

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“ESTUDIO DE AMENAZA, RIESGO Y VULNERABILIDAD DE LA
PARROQUIA HUAMBALÓ, CANTÓN PELILEO, FRENTE AL
PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCÁN TUNGURAHUA”**

Realizado por:

FABRIZIO MICHAEL COLLANTES VALAREZO

Director del proyecto:

ING. FABIO VILLALBA

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA

Quito, 12 de Septiembre de 2013

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, FABRIZIO MICHAEL COLLANTES VALAREZO, con cédula de identidad # 171656971-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Fabrizio Michael Collantes Valarezo

C.C.: 171656971-8

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“ESTUDIO DE AMENAZA, RIESGO Y VULNERABILIDAD DE LA PARROQUIA
HUAMBALÓ, CANTÓN PELILEO, FRENTE AL PROCESO ERUPTIVO DEL
VOLCÁN TUNGURAHUA”**

Realizado por:

FABRIZIO MICHAEL COLLANTES VALAREZO

como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA

ha sido dirigido por el profesor

FABIO VILLALBA VACA

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Fabio Villalba

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

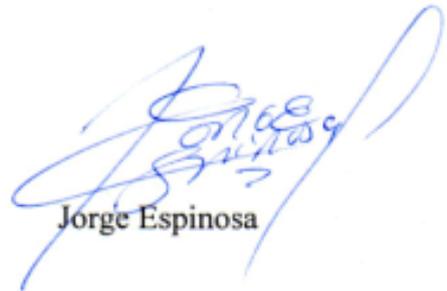
KATTY CORAL

JORGE ESPINOSA

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador



Katty Coral



Jorge Espinosa

Quito, 06 de septiembre de 2013

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres, Marcia (+) y Fernando, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta esta etapa tan importante de mi formación profesional. A mis hermanos Christian y Paúl, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento. A mi esposa Edith, por todo su amor y palabras de aliento. A mi hija Micaela, por ser la mayor bendición que Dios me ha dado en la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Al Ing. Fabio Villalba, Director de Tesis, por la revisión y supervisión de este documento. A la Ing. Katty Coral e Ing. Jorge Espinosa, por sus observaciones y comentarios como profesores miembros del tribunal.

A mis padres, hermanos, esposa, amigos y demás familiares, que siempre me han apoyado y brindado palabras de aliento y motivación.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.2 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	5
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ORIGEN DE LOS VOLCANES.....	6
2.2 PROCESOS VOLCÁNICOS.....	7
2.3 LA ACTIVIDAD ERUPTIVA.....	8
2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS VOLCÁNICOS.....	9
2.4.1 Gases Volcánicos.....	9
2.4.2 Flujos Piroclásticos.....	9
2.4.3 Flujos de Lodo y Escombros (Lahares).....	11
2.4.4 Flujos y Domos de Lava.....	11
2.4.5 Avalanchas de Escombros.....	12
2.4.6 Sismos Volcánicos.....	13
2.5 IMPACTOS EN EL AMBIENTE ASOCIADOS CON LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS.....	13
2.5.1 Calidad del Aire.....	14
2.5.2 Calidad del Agua.....	15
2.5.3 Calidad del suelo.....	15
2.5.4 Salud.....	16
2.5.5 Servicios Públicos e Infraestructura.....	17
2.5.6 Agricultura y Ganadería.....	18
2.6 PELIGRO VOLCÁNICO EN ECUADOR.....	19
2.7 EVALUACIÓN DE RIESGO.....	20
2.7.1 Los Actores Sociales en el Riesgo.....	21
2.7.2 Riesgo de desastre.....	22
2.7.3 Factores de Riesgo.....	23
2.8 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA.....	24
2.9 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	26
2.10 LA GESTIÓN DE RIESGOS.....	29
2.11 LA GESTIÓN DEL RIESGO EN ECUADOR.....	33
2.12 MARCO LEGAL.....	35
2.12.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).....	35
2.13 MARCO INSTITUCIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EL ECUADOR.....	37
2.13.1 Estado y Organismos Públicos.....	37
2.13.2 Dirección Nacional de Defensa Civil.....	38
2.13.3 Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.....	38
2.13.4 Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).....	39
2.13.5 Gobiernos Provinciales.....	39
2.13.7 Los Gobiernos Municipales.....	41
2.13.8 Comité de Operaciones de Emergencia (COE).....	41
2.13.9 Instituciones No Gubernamentales.....	42

2.13.10 Organismos Internacionales	43
2.14 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	44
CAPÍTULO III	45
GENERALIDADES DEL VOLCÁN TUNGURAHUA	45
3.1 CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS VOLCÁNICOS EN EL VOLCÁN TUNGURAHUA	46
3.2 DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DEL PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCÁN TUNGURAHUA	50
CAPÍTULO IV	52
METODOLOGÍA	52
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	52
CAPÍTULO V	54
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	54
5.1 DATOS GENERALES DE LA PARROQUIA HUAMBALÓ	54
5.1.1 Ubicación	55
5.1.2 Límites y División Política	55
5.1.3 Temperatura	56
5.1.4 Precipitación	57
5.1.5 Zonas de Vida	58
5.1.6 Cobertura vegetal y Uso del suelo	60
5.1.7 Susceptibilidad de Erosión	60
5.1.8 Sistema Económico Productivo	61
5.1.8.1 Producción Agrícola	63
5.1.8.2 Producción Pecuaria	64
5.1.8.3 Producción Artesanal y Microempresas	64
5.1.9 Sistema Social	65
5.1.9.1 Demografía	65
5.1.9.2 Vivienda	67
5.1.9.3 Actores Sociales	68
5.1.9.4 Educación	69
5.1.9.5 Salud y Nutrición	70
5.1.10 Sistema de energía, movilidad y conectividad	70
5.1.10.1 Vialidad y transporte	70
5.1.10.2 Energía y Comunicación	72
5.1.10.3 Agroecología y Riego	72
CAPÍTULO VI	73
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
6.1 DIAGNÓSTICO DE LA PARROQUIA HUAMBALÓ	73
6.1.1 El Escenario de Riesgo en la Parroquia Huambaló	73
6.1.2 Evaluación de las Vulnerabilidades y Capacidades de la Parroquia Huambaló	76
6.1.2.1 Vulnerabilidades	76
6.1.2.2 Capacidades	78
6.1.3 Análisis de Riesgo, Amenaza y Vulnerabilidades de Huambaló frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua	79
6.1.4 Mapa de Riesgo Volcánico de la Parroquia Huambaló	80
6.1.5 Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de la Parroquia Huambaló	82
6.2 PROPUESTA DE PLAN DE CONTINGENCIA	85
6.3 ACTIVACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA (PROTOCOLO DE ACTIVACIÓN)	86
6.3.1 Activación del COE	86
6.3.2 Declaración de los estados de Alerta	87

6.3.3 Tipos de Alerta	87
6.4 PLAN DE EVACUACIÓN.....	88
6.4.1 Operatividad del Plan de Evacuación.....	89
6.5 MODELO DE SIMULACRO	90
CAPÍTULO VII.....	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
7.1 CONCLUSIONES	93
7.2 RECOMENDACIONES	94
ANEXOS.....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Estructura interna de la tierra.....	7
Figura 2.2 Principales componentes químicos de las rocas volcánicas.....	7
Figura 2.3 Ceniza del volcán Tungurahua.....	10
Figura 2.4 Análisis de Riesgos.....	21
Figura 4.1 Mapa de ubicación del volcán Tungurahua y su área de influencia.....	45
Figura 4.2 Flujos de lodo y escombros en la quebrada La Pampa.....	48
Figura 4.3 Flujo de lava solidificado de la erupción de 1773 en el sector de Juive Chico-La Pampa.....	49
Figura 5.1 Parque central de la parroquia Huambaló.....	54
Figura 5.2 Mapa de ubicación de la parroquia Huambaló.....	55
Figura 5.3 Mapa base de Huambaló: División política y límites.....	56
Figura 5.4 Mapa de temperatura de la parroquia Huambaló.....	57
Figura 5.5 Precipitación de la parroquia Huambaló.....	58
Figura 5.6 Zonas de vida de la parroquia Huambaló.....	59
Figura 5.7 Cobertura vegetal y uso de suelo de la parroquia Huambaló.....	60
Figura 5.8 Susceptibilidad de erosión de la parroquia Huambaló.....	61
Figura 5.9 Cultivo de cebolla blanca y de maíz.....	63
Figura 5.10 Estimación de la producción agrícola.....	63
Figura 5.11 Ruta del mueble de Huambaló.....	64
Figura 5.12 Población de Huambaló por grupo de edades.....	66
Figura 5.13 Vía de acceso principal a la vivienda.....	67
Figura 5.14 Vía principal Huambaló.....	70
Figura 5.15 Vía secundaria Huambaló.....	71
Figura 5.16 Croquis vial Huambaló.....	71
Figura 5.17 Provisión de agua La Moya.....	72
Figura 6.1 Correlación de la altura de las nubes de ceniza en el volcán Tungurahua desde el 2004 y el Índice de Actividad Sísmica.....	74
Figura 6.2 Vivienda con techo de teja de la parroquia Huambaló.....	78
Figura 6.3 Peligros volcánicos de la parroquia Huambaló (erupción leve).....	81
Figura 6.4 Peligros volcánicos de la parroquia Huambaló (erupción significativa).....	82
Figura 6.5 Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de Huambaló.....	83
Figura 6.6 Modelo Digital de Elevación de Huambaló.....	84

Figura 6.7 Organigrama Funcional por Área Operativa.....	86
Figura 6.8 Mapa de Evacuación de la Parroquia Huambaló.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Índice de Explosividad Volcánica (VEI).....	8
Tabla 2.2 Peligro Volcánico en el Ecuador.....	19
Tabla 2.3 Grado de amenaza (Peligro volcánico) en Ecuador.....	20
Tabla 2.4 Intensidad de la Amenaza.....	26
Tabla 2.5 Definiciones de Vulnerabilidad.....	31
Tabla 2.6 Características de los factores de Vulnerabilidad.....	32
Tabla 4.1 Tipo de erupciones “recientes” del volcán Tungurahua.....	51
Tabla 5.1 Población total, población en edad de trabajar, PEA.....	62
Tabla 5.2 Rama de actividades.....	62
Tabla 5.3 Número de familias por comunidades.....	65
Tabla 5.4 Población por sexo y grupos de edad.....	66
Tabla 5.5 Tipo de vivienda.....	67
Tabla 5.6 Procedencia del agua recibida.....	68
Tabla 5.7 Eliminación de aguas negras.....	68
Tabla 5.8 Estudiantes y oferta educativa en la parroquia.....	69
Tabla 5.9 Disponibilidad de internet en Huambaló.....	72
Tabla 6.1 Descripción de la amenaza del volcán Tungurahua.....	75
Tabla 6.2 Grado de amenaza para la construcción del escenario de riesgos.....	75
Tabla 6.3 Grado de Vulnerabilidad.....	78
Tabla 6.4 Factores del escenario del riesgo.....	79
Tabla 6.5 Niveles de riesgo.....	79
Tabla 6.6 Escenario de Riesgos de la Parroquia Huambaló.....	80

Palabras clave

Volcán
Tungurahua,
parroquia
Huambaló,
fenómenos
volcánicos,
plan de
emergencia

RESUMEN

El Tungurahua es uno de los volcanes más activos del Ecuador continental. Desde su reactivación en 1999, se han evacuado a miles de personas que habitan en las faldas del volcán, siendo necesario precisar las poblaciones que podrían verse afectadas ante una erupción volcánica. En el presente documento, se realizó un estudio de riesgo, amenaza y vulnerabilidad de la parroquia Huambaló, cantón Pelileo, frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua, mismo que contiene siete capítulos, en los que se analizan los distintos fenómenos volcánicos que existen y sus peligros ambientales, así como también generalidades y descripción histórica del volcán Tungurahua. Se realizó un diagnóstico de la situación actual de la parroquia Huambaló frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua, analizando la bibliografía existente. Se utilizó la herramienta SIG (Sistemas de Información Geográfica) para describir de mejor manera la zona de estudio. Adicionalmente, se desarrolló una propuesta de Plan de Emergencia para la parroquia Huambaló ante una erupción del volcán Tungurahua.

