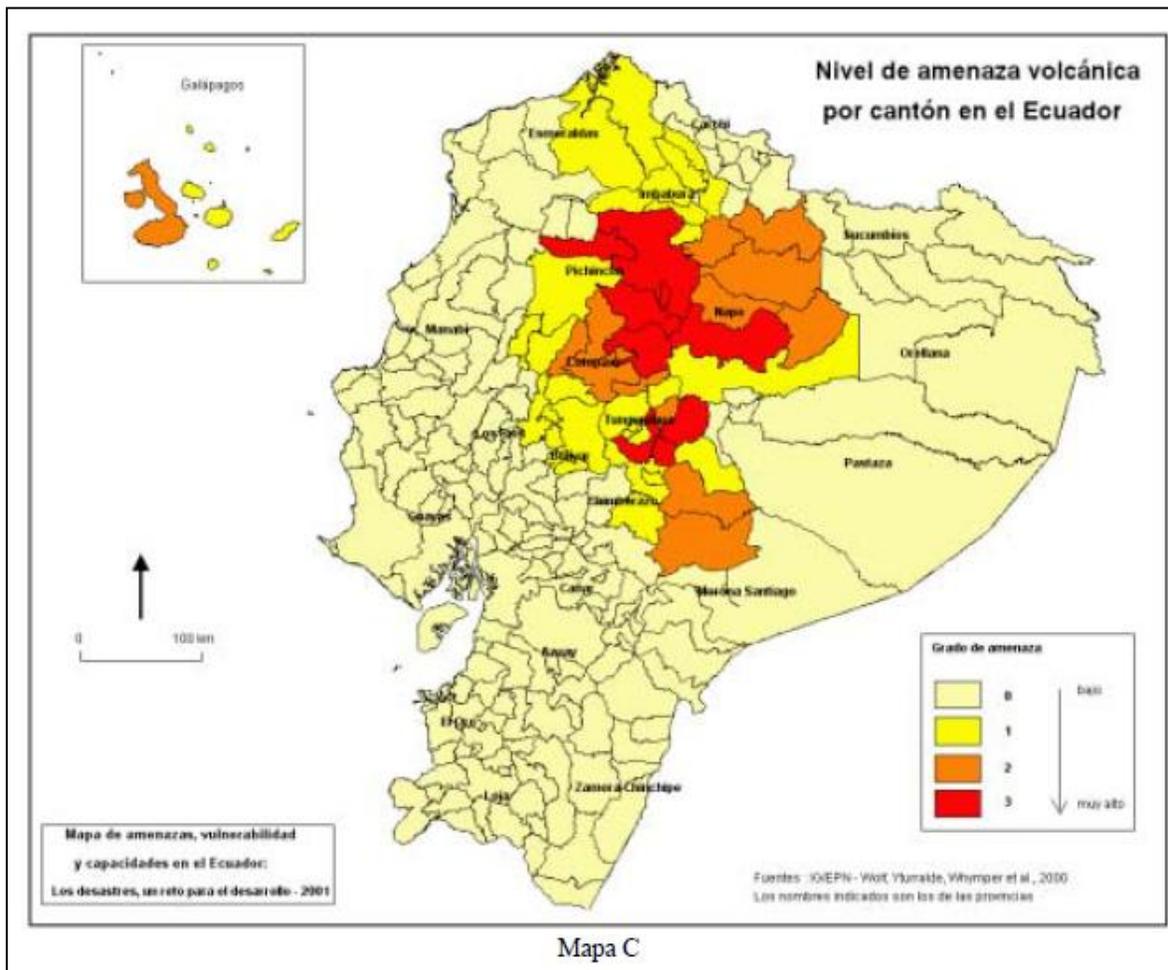


Mapa N°3

## ANEXO N° 10



ANEXO Nº 11



## ANEXO N° 12