Keywords

Tungurahua
volcano,
Huambalo,
volcanic
events,
emergency
plan

ABSTRACT

Tungurahua is one of the most active volcanoes of Ecuador. Since its reactivation in 1999, thousands of people who live on the slopes of the volcano have been evacuated, being necessary to define the populations likely to be affected with a volcanic eruption.

This document contains a study of risk, threat and vulnerability of Huambaló, Pelileo canton, versus eruptive process of the Tungurahua volcano. It contains seven chapters, analyzing the different volcanic events that exist and their environmental dangers, as well as generalities and historical description of Tungurahua Volcano. It makes a diagnosis of the current situation of Huambaló versus Tungurahua Volcano eruptive process. GIS (Geographic Information Systems) tool is used to describe Huambaló. In addition, it is proposed an Emergency Plan for Huambaló in case of a Tungurahua volcano eruption.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos podemos reducir la intensidad de los efectos de la mayor parte de los fenómenos naturales, ejecutando acciones que permitan controlar e impedir que los eventos adversos rebasen la capacidad de respuesta y se conviertan en desastres.

Es fundamental concienciar a la sociedad que la intervención humana puede incrementar la severidad de los peligros naturales, provocándolos donde no existían antes de la acción del hombre.

La magnitud real de los efectos de muchos tipos de peligros o amenazas puede ser minimizada si se toman acciones (tecnológicas y no tecnológicas) preventivas adecuadas, que podrían ayudar a mitigar con efectividad los impactos de los fenómenos naturales, siendo importante la concienciación de la población con respecto a la vulnerabilidad frente a fenómenos naturales.

El Ecuador, por estar ubicado dentro del cinturón de Fuego del Pacífico, se halla en una zona muy activa de interacción tectónica y volcánica que genera condiciones de alta sismicidad, lo cual origina cambios permanentes en su corteza terrestre, como resultado de un largo proceso geológico iniciado hace millones de años y cuya actividad dinámica aún continúa latente, por lo que está constantemente expuesto al impacto de distintos fenómenos naturales cuyos efectos podrían generar algunos tipos de desastres tales como (Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador, 2006):

- Movimientos sísmicos, con gran capacidad de destrucción, tienen una incidencia prácticamente en todo el territorio nacional.
- Tsunamis.
- Erupciones volcánicas.
- Inundaciones, por las crecidas de los ríos a causa de las intensas lluvias de la estación invernal.
- Deslizamientos, derrumbes, aludes, aluviones.

Por el proceso de subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa Sudamericana, se genera un complejo sistema tectónico representado por las fallas geológicas que separan las regiones naturales, convirtiendo a nuestro país en escenario potencial de diferentes eventos sísmicos y volcánicos de alto riesgo, a cuyos impactos socio-ambientales se suman los antrópicos con una inadecuada ocupación del territorio que se evidencia con mayor peligro en zonas de menor calidad de vida; mayor grado de amenazas y vulnerabilidad física, social, económica y ambiental, que rebasan el límite crítico y desencadenan diversos desastres de origen natural y/o antrópicos (Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador, 2006).

En los tres ramales de la Cordillera de los Andes Ecuatorianos se encuentran aproximadamente 280 volcanes, de los cuales 8 están o son potencialmente reactivables. Entre éstos, se mencionan como volcanes de mayor peligrosidad con registro de erupciones de mayor riesgo al Cotopaxi, Tungurahua, Guagua Pichincha, Pululahua, El Reventador, Cayambe y Antisana, entre otros (Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador, 2006).

Con la reactivación en 1999, el Tungurahua ha presentado fases alternadas de elevada actividad volcánica, caracterizada por fuertes emisiones de gas y ceniza, explosiones tipo cañón y episodios de fuente de lava con fases de baja actividad representadas por débiles emisiones de vapor y ceniza, o de completa tranquilidad. Periodos de mayor actividad se registraron entre noviembre 1999 y agosto 2000; mayo-agosto 2001; enero-marzo, mayo-junio, agosto, septiembre-octubre 2002; marzo, junio-julio, agosto-diciembre 2003; mayo-julio, noviembre-diciembre 2004 y febrero, julio-agosto 2005. La intensidad de las erupciones declinó paulatinamente desde el 2002 y con mayor notoriedad durante los años 2004 y 2005 (Bustillos, Le Pennec y Gonza, 2011).

1.1 JUSTIFICACIÓN

El volcán Tungurahua ha presentado períodos de intensa actividad, intercalados entre períodos de baja actividad. Durante los momentos de alta actividad, el estilo eruptivo del Tungurahua se ha caracterizado por la emisión continua de ceniza, vapor y otros gases y la ocurrencia de fuertes explosiones que forman columnas de gases y ceniza de varios kilómetros de altura y que frecuentemente producen detonaciones fuertes en toda la zona. Por el contrario, cuando el volcán presenta un nivel bajo de actividad, ésta se caracteriza únicamente por la ocurrencia de emisiones de vapor y gases, con escasa presencia de ceniza (Le Pennec et al., 2005).

“El impacto de la actividad volcánica en el Ecuador es evidente dada las características orográficas de nuestro territorio y la cantidad de volcanes activos distribuidos en el mismo, así como los grandes asentamientos humanos, agroeconómicos e industriales ubicados al pie de estos” (Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador, 2006).

En los instantes de mayor actividad del Tungurahua, los fenómenos volcánicos que han afectado a su zona de influencia han sido hasta la fecha, el impacto de proyectiles lanzados durante la actividad explosiva hacia los flancos superiores del volcán; los flujos de lodo y escombros (lahares) que han afectado los cauces de las quebradas de los flancos occidental y noroccidental del volcán; y, la caída de ceniza tanto en las cercanías del mismo como en amplias zonas al occidente (sector comprendido entre Pelileo, Mocha y Guano).

Cabe recordar que los flujos piroclásticos son fenómenos altamente destructores que pueden afectar los flancos occidentales del cono volcánico, desde el sector de Juive Chico hasta Puela, así como los valles de Vazcún y Ulba en el flanco norte durante episodios eruptivos más intensos que los que hasta ahora han ocurrido (Le Pennec et al., 2005)

Dentro del “Plan Estratégico de Desarrollo de la Parroquia Huambaló” desarrollado por el Municipio de Pelileo (2009), se detalla información general de la parroquia, así como la identificación de los problemas socio-económicos de la población; sin embargo, no se considera el riesgo al que podría estar expuesta la parroquia frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua, siendo necesario un diagnóstico al respecto.

1.2 HIPÓTESIS DE TRABAJO

El proceso eruptivo del volcán Tungurahua tiene el potencial de afectar a la producción agrícola y a las viviendas de la población localizada en el área de influencia directa de la parroquia Huambaló.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Determinar el grado de amenaza, riesgo y vulnerabilidad de la parroquia Huambaló, cantón Pelileo, frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de la parroquia Huambaló.
- Analizar la Gestión del Riesgo en el Ecuador y en Huambaló.
- Elaborar un mapa de riesgo de la parroquia Huambaló.
- Generar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Huambaló.
- Elaborar una propuesta de Plan de Emergencia y Modelo de Simulacro para la parroquia Huambaló ante una erupción del volcán Tungurahua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

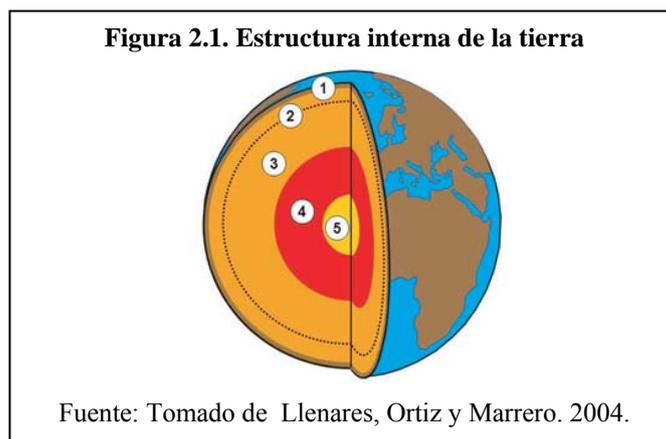
2.1 ORIGEN DE LOS VOLCANES

Los volcanes son una manifestación en superficie de la energía interna de la Tierra. La temperatura y la presión se incrementan a medida que nos acercamos al centro de la Tierra, alcanzándose temperaturas de 5000 °C en el núcleo. El efecto combinado de la temperatura y la presión a distintas profundidades provoca un comportamiento diferente de los materiales que se estructuran en varias capas (Llenares, Ortiz y Marrero, 2004):

- La corteza, fría y muy rígida, es la capa externa.
- El manto, con temperaturas superiores a los 1000 °C, presenta un comportamiento semirrígido. En los niveles superiores es donde se originan los magmas por fusión parcial de las rocas que allí se encuentran. En el manto inferior (Astenofera), los materiales se mueven lentamente debido a las corrientes de convección originadas por las diferencias de temperatura entre la parte superior y el núcleo, provocando el movimiento de las placas tectónicas.
- El núcleo es la parte más interna y más densa de la Tierra. Se encuentra a una temperatura próxima a los 5000 °C. Debido a esta elevada temperatura, los materiales se comportan como un líquido (núcleo externo); sin embargo, en la zona más profunda se encuentran en forma sólida debido a la elevadísima presión que soportan.

La actual estructura interna de la Tierra se ha ido formando a medida que el planeta ha ido envejeciendo y enfriándose. Inicialmente, toda la superficie estaba constituida por materiales fundidos, que han ido solidificándose en el transcurso de miles de millones de años. La actividad volcánica actual es sólo un resto de este proceso (Llenares et al., 2004).

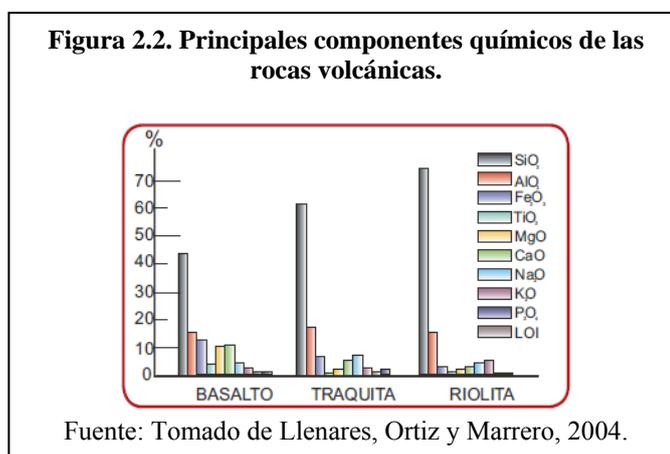
En la figura 2.1 se puede observar 1) Corteza, 2) Manto superior hasta 950 km, 3) Manto inferior a 15 km en océanos y a 45 km bajo los continentes, 4) Núcleo externo a 2900 km y 5) Núcleo interno a 5000 km hasta el centro de la Tierra a 6350 km (Llenares et al., 2004).



2.2 PROCESOS VOLCÁNICOS

El magma es una mezcla de materiales rocosos fundidos (líquido), que puede contener partículas sólidas en suspensión y gases disueltos. Está formado mayoritariamente por silicatos (SiO_2) y según el porcentaje de sílice que contenga se clasifica en:

- **Básico**, cuando es inferior al 52%.
- **Ácido**, cuando supera el 63%.
- **Intermedio**, cuando el porcentaje está entre el 52 y el 63%.



Las propiedades del magma dependen de la roca origen de las que procede. Una vez que el magma abandona la zona de fusión y empieza a ascender estará sometido a un proceso de enfriamiento y descompresión que hará variar su composición química y sus propiedades físicas (Llenares et al., 2004).

2.3 LA ACTIVIDAD ERUPTIVA

La erupción es el resultado de la llegada del magma a la superficie del planeta. El magma puede llegar directamente desde la zona de generación, situada entre los 70 y 100 km de profundidad, ascendiendo por fracturas abiertas durante fases distensivas de la corteza. Otras veces lo hace después de haber reposado en cámaras magmáticas, interviniendo en el inicio de la erupción diferentes procesos de desgasificación, mezclas de magmas y de la actividad tectónica (Llenares et al., 2004).

La actividad volcánica se clasifica en función del grado de explosividad y está controlada por la cantidad de gas presente en el magma; a medida que aumenta es mayor la explosividad resultante. El magma contiene gases disueltos con una proporción en peso que puede llegar al 5%; en algunos casos puede incorporar agua procedente del mar o de acuíferos, que se traduce en un incremento del gas disponible (Llenares et al., 2004).

Tabla 2.1 Índice de Explosividad Volcánica (VEI)

VEI	Volumen (Km ³)	Altura columna (Km)	Descripción	Tipo	Fase explosiva (horas)	Inyección	
						Tropósfera	Estratósfera
0	Fumarolas	0.1	No explosiva	Hawaiana	< 1	Mínima	No
1	< 0.00001	0.1 - 1	Pequeña	Stromboliana	1 - 6		
2	< 0.0001	1 - 5	Moderada			Media	
3	< 0.001	3 - 15	Media	Vulcaniana	6 - 12	Grande	Posible
4	< 0.01		Grande				Pliniana
5	< 0.1	10 - 25	Muy grande	> 12	Grande		
6	<1	> 25	Severa			Ultrapliniana	
7	< 10		Violenta				
8	< 100	> 25	Terrible	Ultrapliniana	> 12	Grande	Importante
9	> 100						

Fuente: Tomado de Llenares et al. (2004).

2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS VOLCÁNICOS

Se pueden identificar a los siguientes tipos de productos volcánicos:

2.4.1 Gases Volcánicos

Los componentes principales de gases volcánicos son el vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), dióxido de azufre (SO_2) (gases volcánicos de alta temperatura) o sulfuro del hidrógeno (H_2S) (gases volcánicos a baja temperatura), nitrógeno, argón, helio, neón, metano, monóxido de carbono e hidrógeno. Otros compuestos detectados son Oxígeno (O_2), Cloruro de hidrógeno (HCl), Fluoruro de Hidrógeno (HF), Bromuro de hidrógeno (HBr), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Hexafluoruro de Azufre (SF_6) y compuestos orgánicos. Hay también rastro de compuestos exóticos que incluyen el Mercurio (Hg), CFCs y radicales metílicos del óxido del halógeno (Sistema Regional de Visualización y Monitoreo de Mesoamérica, 2012).

Generalmente estos gases son rápidamente diluidos en la atmosfera dada la gran altura a la que se encuentra el cráter del volcán, de manera que no representan un peligro mayor para la salud humana. En cualquier caso, el sentido del olfato humano es lo suficientemente sensible como para detectar concentraciones muy bajas de gases volcánicos, que no necesariamente son peligrosos para la población cuando existe una buena ventilación (Samaniego et al., 2008).

Los gases de una columna eruptiva pueden mezclarse con el agua atmosférica provocando lluvias ácidas que pueden afectar a las plantas y ganado, así como a los techos de zinc y otros materiales metálicos que pueden sufrir una fuerte corrosión (Le Pennec et al., 2005).

2.4.2 Flujos Piroclásticos

También conocidos como nubes ardientes, son uno de los fenómenos más destructivos que se conocen; se desplazan sobre cualquier superficie calcinando todo lo que toca. Los flujos piroclásticos bajan por las laderas de los volcanes a velocidades sorprendentes, mismas que se ven incrementadas cuando son producidas por una explosión, o cuando se generan por el colapso de una columna eruptiva (EcuRed, 2012).

Estos flujos son nubes extremadamente calientes (500 °C aprox.) formadas de gases, cenizas y fragmentos de roca, que descienden por los flancos del volcán a gran velocidad (100 km/h aprox.) en erupciones explosivas importantes. La parte inferior y más densa del flujo se encuentra restringida a los fondos de las quebradas y los valles, mientras que la parte superior, menos densa puede sobrepasar los valles y alcanzar alturas importantes sobre el fondo de los valles e inclusive sobrepasar relieves importantes. En el caso de flujos piroclásticos producidos por el colapso de una columna eruptiva densa, o por el desborde del magma del cráter, varios flancos del volcán podrían estar afectados por este fenómeno (Samaniego et al., 2008).

Figura 2.3. Ceniza del Volcán Tungurahua



Fuente: F. Collantes, 2011.

La peligrosidad de este fenómeno estará determinada por el volumen de material emitido, la intensidad y duración de la erupción, la dirección y la velocidad del viento y la distancia al punto de emisión (Le Pennec et al., 2005).

Las personas en las áreas afectadas por la caída de material piroclástico deberán buscar refugio en sus casas u otras edificaciones cercanas, y si permanecen a la intemperie, se recomienda el uso de un casco, de ropa adecuada y de máscaras (o de un pañuelo húmedo) para proteger la boca y la nariz. Se debe además impedir que el ganado consuma hierba contaminada con ceniza, para lo cual será necesario la evacuación de los animales o su alimentación con hierba limpia traída de otras regiones. Se debe proteger las fuentes y el suministro de agua potable, para evitar que sea contaminada por la ceniza. Será necesario limpiar continuamente los techos de las casas para evitar su colapso bajo al peso de la ceniza (Samaniego et al., 2008).

2.4.3 Flujos de Lodo y Escombros (Lahares)

Los lahares son mezclas de materiales volcánicos (rocas, pómez, arena), arrastrados por el agua proveniente de la fusión del casquete glaciar, de la ruptura de un lago ubicado en un cráter o de fuertes lluvias. Estos flujos se mueven ladera abajo por la fuerza de la gravedad, a grandes velocidades (hasta 100 km/h) y siguiendo los drenajes existentes. Los lahares se forman cuando masas sueltas de escombros no consolidados, tales como ceniza depositada en los flancos de un volcán, depósitos glaciares, escombros de flujos piroclásticos y de avalanchas de roca, se saturan de agua y comienzan a moverse. El tamaño del material movilizado por estos flujos es muy variable, pudiendo ser desde arcilla o arena hasta bloques de varios metros de diámetro. En el caso del Tungurahua, el agua puede provenir de la lluvia o de la fusión de la nieve o hielo del casquete glaciar (Le Pennec et al., 2005).

La peligrosidad de estos fenómenos está determinada por el volumen de agua y de los materiales sueltos disponibles, de las pendientes y del encañonamiento de los valles. Las personas alcanzadas por un flujo de escombros tienen muy pocas posibilidades de sobrevivir, por lo cual, durante una crisis volcánica se recomienda a la población que evite el fondo de las quebradas que bajan del volcán. Debido a su alta velocidad y densidad, los lahares pueden mover y arrastrar objetos de gran tamaño y peso, tales como puentes, vehículos, grandes árboles, etc. Las edificaciones y la vegetación que se encuentren a su paso serán destruidas o seriamente afectadas (Le Pennec et al., 2005).

Por la rapidez con la cual suelen formarse, su velocidad y su fuerza, un flujo de lodo es un fenómeno muy peligroso. Durante una crisis volcánica, hay que evitar el fondo de las quebradas y las vertientes bajas de los valles (Samaniego et al., 2008).

2.4.4 Flujos y Domos de Lava

Los flujos de lava son derrames de roca fundida, originados en un cráter o en fracturas de los flancos del volcán, que descienden por las quebradas que allí se originan. Este fenómeno volcánico ocurre cuando el magma es poco viscoso (o, lo que es lo mismo, muy fluido), y por lo tanto la lava puede fluir por las pendientes del volcán. Las erupciones volcánicas de este tipo son poco explosivas, debido a que el contenido de gases del magma es bajo. Los flujos de lava pueden viajar ladera abajo desde unos pocos hasta varias decenas de kilómetros,

desplazándose generalmente a bajas velocidades, del orden de decenas y raramente de centenas de metros por hora (Le Pennec et al., 2005).

A pesar de destruir completamente todo lo que encuentra a su paso, los flujos de lava raramente representan una amenaza para la vida humana, debido a la lentitud de su desplazamiento y a la posibilidad de predecir con bastante aproximación la dirección de su movimiento. Sin embargo, los flujos de lava pueden causar la destrucción total de los edificios, carreteras y otras obras de infraestructura que se encuentren a su paso. La única protección efectiva es la evacuación de las personas y animales horas o días antes de la llegada del flujo. Hay que anotar además que, en volcanes con pendientes muy importantes como el Tungurahua, el frente de un flujo de lava puede volverse inestable y colapsar generando pequeños flujos piroclásticos de bloques y ceniza que descenderían por los flancos bajos del frente del flujo de lava (Le Pennec et al., 2005).

Los domos son acumulaciones de lava, originados en un cráter ubicado en la cumbre o en los flancos superiores del volcán. Se forman cuando el magma es muy viscoso y por lo tanto tiene dificultad para fluir. Los domos de lava pueden alcanzar alturas de varios cientos de metros, y pueden crecer lentamente y en forma continua por meses o años. El contorno de estas estructuras está formado de trozos inestables de roca. Debido a la posibilidad de acumulación de presión de gas, el domo puede sufrir erupciones explosivas (EcuRed, 2012).

Al ser la progresión de los flujos de lava muy lenta, no representan un peligro para los habitantes de los alrededores del volcán Tungurahua. Sin embargo, debido a las altas pendientes en el cono volcánico, el colapso de un frente de flujo de lava o de un domo podría generar flujos piroclásticos de bloques y ceniza que descenderían hacia los flancos inferiores del volcán (Samaniego et al., 2008).

2.4.5 Avalanchas de Escombros

Son grandes deslizamientos de rocas, arena y ceniza, los cuales pueden suceder en un volcán como resultado de la inestabilidad y colapso de sus flancos. Este tipo de fenómeno puede deberse a la intrusión de magma por dentro del edificio volcánico, aún sismo cercano y fuerte, o al debilitamiento de la estructura interna del volcán provocado por ejemplo, por una marcada alteración hidrotermal. Las avalanchas de escombros son muy rápidas, móviles y

arrasan con todo lo que encuentran a su paso, sin embargo vale anotar que estos eventos son muy poco frecuentes en la vida de un volcán (Samaniego et al., 2008).

Este tipo de inestabilidad se ve favorecida cuando la altura del edificio volcánico llega a más de 3 200 m sobre su basamento. El colapso del edificio puede estar acompañado y seguido por actividad magmática, dado que este gran deslizamiento puede destapar súbitamente el conducto volcánico y generar explosiones de extrema violencia que producen flujos piroclásticos de gran magnitud y alto poder destructivo (Le Pennec et al., 2005).

Frente a este tipo de producto volcánico, las personas no tienen posibilidades de sobrevivir. Por esta razón, se recomienda la evacuación de las zonas potencialmente afectadas, si la información científica señala la posibilidad de ocurrencia de un evento de estas características en un futuro cercano (Le Pennec et al., 2005).

2.4.6 Sismos Volcánicos

En las semanas o meses que preceden a una erupción y durante su desarrollo, se pueden detectar muchos microsismos en las cercanías o en el cono mismo del volcán. Este fenómeno, lejos de afectar a los pobladores que habitan en las cercanías del mismo, resulta beneficioso para la comunidad pues permite a los científicos comprender mejor los procesos magmáticos que ocurren al interior del volcán y adelantarse a su ocurrencia. En general, la reactivación de un volcán no produce sismos de mayor magnitud, capaces de afectar las edificaciones en los alrededores del volcán (Le Pennec et al., 2005).

2.5 IMPACTOS EN EL AMBIENTE ASOCIADOS CON LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS

Los eventos volcánicos amenazan seriamente la salud de las poblaciones, provocando trastornos considerables en el ambiente, alterando las condiciones normales del clima, y la calidad de elementos vitales como el agua, el aire y el suelo, y afectando los sistemas productivos agropecuarios. Los impactos ambientales también afectan a los servicios públicos y perturban el desenvolvimiento eficaz de los servicios de salud. Por esto, la preservación de la salud ambiental es uno de los retos más importantes del sector salud en situaciones de desastre volcánico (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

La salud ambiental asegura las condiciones higiénico-sanitarias y ambientales de las comunidades o poblaciones afectadas por la actividad volcánica, tanto en su lugar de origen como en los sitios de refugio o desplazamiento, mediante la implementación de medidas que garantizan el manejo seguro de los siguientes componentes (Organización Panamericana de la Salud, 2005):

- Abastecimiento y disponibilidad de agua potable o agua segura.
- Disposición sanitaria de los residuos sólidos, excretas y aguas residuales.
- Control de vectores y de enfermedades transmisibles.
- Manipulación, almacenamiento y distribución de los alimentos.
- Sanidad animal y el fomento de los hábitos higiénicos.

Es fundamental conocer la naturaleza y características de los materiales emitidos por los volcanes para establecer su relación e influencia con los elementos biológicos de su entorno. Son notables los impactos en el ambiente de los siguientes factores (Organización Panamericana de la Salud, 2005):

- a. Los fluidos volcánicos en los cuerpos de agua, tanto subterráneos como superficiales.
- b. Los gases emitidos a la atmósfera, que pueden contribuir al aumento de la temperatura media del planeta -con el llamado efecto invernadero- y a la alteración de la calidad del aire.
- c. La presencia de especies azufradas en la atmósfera durante años, con efectos de lluvia ácida por algún tiempo.
- d. La ceniza volcánica fácilmente arrastrada por el viento a grandes distancias, además del material particulado más fino que puede permanecer indefinidamente en suspensión.

2.5.1 Calidad del Aire

La emisión de una cortina de humo grisáceo o blanco que contiene gases y cenizas, arrojados por la onda explosiva de un volcán puede prolongarse por muchas horas o días, dispersándose a grandes distancias por las condiciones meteorológicas y climáticas de la región. La ceniza volcánica puede bloquear los caminos y reducir la visibilidad provocando el aumento de accidentes de tránsito. Estos productos, sumados a la energía térmica que los

transporta, alteran la calidad del aire en la zona. Los contaminantes primarios son: óxido de azufre, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas (Morales & Liao, 1999).

2.5.2 Calidad del Agua

El agua superficial de lagos, ríos y quebradas tiene mayor riesgo de contaminación porque es más fácil el contacto de los productos arrojados por el volcán con el agua. La precipitación de ceniza es uno de los mayores impactos que altera las características organolépticas (sabor, olor y color) del agua. Esto no solo impide a los usuarios consumir el agua, sino que además afecta a las condiciones de vida de los organismos acuáticos de cada ecosistema, a causa de los agentes contaminantes inorgánicos solubles en agua, los cambios en la temperatura, pH, conductividad y el empobrecimiento de la calidad del oxígeno disuelto. Su repercusión en el sistema productivo acuícola puede ser devastador para la economía local (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Del mismo modo, la ceniza puede producir atascos o daños en los equipos de abastecimiento de agua. Depósitos pequeños y abiertos, como tanques de agua con salida al techo, son especialmente vulnerables a la lluvia de cenizas, e incluso pequeñas cantidades de cenizas pueden reducir la potabilidad del agua. Durante y después de la lluvia de cenizas también es muy probable que haya una demanda extra de agua destinada a la limpieza, provocando escasez (The International Volcanic Health Hazard Network IVHHN & USGS, 2012).

2.5.3 Calidad del suelo

El efecto de la acumulación de ceniza y de la lluvia ácida en el suelo es contaminante por los componentes químicos que queman la vegetación e inutilizan el suelo por varios meses, debido a que se reduce su capacidad de infiltración y se aumenta el escurrimiento superficial. Posteriormente, el suelo puede beneficiarse de un enriquecimiento de sus nutrientes a causa de la reacción química con la ceniza (mejorando la permeabilidad y la aireación del suelo y aumentando la porosidad y la retención de agua). En los suelos con uso y vocación agrícola, la mezcla de ceniza volcánica con tierra aumenta la fertilidad para los cultivos y cosechas siguientes, favoreciendo así el crecimiento de las plantas y la cobertura vegetal (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Sin embargo, los flujos de lava dañan el potencial agrícola del suelo que queda cubierto de lodo y sólidos inertes que no permiten su recuperación posterior (Morales & Liao, 1999).

2.5.4 Salud

Los efectos de las cenizas volcánicas sobre la salud pueden ser clasificados en varias categorías (The International Volcanic Health Hazard Network IVHHN & USGS, 2012):

- a) Efectos respiratorios: Durante algunas erupciones las partículas pueden ser tan finas que son aspiradas profundamente hasta el interior de los pulmones. Con una exposición prolongada, aún los individuos sanos experimentarán molestias en el pecho, acompañadas de aumento de tos e irritación. Los síntomas agudos (inmediatos) más comunes incluyen:
- Irritación y secreción nasal.
 - Irritación y dolor de garganta, algunas veces acompañados de tos seca.
 - Personas con problemas pulmonares previos pueden desarrollar síntomas severos de bronquitis que persisten durante algunos días después de la exposición a las cenizas.
 - Irritación en las vías respiratorias en personas con asma o bronquitis; respiración cortada, jadeo y tos son las manifestaciones más frecuentes en los asmáticos.
 - La respiración se hace dificultosa.
- b) Síntomas oculares: La irritación en los ojos es un efecto común, ya que una porción de arenilla puede provocar dolorosas erosiones (rasguños) en la parte frontal del ojo (abrasiones en la córnea) y conjuntivitis. Las personas que utilizan lentes de contacto deben ser especialmente conscientes de este problema y no ponerse las lentillas, para prevenir una abrasión en la córnea. Los síntomas más comunes son:
- Sensación de cuerpo extraño en los ojos.
 - Dolor ocular, escozor e inyección conjuntival (ojos rojos).
 - Secreción pegajosa o lagrimeo.
 - Abrasiones en la córnea o erosiones (rasguños).

- Conjuntivitis aguda o inflamación del saco conjuntival que rodea el globo ocular, debido a la presencia de cenizas, lo cual produce enrojecimiento, ardor en los ojos y fotosensibilidad.
- c) Irritación cutánea: Aunque no es muy común, las cenizas volcánicas pueden producir irritación en la piel a algunas personas, especialmente si la ceniza es ácida. Los síntomas incluyen:
- Irritación y enrojecimiento de la piel.
 - Infecciones secundarias debido al rascado.

2.5.5 Servicios Públicos e Infraestructura

Las estructuras suelen derrumbarse bajo el peso de la ceniza especialmente cuando está húmeda. La ceniza que cae puede estar muy caliente y causar incendios. Las inundaciones suelen ocurrir debido al rebalse de los canales con depósitos volcánicos o a causa del derretimiento de grandes cantidades de nieve o hielo glacial. Los ríos pueden cambiar su curso debido al exceso de sedimentación. La lluvia de cenizas puede destruir los sistemas mecánicos obstruyendo por ejemplo las aperturas de los sistemas de irrigación, motores de aviones y otro tipo de motores. Los sistemas de comunicación se interrumpen a causa de las tormentas eléctricas que se desarrollan en las nubes de cenizas. El transporte aéreo, terrestre y marítimo también se ve afectado. La interrupción del tráfico aéreo debido a grandes cantidades de ceniza puede tener graves efectos en la respuesta de emergencia (Rheed, 1994).

Es importante recalcar que la ceniza húmeda es conductora de electricidad, de manera que es esencial que se cumplan estrictamente los procedimientos operativos de seguridad al limpiar los equipos de abastecimiento eléctrico (The International Volcanic Health Hazard Network IVHHN & USGS, 2012).

Los principales efectos sobre los servicios de agua potable y saneamiento pueden ser (Organización Panamericana de la Salud, 2005):

- Destrucción total o parcial de las instalaciones u obras hidráulicas en las áreas de influencia directa de los flujos.

- Obstrucción a causa de las cenizas en obras de captación, aducción, tratamiento y distribución.
- Obstrucción por residuos de mayor volumen en redes de alcantarillado o drenajes de aguas residuales.
- Alteración de la calidad del agua potable en captaciones superficiales y en reservorios abiertos por la caída de cenizas.
- Contaminación de ríos, quebradas, vertientes, pozos en zonas de deposición de lahares.
- Destrucción de caminos de acceso a los sistemas de agua o a los sitios de disposición final de aguas servidas.
- Falla o colapsamiento de edificaciones públicas o privadas por la acumulación de cenizas.
- Destrucción total o parcial de las áreas de disposición final de residuos sólidos, al igual que sus instalaciones.
- Daño en los vehículos de recolección y transporte de basuras.

2.5.6 Agricultura y Ganadería

Las especies agrícolas son también gravemente perjudicadas por las erupciones. De hecho, y debido a la bondad de los suelos generados sobre rocas volcánicas, el entorno de los volcanes suele estar densamente poblado, dedicándose la mayor parte de esta población a las prácticas agrarias, precisamente en la proximidad de los volcanes más activos y peligrosos del planeta. Con temperaturas comprendidas entre 50 y 60 °C, la mayor parte de los cultivos sufren procesos de deshidratación. En consecuencia, todos los eventos eruptivos que interfieran a un territorio en el que se desarrollen prácticas agrícolas, son susceptibles de provocar su destrucción o de dañarlos gravemente (González, 2006).

Al contaminarse los campos y el pasto con cenizas que el ganado ingiere en gran cantidad, en algunos casos esto puede provocar la muerte de animales de pastoreo (Morales & Liao, 1999).

En resumen, el grado de afectación de la calidad ambiental por la actividad volcánica se puede valorar tomando en cuenta varios factores como el área afectada por la erupción, el tiempo que persisten los efectos y residuos del material volcánico, el deterioro de la calidad de los recursos naturales y sus servicios ambientales, la alteración de la calidad de vida y de los servicios públicos.

2.6 PELIGRO VOLCÁNICO EN ECUADOR

El nivel de amenaza volcánica en Ecuador está clasificado en una escala de 0 a 3 a nivel cantonal (Tabla 2.2), y se puede mencionar los siguientes casos (D'Ercole y Trujillo, 2003):

1. Cantones con mayor peligro volcánico (grado 3). Se trata de los cantones que se encuentran total o parcialmente en zonas directamente amenazadas por los volcanes considerados más peligrosos para los asentamientos humanos: Cotopaxi, Tungurahua y Guagua Pichincha. Las amenazas pueden ser lahares, flujos piroclásticos y/o caída de ceniza (Anexo 3).
2. Cantones con peligro volcánico relativamente alto (grado 2). Son los cantones que se encuentran en los alrededores de los volcanes que tuvieron una actividad histórica y que representan todavía amenazas potenciales: Reventador, Sangay, Quilotoa, Antisana, Cayambe y el volcán La Cumbre en las islas Galápagos (Anexo 1).
3. Cantones con peligro volcánico relativamente bajo (grado 1). Son aquellos que se ubican en los alrededores de volcanes que no tuvieron erupciones históricas. Algunos de ellos, según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, son potencialmente activos: Chimborazo, Sumaco, Pululahua, Imbabura y Cotacachi (Anexo 2).
4. Cantones con bajo peligro volcánico (grado 0). Son los que encuentran afuera de la zona de concentración de los volcanes.

Tabla 2.2 Peligro Volcánico en el Ecuador

Peligro volcánico	Valor
Zonas de los volcanes Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi	3
Zonas con otros volcanes con actividad histórica	2
Zonas con otros volcanes	1
Sector sin volcán	0
Máximo	3
Mínimo	0

Fuente: Tomado de D'ercole, & Trujillo. 2003.

Adicionalmente, en el Anexo 4 se puede observar que la zona de mayor peligro volcánico está conformada por los cantones de las provincias de la Sierra Centro, Sierra Norte y del Napo. En la Tabla 2.3 se detalla el grado de amenaza en Ecuador por Cantón, Provincia y Región.

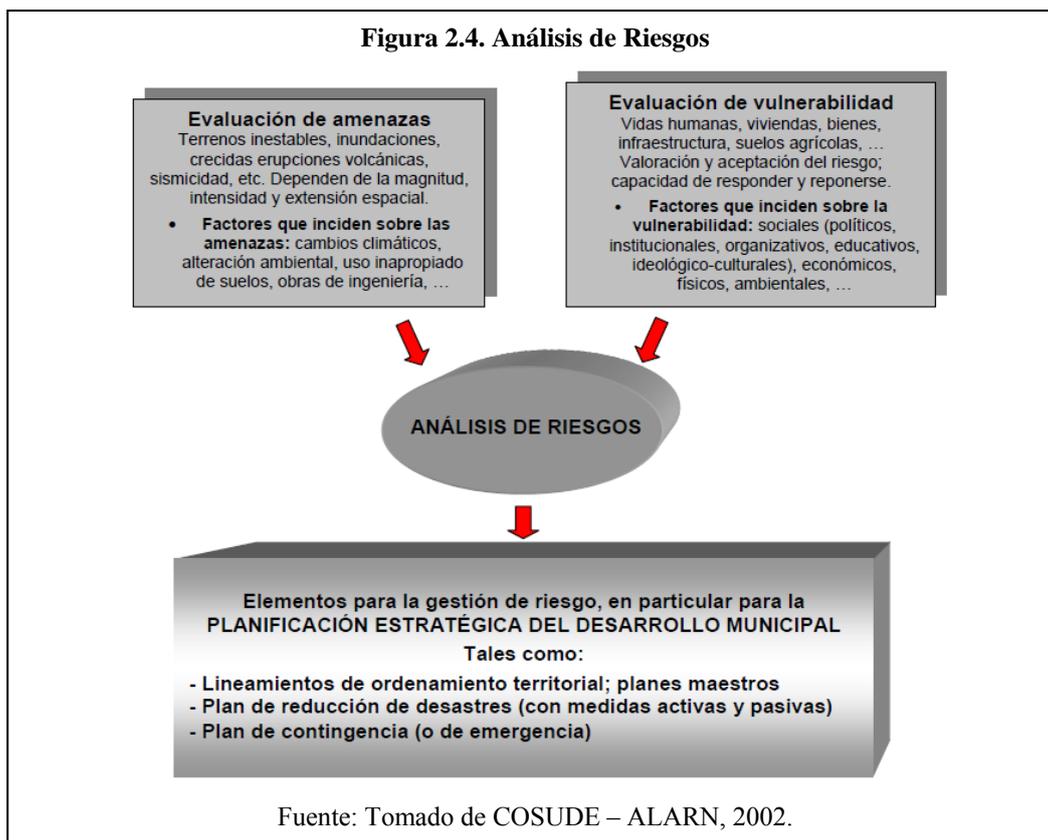
Tabla 2.3 Grado de amenaza (Peligro volcánico) en Ecuador

Canton	Provincia	Región	peligro volcánico
Latacunga	Cotopaxi	Sierra	3
Guano	Chimborazo	Sierra	3
Penipe	Chimborazo	Sierra	3
Archidona	Napo	Amazonía	3
Quito	Pichincha	Sierra	3
Mejía	Pichincha	Sierra	3
Rumiñahui	Pichincha	Sierra	3
Baños	Tungurahua	Sierra	3
Pelileo	Tungurahua	Sierra	3
San Miguel de los Bancos	Pichincha	Sierra	3
Pujilí	Cotopaxi	Sierra	2
Salcedo	Cotopaxi	Sierra	2
Saquisilí	Cotopaxi	Sierra	2
El Chaco	Napo	Amazonía	2
Quijos	Napo	Amazonía	2
Cayambe	Pichincha	Sierra	2
Patate	Tungurahua	Sierra	2
Gonzalo Pizarro	Sucumbios	Amazonía	2
La Maná	Cotopaxi	Sierra	2
Sigchos	Cotopaxi	Sierra	2
Huamboya	Morona Santiago	Amazonía	2
Isabela	Galápagos	Galápagos	2
Loreto	Orellana	Amazonía	2
Morona	Morona Santiago	Amazonía	2

Fuente: Tomado de D'ercole & Trujillo. 2003.

2.7 EVALUACIÓN DE RIESGO

El análisis de riesgo (ver Figura 2.4) consiste en estimar las pérdidas probables para los diferentes eventos peligrosos posibles. La evaluación de riesgo puede elaborarse a partir de una apreciación relativa del nivel de amenaza, de las indicaciones relativas a la vulnerabilidad global, y de la frecuencia de los fenómenos, mostrando una zonificación donde se indique el grado o nivel de amenaza y se le correlacione con el nivel de concentración de población y de inversiones o infraestructura. En otras palabras, evaluar el riesgo es relacionar las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento (COSUDE – ALARN, 2002).



Esto puede lograrse desde dos enfoques; el primero consiste en el análisis de la interacción de los factores de riesgo (estudio de las amenazas potenciales o peligros, de la exposición, y de la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad existentes) y el segundo se sustenta en el análisis de registros de eventos pasados. En ambos enfoques es necesario contar con información o estudios previos, ya sea de amenaza y vulnerabilidad, o con información procesada de eventos pasados (CEPAL, 2005).

2.7.1 Los Actores Sociales en el Riesgo

Bravo (2011) menciona que los riesgos están determinados socialmente. Existen fuerzas sociales (económicas, políticas, ideológicas, técnicas, científicas, etc) que intervienen o modifican los escenarios de riesgo. Todas estas fuerzas se mueven por Actores Sociales (implicados en el riesgo) que pueden ser toda una población, organizaciones, el estado, los gobiernos locales, las diferentes instituciones públicas y privadas, la iglesia, entre otros que de alguna forma modifican el riesgo.

El escenario de riesgos no es completo sin la representación de los actores sociales que intervienen en él y la definición del tipo de acción que desarrollan (Bravo, 2011).

2.7.2 Riesgo de desastre

Históricamente, la definición de “riesgo de desastre” ha tomado dos rumbos: En primera instancia están las definiciones que se derivan de las ciencias de la tierra y que tienden a definir el riesgo como “la probabilidad de la ocurrencia de un evento físico dañino”. Esta definición pone énfasis en la amenaza o el evento físico detonador del desastre. En segunda instancia, están las definiciones de riesgo de desastre que rescatan lo social y lo económico y tienden a plasmarse en definiciones del siguiente tipo: “el riesgo de desastre comprende la probabilidad de daños y pérdidas futuras asociadas con la ocurrencia de un evento físico dañino” (Narváez, Lavell y Pérez, 2009).

El riesgo es una condición latente que, al no ser modificada o mitigada a través de la intervención humana o por medio de un cambio en las condiciones del entorno físico-ambiental, anuncia un determinado nivel de impacto social y económico hacia el futuro, cuando un evento físico detona o actualiza el riesgo existente. Este riesgo se expresa y se concreta con la existencia de población humana, producción e infraestructura expuesta al posible impacto de los diversos tipos de eventos físicos posibles, y que además se encuentra en condiciones de “vulnerabilidad”, es decir, en una condición que predispone a la sociedad y sus medios de vida a sufrir daños y pérdidas. El nivel del riesgo estará condicionado por la intensidad o magnitud posible de los eventos físicos, y el grado o nivel de la exposición y de la vulnerabilidad (Narváez et al., 2009).

Los eventos físicos y la vulnerabilidad son entonces los llamados factores del riesgo, sin los cuales el riesgo de desastre no puede existir. A la vez, es necesario reconocer que no todo nivel de riesgo de daños y pérdidas puede considerarse riesgo de desastre. Habrá niveles y tipos de riesgo que sencillamente no anuncian pérdidas y daños suficientes para que la sociedad entre en una condición que sea denominada “desastre”. La noción de desastre exige niveles de daños y pérdidas que interrumpen de manera significativa el funcionamiento normal de la sociedad, que afectan su cotidianidad. Así, puede haber riesgo sin que haya desastre, sino más bien niveles de daños y pérdidas manejables, no críticas. Bajar el nivel de daños probables a niveles aceptables o manejables será una de las funciones más importantes de la gestión del riesgo de desastre (Narváez et al., 2009).

2.7.3 Factores de Riesgo

Cuando se habla de factores de riesgo de desastre, se está apuntando a la existencia de condiciones físicas y sociales que contribuyen a la presencia de riesgo en la sociedad y que se diferencian entre sí (Narváez et al., 2009).

Existen dos tipos de factores de riesgo: los eventos físicos potencialmente dañinos y la vulnerabilidad. La existencia de estos factores está condicionada por la exposición de la sociedad a los eventos físicos potencialmente peligrosos, es decir la localización en áreas potencialmente afectables (Narváez et al., 2009).

Los eventos físicos potencialmente dañinos son aquellos que forman parte de la dinámica natural y cambiante de este planeta y su atmósfera, y sobre los cuales las sociedades humanas no pueden incidir en su ocurrencia o magnitud, su calificación como amenaza y su grado de peligrosidad está determinada por la exposición de elementos socioeconómicos en condiciones de vulnerabilidad dentro de su área de afectación o incidencia (Narváez et al., 2009).

La vulnerabilidad se refiere a la predisposición de los seres humanos, sus medios de vida y mecanismos de soporte a sufrir daños y pérdidas frente a la ocurrencia de eventos físicos potencialmente peligrosos. Esta predisposición al daño, es el resultado de condiciones sociales, políticas y económicas que asignan diversos niveles de debilidad o falta de resistencia a determinados grupos sociales (Narváez et al., 2009).

Los fenómenos naturales siempre encierran un potencial de peligro, pues en su ocurrencia hay una alta probabilidad que provoque daños en los bienes y en las personas, pues en este caso se convierten en una amenaza. Sin embargo, también existen fenómenos naturales de considerable fuerza que no necesariamente son una amenaza, al no existir comunidades humanas en su entorno de influencia. Tal es el caso, por ejemplo, de un sismo fuerte en una zona desértica (Salazar, Cortez y Mariscal, 2002).

Para que un fenómeno natural sea peligroso para la población, requiere ciertas condiciones del entorno, como asentamientos humanos mal ubicados, ambiente deteriorado, hacinamiento, escasez de recursos económicos, inadecuada educación, descuido de las

autoridades, desorganización, entre otros. Todos estos elementos configuran una población altamente vulnerable. Una población que está expuesta a recurrentes amenazas de los fenómenos naturales, es una población que vive en riesgo permanente, pues supone que en cualquier momento puede ocurrir un desastre (Salazar et al., 2002).

No tener conciencia del riesgo en el que se encuentra una población puede llevar a un mayor desastre, ya que conociéndolo se puede actuar sobre él para manejarlo. Contrariamente a lo que se piensa comúnmente que un desastre es un evento espectacular, como un gran terremoto, con miles de muertos y destrucción masiva, podemos señalar que en nuestro país, las poblaciones se enfrentan recurrentemente a situaciones de desastre, como las inundaciones, los incendios, que afectan tanto o más que los grandes desastres, pues van aumentando la vulnerabilidad de la población, su pobreza y la desesperanza (Salazar et al., 2002).

En resumen, un desastre ocurre cuando un evento o fenómeno natural se convierte en peligro o amenaza, pues puede afectar negativamente a una comunidad, que al no contar con suficientes capacidades (económicas, educativas, de infraestructura, etc.) para enfrentar este peligro, se convierte en vulnerable. Así, el riesgo es la interrelación entre la amenaza y la vulnerabilidad ($\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$) (Cardona, 1991).

2.8 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

El principal objetivo de una evaluación de amenazas es predecir o pronosticar el comportamiento de los fenómenos naturales potencialmente dañinos o, en su defecto, tener una idea de la probabilidad de ocurrencia de dichos fenómenos para diferentes magnitudes. De este modo, se logra una apreciación del riesgo que se correría en las zonas de influencia de las amenazas, si se utilizaría estas zonas para ciertos usos que implican niveles de vulnerabilidad alta (COSUDE – ALARN, 2002).

La amenaza está relacionada con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición prefijado. Técnicamente, la evaluación de la amenaza se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia

de un evento con un nivel de severidad, en un sitio específico y durante un período de tiempo (Cardona, 1991).

La evaluación de la amenaza se la realiza a través de inventarios de fenómenos realizados de forma participativa con las municipalidades, los líderes comunales y la población; observaciones y mediciones de campo, análisis y revisión de información científica disponible (mapas, fotos aéreas, informes, etc), con el fin de conocer la probable ubicación y severidad de los fenómenos naturales peligrosos, así como la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específica. Tiene como resultado la elaboración de un mapa de amenazas, el cual representa un elemento clave para la planificación del uso del territorio y constituye un insumo imprescindible para la evaluación de los riesgos actuales y potenciales (COSUDE - ALARN, 2002).

Según Bravo (2011), para la evaluación de la amenaza se deben tomar en cuenta tres características principales:

1. Frecuencia de la amenaza: es el tiempo de retorno del evento que genera una amenaza.
2. Intensidad de la amenaza: es el efecto más probable.
3. Cobertura: es la población y el territorio afectados.

Todas éstas características se cuantifican mediante un nivel de ponderación que determina el grado de amenaza (Bravo, 2011).

En la Tabla 2.4, se recopilan las intensidades que a juicio de varios investigadores son la mejor medida de los peligros que amenazan a la región (CEPAL, 2005).

Tabla 2.4 Intensidad de la Amenaza

AMENAZA	INTENSIDAD
Inundación por lluvias o Desbordamientos de ríos	Altura de agua
Sismo	Aceleración máxima del terreno
Viento	Velocidad del Viento
Erupción Volcánica	Índice de explosión volcánica
Ceniza Volcánica	Altura de ceniza
Sequía	Tiempo de sequía
Flujos de tierra y lodo	Altura o velocidad del lodo
Tsunami	Altura del agua
Marea de tormenta	Altura del agua
Oleaje	Altura de ola
Deslizamiento de laderas	Volumen deslizado

Fuente: Tomado de CEPAL, 2005.

En otras palabras, para poder cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una u otra intensidad durante un período de exposición, es necesario contar con información, la más completa posible, acerca del número de eventos que han ocurrido en el pasado y acerca de la intensidad que tuvieron los mismos (Cardona, 1991).

2.9 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La evaluación de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos frente a una determinada amenaza o peligro. La vulnerabilidad puede ser definida por tres niveles: baja, media y alta; también puede ser expresada como un porcentaje de elementos que pueden sufrir daño o destrucción (pérdida) sobre un total, aunque es difícil establecer una referencia de carácter absoluto. Los porcentajes pueden ser establecidos en función de las características del área, del tipo de fenómeno, de la densidad y frecuencia de ocupación humana, densidad de construcciones, etc (COSUDE – ALARN, 2002).

Dado que la vulnerabilidad depende del peligro que se está analizando, deben estimarse tantas vulnerabilidades como peligros haya en una determinada zona (CEPAL, 2005).

La vulnerabilidad debe promover la identificación y caracterización de los elementos que se encuentran expuestos, en una determinada área geográfica, a los efectos desfavorables de un peligro adverso (Bravo, 2011).

La vulnerabilidad constituye un sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (externas e internas) que convergen en una comunidad o área particular. A esta interacción de factores se le conoce como vulnerabilidad global. Esta vulnerabilidad global puede dividirse en varias vulnerabilidades o factores de vulnerabilidad, todos ellos relacionados entre sí: vulnerabilidad física; factores de vulnerabilidad económicos, sociales y ambientales (Wilches, 1993).

La vulnerabilidad física se refiere a la localización de asentamientos humanos en zonas de amenaza, como por ejemplo en las laderas de los volcanes, en las llanuras de inundación de los ríos, al borde de los cauces, en zonas de influencia de fallas geológicas, etc., los factores de vulnerabilidad económica y social se expresan en los altos niveles de desempleo, insuficiencia de ingresos, poco acceso a la salud, educación y recreación de la mayor parte de la población; además en la debilidad de las instituciones y en la falta de organización y compromiso político, al interior de la comunidad o sociedad (COSUDE – ALARN, 2002)

Para la vulnerabilidad física de un asentamiento humano o una ciudad, es necesario entender los procesos de daño debidos a fenómenos naturales, en la infraestructura y bienes propios del lugar, para luego identificar y evaluar las características que determinan el grado de vulnerabilidad. La información necesaria para obtener una idea general de la vulnerabilidad física consta de los siguientes indicadores (CEPAL, 2005):

- a) Grado de desarrollo y de obediencia de la normativa de construcción.
- b) Características de las edificaciones y de la infraestructura física: calidad y tipos de construcción, antigüedad y estado de conservación. Esta información puede generarse a partir de datos de catastros, levantamientos o imágenes de satélites.
- c) Información sobre tipo y gravedad de daños ocurridos en eventos naturales pasados.

d) Modelos matemáticos de vulnerabilidad o fragilidad estructural existentes para el lugar de análisis y para el peligro analizado.

e) Existencia de programas de rehabilitación y mantenimiento de estructuras.

El análisis de la vulnerabilidad social es más complicado que el de la vulnerabilidad física, por la dificultad de modelar los factores que la determinan. La vulnerabilidad social se refiere a la suma de circunstancias que afectan a grupos de población, limitando sus capacidades para valerse por sí mismos. Entre los factores que determinan la vulnerabilidad social se cuentan los siguientes (CEPAL, 2005):

a) Distribución de la población en urbana y rural, por sexo, edades, y su crecimiento histórico.

b) Distribución espacial de los principales asentamientos humanos y su crecimiento a lo largo del tiempo.

c) Infraestructura social, incluyendo la de educación, patrimonio histórico y cultural, de recreación y deportes, de vivienda y de salud.

d) Producción agropecuaria, industrial y comercial (incluyendo al turismo), su distribución espacial y a lo largo del año.

e) Infraestructura de servicios de transporte y telecomunicaciones, suministro de agua potable y evacuación de agua y sólidos residuales, y energía (hidrocarburos y electricidad), identificando sus fuentes y ubicación espacial.

f) Ubicación de instalaciones o actividades peligrosas, entre otras.

Un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos frente a una determinada amenaza o peligro. La vulnerabilidad puede ser definida por tres niveles: baja, media y alta; también puede ser expresada como un porcentaje de elementos que pueden sufrir daño o destrucción (pérdida) sobre un total, aunque es difícil establecer una referencia de carácter absoluto. Los porcentajes pueden ser establecidos en función de las características del área, del tipo de fenómeno, de la densidad y frecuencia de ocupación humana, densidad de construcciones, etc. (COSUDE – ALARN, 2002).

2.10 LA GESTIÓN DE RIESGOS

La gestión del riesgo aplicada a la prevención y mitigación constituye en la actualidad, un conjunto de acciones, mecanismos y herramientas encaminadas a la reducción de riesgos de desastres dentro de un contexto de planificación preventiva. Para ello se requiere plena capacidad y disponibilidad de los actores involucrados a fin de transformar los factores de vulnerabilidad en oportunidades de cambio que permitan evitar o mitigar el impacto de futuros desastres (SENPLADES – CAF, 2005).

Dentro de la visión actual de la gestión del riesgo, la prevención es uno de los principales elementos que garantizaría el desarrollo humano sostenible o sustentable de las naciones. Esta apunta a crear una institucionalidad e incorporar medidas afines para reducir los riesgos, enfrentar posibles eventos y accidentes e intenta consolidarse como un componente del accionar cotidiano de la sociedad. Por lo tanto la gestión de riesgos es un eje transversal que cruza todas las actividades públicas y privadas, y es considerada una variable de planificación del desarrollo; entender sus componentes (amenaza y vulnerabilidad), especialmente la prevención y mitigación, ayudaría a delinear acciones en el marco de la planificación preventiva (SENPLADES – CAF, 2005).

Este problema de generación de desequilibrios naturales se ha venido dando sistemáticamente como parte del desarrollo de una región o ciudad, provocando desastres que son una expresión de la inadecuada aplicación del modelo de desarrollo sobre el ambiente. Las incongruencias entre las relaciones sociales, culturales, económicas y políticas y el entorno físico han conducido al desastre. Claros ejemplos se evidencian con la ubicación de asentamientos humanos en zonas donde son frecuentes los deslizamientos, lo que ilustra una falta de planificación urbana en estas zonas (Cardona, 1991).

El establecimiento de un marco para el estudio de los riesgos asociados a los desastres naturales requiere la introducción de una serie de conceptos básicos que permita relacionar de forma inequívoca los distintos desastres y sus efectos. Así, se pueden mencionar las siguientes definiciones (Ortiz, 2000):

Peligro volcánico.- Expectación de la incidencia de un fenómeno ligado a la actividad volcánica. Se debe expresar como la probabilidad de que ocurra el fenómeno en un determinado periodo de tiempo.

Factor de peligro.- El peligro volcánico se descompone en elementos más sencillos que pueden evaluarse separadamente (ceniza, lahares, lava, etc).

Elemento de riesgo.- Cualquier valor que pueda resultar adversamente afectado como consecuencia de la incidencia de un evento volcánico.

Riesgo específico.- Expectación de daño o pérdida ocasionada a un elemento de riesgo, durante un cierto periodo de exposición.

Amenaza.- Se refiere al peligro latente asociado a evento de origen natural, antrópico, tecnológico, biológico (salud) que pueden manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, servicios y/o en el medio ambiente. Técnicamente se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento con una cierta magnitud, en un sitio específico y en un período de tiempo determinado.

El término amenaza es usado para describir el peligro latente que representa una amplia variedad de fenómenos, y puede clasificarse de acuerdo a su origen en (Lavell, 2003):

- Amenazas Naturales: los seres humanos no intervienen en su ocurrencia, ni tampoco tienen la capacidad práctica de evitarlos. Son ejemplo las erupciones volcánicas, sismos, tsunamis, huracanes.
- Amenazas Socio-naturales: Son reacciones de la naturaleza a la acción humana inadecuada sobre los ecosistemas. Algunos ejemplos son: deforestación, manejo inadecuado de los suelos, construcción de obras de infraestructura sin precauciones ambientales adecuadas.

Las amenazas socio-naturales se crean en la intersección del medio ambiente natural con la acción humana y representan un proceso de conversión de recursos naturales en amenazas. Los cambios en el ambiente y las nuevas amenazas que se generan con el cambio climático global son el ejemplo más extremo de la noción de amenaza socio-natural. Las amenazas socio-naturales mimetizan o asumen las mismas características que diversas amenazas naturales.

- **Amenazas Antrópicas o Antropogénicas:** Es el peligro latente generado por la actividad humana en la producción, distribución, transporte y consumo de bienes y servicios y en la construcción y uso de infraestructura y edificios. Comprenden una gama amplia de peligros como lo son las distintas formas de contaminación de aguas, aire y suelos, los incendios, las explosiones, los derrames de sustancias tóxicas, los accidentes en los sistemas de transporte, la ruptura de presas de retención de agua etc.

Vulnerabilidad.- Es el grado de exposición o propensión de un componente de la estructura social o natural a sufrir daño por efecto de una amenaza o peligro, de origen natural o antrópico, y/o falta de resiliencia para recuperarse posteriormente. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso (SENPLADES – CAF, 2005).

En la gestión del riesgo, una de las acciones prioritarias es reducir la vulnerabilidad y el riesgo, a fin de mitigar el impacto de los desastres a través de la implementación de medidas estructurales y no estructurales realizadas con la intervención humana. En la Tabla 2.5, se definen los diferentes tipos de vulnerabilidades (SENPLADES – CAF, 2005):

FACTORES	CONCEPTO
Vulnerabilidad Institucional	Debilidades institucionales en cuanto a su organización, coordinación, y decisión frente a la presencia de eventos adversos potenciales. Es necesario mantener criterios y acciones de seguridad, de reducción de riesgos y planificación preventiva. Son la base para las decisiones laterales del control, manejo y reducción de otros factores de vulnerabilidad. Se relaciona con la ausencia de políticas, proyectos y planes de contingencia, de emergencia y de manejo de crisis ante amenazas.
Vulnerabilidad Jurídica	Es el eje motor y director de una serie de medidas, acciones, regulaciones, roles, aplicaciones, procesos y lineamientos que rigen la existencia y la funcionalidad de instituciones u otros entes y organismos públicos y privados.
Vulnerabilidad Social	Es la escasa capacidad de respuesta individual o grupal ante el riesgo y contingencia y también como la predisposición a la caída del nivel de bienestar derivada de una configuración de atributos negativa.
Vulnerabilidad Territorial	Son los cambios físicos del uso del suelo, las dinámicas de los asentamientos humanos y las dinámicas socioeconómicas que degradan el territorio o el paisaje y medio ambiente natural y urbano, haciéndolo cada vez menos protegido contra eventos expuestos.

Fuente: Adaptado de SENPLADES – CAF. 2005.

En la Tabla 2.6, se observan las principales características de cada factor de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad Institucional Jurídica	Vulnerabilidad Social	Vulnerabilidad Territorial
Visión de Poder: son las incertidumbres que existen en cuanto a las decisiones tomadas en diferentes niveles de decisión política (local, regional o nacional) que ocasionan conflictos y a veces resultados poco acertados.	Socioeconómicos: Relacionados con criterios específicos de pobreza, marginalidad y sesgo social.	Problemas Ambientales y Físicos: Medidos por problemas de degradación ambiental y deterioro del paisaje natural. No implican necesariamente la ausencia de altas tecnologías.
Sociopolíticos: Los actores de decisión, los actores del conocimiento y los actores de la ejecución (incluyendo la población) deben ser tomados en cuenta.	Sociodemográficos: Indica las características de la población y sus niveles de concentración y dispersión en el territorio.	Conflictos de asentamientos humanos: Depende a su modelo de desarrollo, el asentamiento humano puede representar una mayor debilidad en el territorio.
	Socioculturales: Condiciones culturales, étnicas sobre la percepción del riesgo en vías de forjar una cultura de resiliencia al riesgo.	

Fuente: Adaptado de SENPLADES – CAF, 2005.

La gestión de riesgos consiste en una serie de actividades diseñadas para reducir la pérdida de vidas humanas y la destrucción de propiedades e infraestructura. Los resultados de este proceso continuo de manejo o gestión de riesgos pueden ser divididos en (COSUDE - ALARN, 2002):

- Medidas de prevención para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo, eliminando sus causas como la intensidad de los fenómenos, la exposición o el grado de vulnerabilidad.
- Medidas de preparación cuyo objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo SAT (Sistemas de alerta temprana) oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de gente y bienes de zonas amenazadas.
- Medidas de respuesta cuando está sucediendo o ha sucedido un desastre (manejo o gestión de desastres, recuperación, reconstrucción).

2.11 LA GESTIÓN DEL RIESGO EN ECUADOR

El Ecuador se encuentra sujeto a una diversidad de amenazas y vulnerabilidades, debido a la existencia de una gran variedad de amenazas de origen natural (sismos, inundaciones, deslizamientos, peligros volcánicos, tsunamis y sequías), lo que refleja un territorio susceptible y con diferentes grados de exposición a potenciales desastres.

La Gestión del Riesgo en el país inicia a partir de 1999, siguiendo los preceptos de la Declaratoria de la Organización de las Naciones Unidas del “Decenio Internacional de la Reducción de los Desastres Naturales”, año en el cual se ejecutó un proyecto integral denominado: “Mitigación de Desastres Naturales y Preparación para Enfrentarlos en el Ecuador” (SENPLADES-CAF, 2005).

Esto se reafirmó en la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres que se celebró en Kobe, Hyogo (Japón), en el 2005; en ella se aprobó el Marco de Acción para 2005-2015: aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, siendo aplicado en el Ecuador a partir del año 2008, la misma que se centra en proponer y emprender procesos nacionales de consulta dirigidos a revisar el progreso y los retos en la implementación de la reducción del riesgo y las acciones de recuperación (Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos, 2008).

A partir del año 2007, se inicia el proceso de reforma democrática de las instituciones del Estado, en este sentido, se analiza la institucionalidad de la Defensa Civil, institución que hasta el momento había tenido un fuerte énfasis en los temas de preparación, atención y respuesta de emergencias frente a desastres naturales, pero no había consolidado los procesos de prevención y mitigación (Montalvo 2011).

Con la aprobación de la nueva constitución, en el 2008, la gestión de riesgos se posiciona como una política de Estado, y de acuerdo al proceso de reforma del Estado se crea la Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos (Decreto Ejecutivo 1046-A, abril 2008), que posteriormente se transforma en Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) (Decreto Ejecutivo 42, septiembre 2009) como una unidad desconcentrada y descentralizada.

Entre las funciones de la SNGR, están las de implementar las políticas definidas en el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013, relacionadas con la adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de desastre, así como la implementación del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos.

La SNGR cuenta con unidades desconcentradas a nivel provincial; en el nivel cantonal, se han creado unidades de gestión de riesgos que son administradas por los propios municipios, pero que guardan estrecha relación y articulación con los niveles desconcentrados de la SNGR en las provincias. Se han implementado y equipado en el nivel local, algunas salas de situación y sistemas de alerta temprana, específicamente en la zona de influencia de los volcanes Cotopaxi y Tungurahua, a través del Proyecto Sistema de Alerta Temprana y Gestión del Riesgo Natural, y con miras a completar el ciclo de la planificación, en el marco del mismo proyecto, se está trabajando en coordinación con la SENPLADES para apoyar la formulación e implementación de planes de desarrollo y de ordenamiento territorial en los cantones con la inclusión de la gestión de riesgos.

Adicionalmente, la SNGR está formulando el marco legal específico, así como el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos, con el propósito de organizar y coordinar a todos los actores involucrados tanto del sector público como privado, e instituciones científicas. Además de brindar asistencia técnica a los gobiernos autónomos descentralizados, especialmente a los municipios hasta que se complete el proceso de transferencias de competencias tal como lo define el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

La Gestión de Riesgos en el Ecuador es un tema incipiente, a pesar de ser un país vulnerable a los eventos naturales, antrópicos y tecnológicos, muchos de ellos recurrentes, no dispone de un Sistema de Gestión de Riesgos que involucre un accionar coordinado entre las etapas de prevención, mitigación, preparación y atención de desastres, rehabilitación y reconstrucción. La gestión del Sector Público ha estado orientada al manejo, (preparación) y atención de desastres, en lugar de la prevención y mitigación; es decir que la actitud ha sido reactiva antes que proactiva (SENPLADES, 2007).

Por lo expuesto, la aplicación de la Gestión de Riesgo en el Ecuador, actualmente se caracteriza por su reducida participación en ciertos cantones y sectores, muchas veces

determinado por el liderazgo de sus autoridades y el apoyo internacional, mediante diferentes instituciones y organismos nacionales y extranjeros; así como el incipiente marco legal que la regule e inserte en los distintos estamentos de desarrollo del país. A continuación se describe el desarrollo y participación la Gestión de Riesgos en el Ecuador, de acuerdo a la normativa legal y a las diferentes instituciones encargadas de la misma (Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos, 2008).

2.12 MARCO LEGAL

Los primeros pasos para establecer un régimen legal en la atención de desastres naturales, se dieron mediante la expedición de la Ley de Seguridad Nacional (1964), la cual crea la Dirección Nacional de Defensa Civil, como organismo encargado de la atención en la preparación y atención de emergencias, con un enfoque reactivo (SENPLADES, 2007).

Esta atención de desastres se basó en la reacción una vez presentada la emergencia, debido a que Ecuador carecía de una legislación que regule y especifique las actividades concernientes a la atención de desastres, y las responsabilidades del Gobierno Central, de los gobiernos provinciales y municipales, así como de las obligaciones de los sectores privados y organizaciones no gubernamentales (Bravo, 2011).

2.12.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)

El primer paso fundamental para la inclusión de la Gestión de Riesgos en los procesos de desarrollo del país, se presenta recién en la Constitución de la República del Ecuador del 2008, donde aparte de indicar su importancia en procesos tales como planificación, derechos de la naturaleza, ordenamiento territorial, descentralización, participación y seguridad, se otorga una atención específica descrita en el Título VII, referido al Régimen del Buen Vivir, Capítulo I, Sección novena, donde se incluye un acápite dedicado a la Gestión del Riesgo, específicamente en los Artículos 389 y 390, que se constituyen en el mandato principal en esta materia, para los sectores público y privado y para la ciudadanía en general.

Los artículos de la constitución citados anteriormente mencionan lo siguiente:

Art. 389: *“El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad”*.

Además, se establece la creación del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgo, compuesto por todas las unidades de gestión de riesgo de las instituciones públicas y privadas y la creación de un organismo técnico establecido en la ley, el cual tendrá las siguientes funciones:

1. *“Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.*
2. *Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.*
3. *Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.*
4. *Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.*
5. *Articular las instituciones para que coordinen, acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.*
6. *Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir las vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.*
7. *Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión del riesgo”*.

El Art. 390 determina que *“Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico”*; es decir que los gobiernos seccionales deberán ser responsables de la

planificación de la gestión del riesgo dentro de sus jurisdicciones, y en caso de existir desastres naturales que superen su capacidad de atención, las instituciones de mayor capacidad técnica y financiera brindarán su apoyo y contingencia.

2.13 MARCO INSTITUCIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EL ECUADOR

El logro de los objetivos de la gestión de riesgo y la atención de desastres demanda la participación de los organismos de protección y defensa civil, de planificación del desarrollo, de ciencia y tecnología, entidades sectoriales, organizaciones no gubernamentales, del sector privado y de la comunidad en general, para que asuman el papel que les corresponde, a fin de que la población sea protagonista de su propia protección.

La Gestión del Riesgo en las instituciones públicas del Ecuador es un tema de reciente incorporación, movido en un sentido por las nuevas tendencias mundiales relacionadas con este tema, además de la importancia que se ha demostrado implica su estudio para el desarrollo, para lo cual a continuación se presenta las instituciones públicas que participan en el tema de Gestión de Riesgos en el Ecuador, así como el papel del gobierno central y de los gobiernos sectoriales en el mismo.

2.13.1 Estado y Organismos Públicos

El numeral 5) del Art. 3 de la Constitución de la República del Ecuador menciona: *“Es deber primordial del Estado; planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir”*.

Además, el Art. 14 determina que: *“se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay”*.

De acuerdo a esto, el estado es el ente responsable de la planificación de un desarrollo sostenible en los diferentes ámbitos del entorno nacional, donde una de sus competencias es el manejo de los desastres naturales.

Éste manejo se ha dado, por los diferentes gobiernos, principalmente de manera ex post, es decir como reacción a concreción material de una amenaza en el país (inundaciones, deslaves, erupciones volcánicas), mediante la declaratorias de estados de emergencia. Recién a partir de la Constitución del Ecuador del 2008, es que la Gestión de Riesgos es tomada como política de estado para su aplicación en los diferentes sectores.

Para la acción oportuna en desastres naturales, el gobierno ha creado algunas instituciones, las cuales serán analizadas a continuación.

2.13.2 Dirección Nacional de Defensa Civil

La Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador, se crea en 1968 como organismo encargado para la respuesta y acción en caso de emergencia y desastre.

Esto ha significado que su actividad sea primordialmente reactiva, es decir, basada en la preparación y atención de las emergencias, postergando las fases previas de prevención y mitigación.

2.13.3 Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos

La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), se crea por Decreto Ejecutivo No. 42 el 10 de septiembre de 2009, sobre la base de la anterior Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos. La SNGR es adscrita al Ministerio Coordinador de Seguridad Interna y Externa, asumiendo las competencias, atribuciones y funciones ejercidas por la Dirección Nacional de Defensa Civil.

Desde su creación, con la participación de diferentes entidades públicas y privadas, técnicas y científicas, ha realizado diferentes actividades enfocadas a dos líneas de acción:

- a) Fortalecer las capacidades del país para enfrentar emergencias y desastre.
- b) Elevar la gestión de riesgos a una Política de Estado.

Además, la Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos, actual Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, presentó en el mes de Noviembre de 2008, la “Propuesta de Estrategia Nacional para la Reducción de Riesgos y Desastres”, la cual expone una visión general de la

Gestión de Riesgo en el Ecuador, así como la presentación del proceso de desarrollo del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgo, sistema que debe implementarse en el país, tal como lo estipula la Nueva Constitución de la República del Ecuador en los Artículos 389 y 390.

El Sistema Nacional Descentralizado tiene como objetivo: *“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”* (Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos, 2008).

2.13.4 Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES)

La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), es la entidad encargada de administrar el Sistema Nacional de Planificación a escala sectorial y territorial, estableciendo objetivos y políticas nacionales, sustentados en procesos de información, investigación y capacitación, seguimiento y evaluación.

La SENPLADES ha incluido la Gestión de Riesgos dentro del Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013, en la cual se presentan una serie de propuestas, enmarcadas en la inserción de la Gestión de Riesgos en los diferentes niveles y sectores de la sociedad, así como en la planificación de entidades públicas y privadas para los diferentes proyectos de desarrollo social y privado.

2.13.5 Gobiernos Provinciales

La participación de los gobiernos provinciales o prefecturas en la Gestión de Riesgo es de vital importancia, ya que brinda su contingente y apoyo cuando el manejo y control de las emergencias sobrepasa la capacidad de los gobiernos locales, además de ser un ente organizador de los diferentes cantones en caso de desastre, en especial cuando el evento afecta a varios cantones de la misma provincia.

El Gobierno Provincial de Tungurahua, junto con el Gobierno Provincial de Chimborazo crearon las Unidades de Gestión de Riesgos en cada provincia, las mismas que se encuentran desarrollando el Proyecto para la Administración de las Fases de Atención y Recuperación de la zona de influencia del Volcán Tungurahua (Bravo, 2011).

2.13.6 Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD)

Según el Art. 238 de la Constitución de la República del Ecuador (2008), los Gobiernos Autónomos Descentralizados son organismos que gozan de autonomía política, administrativa y financiera, y se rigen por los principios de solidaridad, subsidiariedad, equidad interterritorial, integración y participación ciudadana. Constituyen gobiernos autónomos descentralizados las juntas parroquiales rurales, los concejos municipales, los concejos metropolitanos, los consejos provinciales y los consejos regionales.

Los fines de los Gobiernos Autónomos Descentralizados son (COOTAD, 2010):

- a) *“El desarrollo equitativo y solidario mediante el fortalecimiento del proceso de autonomías y descentralización;*
- b) *La garantía, sin discriminación alguna y en los términos previstos en la Constitución de la República, de la plena vigencia y el efectivo goce de los derechos individuales y colectivos constitucionales y de aquellos contemplados en los instrumentos internacionales;*
- c) *El fortalecimiento de la unidad nacional en la diversidad;*
- d) *La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de un ambiente sostenible y sustentable;*
- e) *La protección y promoción de la diversidad cultural y el respeto a sus espacios de generación e intercambio; la recuperación, preservación y desarrollo de la memoria social y el patrimonio cultural;*
- f) *La obtención de un hábitat seguro y saludable para los ciudadanos y la garantía de su derecho a la vivienda en el ámbito de sus respectivas competencias;*
- g) *El desarrollo planificado participativamente para transformar la realidad y el impulso de la economía popular y solidaria con el propósito de erradicar la pobreza, distribuir equitativamente los recursos y la riqueza, y alcanzar el buen vivir;*

- h) *La generación de condiciones que aseguren los derechos y principios reconocidos en la Constitución a través de la creación y funcionamiento de sistemas de protección integral de sus habitantes; y,*
- i) *Los demás establecidos en la Constitución y la ley”.*

2.13.7 Los Gobiernos Municipales

Los Gobiernos Municipales o locales, son los órganos políticos y de gestión más cercanos a la vida cotidiana de la localidad y a los problemas que afectan la calidad de vida de sus habitantes.

Una de las responsabilidades del gobierno municipal según el Art. 264 de la Constitución de la República del Ecuador es: *“Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural”.*

Los diferentes municipios han funcionado como el primer organismo de estado en brindar apoyo y ayuda a los afectados por un determinado problema natural, muchas veces sobrepasando sus propias capacidades de atención, debido principalmente a lo reducido de sus presupuestos, y en especial a la falta de políticas de gestión de riesgos, ya que existen pocos municipios del país que cuentan con una adecuada planificación, donde se incluye la gestión de riesgo.

2.13.8 Comité de Operaciones de Emergencia (COE)

Como se mencionó anteriormente, el Art. 389 de la Constitución de la República del Ecuador hace referencia a la protección de la población mediante la prevención ante el riesgo. Este principio constitucional se materializa mediante una responsabilidad interinstitucional que se ejerce en el Comité de Operaciones de Emergencia (COE), propiciando una correcta administración de los recursos y distribución de competencias.

El COE es la instancia colegiada de coordinación interinstitucional, responsable en su territorio de planificar las acciones de preparación, alerta, respuesta y recuperación para situaciones de emergencia o desastre (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2010).

Por lo tanto, para que el COE cumpla con los principios orientadores de descentralización subsidiaria, seguridad y solidaridad, se establecen tres niveles de organización (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2010):

- a) Comité de Operaciones de Emergencia.- Está coordinado por la máxima autoridad política del territorio y es responsable de la administración y gestión de recursos, la coordinación interinstitucional, el suministro de informaciones a los diferentes medios de comunicación y la canalización de la ayuda externa que llegue como apoyo a la atención de la emergencia. Es la instancia donde se toman decisiones político / administrativas en el marco de los planes de respuesta respecto de los eventos en curso y se monitorean los insumos financieros utilizados para la emergencia dentro del marco normativo vigente.
- b) Control de Operaciones.- Realiza el componente operativo para el COE, donde se direccionan los aspectos logísticos y de información para asegurar la operatividad administrativa y de campo de las diferentes mesas técnicas de trabajo. Está integrado por los coordinadores de las mesas técnicas de trabajo activas en el proceso de respuesta a la emergencia. Para un mejor desempeño de sus actividades, cuenta con una Sala de Situación que es el lugar en el cual se recopilan y procesan los datos, se les analiza y se presenta la información de la emergencia o desastre al COE. Entre sus funciones está también el monitoreo de la evolución de los acontecimientos, inventario de recursos actualizado y registro de requerimientos externos.
- c) Mesa Técnica de trabajo (MTT).- Son espacios de coordinación interinstitucional que actúan independientemente según las necesidades y el tipo de emergencia, coordinadas por la institución del estado rectora de la temática. Están integradas por las instituciones y organizaciones presentes en el territorio afines al tema de la mesa y tienen dependencia directa al Control de Operaciones.

2.13.9 Instituciones No Gubernamentales

Las responsabilidades en la prevención y atención de desastres han estado concentradas en los Estados, comprometiendo, en el caso de los desastres, la estabilidad fiscal y el

desempeño macroeconómico, o, poniendo una carga excesiva en la gestión que las administraciones no podrían atender (Bravo, 2011).

En este contexto, el papel del sector privado ha sido poco explorado en áreas donde puede desempeñar un potencial como en la creación de mercados de seguros, educación, investigación, medios masivos e información pública, para citar algunos casos.

2.13.10 Organismos Internacionales

En las dos últimas décadas, los países de la Subregión Andina han contado con el apoyo de un número apreciable de organismos internacionales tales como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja (FICR), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) (Programa de las Naciones Unidas para de Desarrollo - PNUD, 2004).

La Organización de Estados Americanos, la Asociación de Estados del Caribe, el Grupo de Río y el Grupo de los Tres, han incluido en sus agendas el tema. Agencias de cooperación internacional como las de la Unión Europea, alemana (GTZ), española (AECI), italiana, sueca (ASDI), japonesa (JICA), suiza (COSUDE), entre otras, adelantan programas para la prevención y atención de los desastres en los países andinos. Por su parte USAID, OFDA y el HAP - Comando Sur del gobierno de los Estados Unidos, y el Programa de Preparativos ante Desastres de la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea, DIPECHO, han desempeñado un papel significativo en la fase de preparativos frente a desastres (Programa de las Naciones Unidas para de Desarrollo - PNUD, 2004).

Instituciones como la Corporación Andina de Fomento (CAF), el Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA), con su Programa Ambiental Caribeño (CEP), la Comisión Centroamericana sobre Ambiente y Desarrollo (CCAD), la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial (BM) y el Banco Caribeño de Desarrollo (BCD) han dado cada vez mayor énfasis a la prevención y la atención de desastres, la planeación del desarrollo y el manejo ambiental (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2010).

El Ecuador presenta un alto grado de exposición y vulnerabilidad ante diversas amenazas naturales. En los últimos 25 años los países de la Región Andina han sido afectados por grandes desastres. Aproximadamente el 33% de pérdidas directas e indirectas (vidas humanas, infraestructura social y productiva) registradas en la región fueron causados por eventos naturales adversos (CEPAL, 2003).

2.14 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La Comisión Europea/OXFAM/FUNDEPCO (2008) afirma que la característica principal del Sistema de Información Geográfica (SIG) es la función de análisis geográfico (espacial) que ofrece medios para inferir nueva información basada en un lugar. En sentido estricto un SIG es un sistema de cómputo para reunir, almacenar, manipular y desplegar información geográfica.

Un Sistema de Información geográfica (SIG), es una integración organizada de Hardware (equipos electrónicos), software (programas adecuados), datos espaciales (información geográfica) y personal técnico (capacitado), diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar información geográfica, con el fin de ayudar a la toma de decisiones para la solución de problemas de planificación y gestión del espacio.

Con base en el anterior concepto, se pueden definir algunos ejemplos en los que un SIG contribuye en la gestión del riesgo (Comisión Europea/OXFAM/FUNDEPCO, 2008):

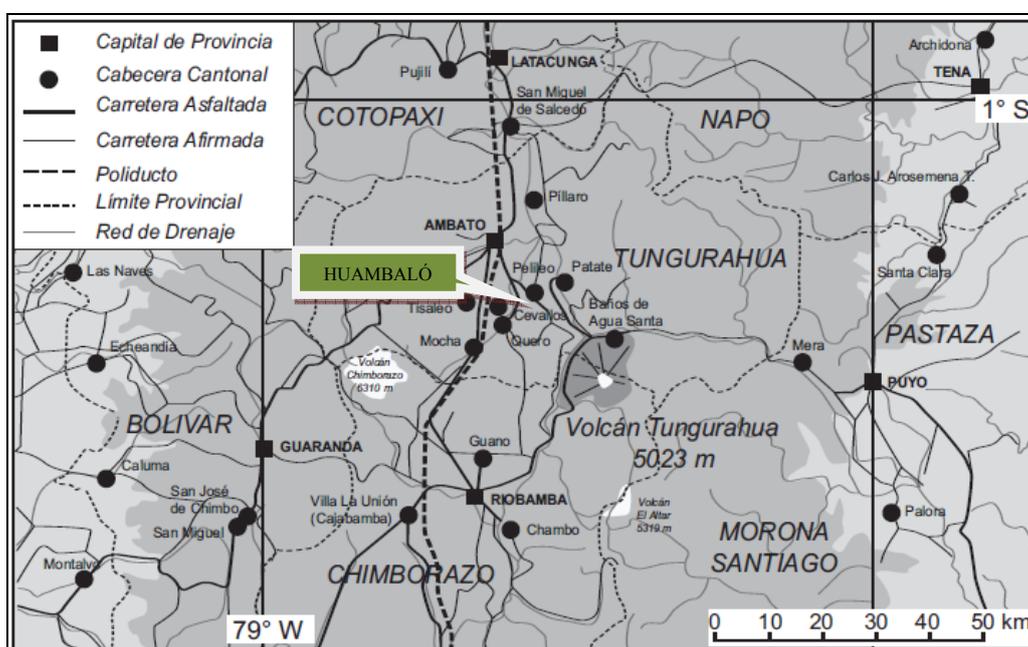
- Determinación de poblaciones o elementos vulnerables.
- Identificación de amenazas sobre un determinado territorio.
- Generación de escenarios o patrones de crecimiento de centros urbanos con el fin de analizar los cambios en la vulnerabilidad de su población en función del crecimiento demográfico.
- Generación de escenarios de zonificación y uso potencial de la tierra, con el fin de identificar amenazas, reducir vulnerabilidades y recomendar medidas de mitigación y prevención en los casos en que sea necesario.
- Monitoreo de amenazas antrópicas, con el fin de establecer patrones de comportamiento y brindar sistemas de alerta temprana.

CAPÍTULO III

GENERALIDADES DEL VOLCÁN TUNGURAHUA

El Volcán Tungurahua (Latitud 01° 28' Sur; Longitud 78° 27' Oeste) es un volcán activo de 5023 m.s.n.m. que está ubicado en la Cordillera Real de los Andes Ecuatorianos, a 33 km al sureste de Ambato, se caracteriza por su forma cónica, el gran relieve existente entre su base y la cima (3300 metros) y las acentuadas pendientes de sus flancos (30-35°) (Le Penne et al., 2005).

Figura 4.1. Mapa de ubicación del volcán Tungurahua y su área de influencia



Fuente: Adaptado de Le Penne et al., 2005.

En la parte oriental de su cima persiste un glaciar residual (menor a 0,01 km³ de hielo), junto con otros volcanes activos como el Cotopaxi, Sangay, Antisana y Cayambe, el Tungurahua define la segunda fila volcánica del arco ecuatoriano, ubicada aproximadamente a 35 km detrás del frente volcánico constituido por los volcanes de la Cordillera Occidental (Le Penne et al., 2005).

El volcán cuenta con un cráter de aproximadamente 400 metros de diámetro y 100 metros de profundidad. La topografía circundante varía entre 2000 y 3000 metros de elevación; los ríos Patate y Chambo descienden respectivamente del Norte y Sur en dirección del volcán,

para formar el Río Pastaza en el extremo Nor-oeste del mismo. Los profundos valles de los ríos Vazcún y Ulba descienden directamente de la cumbre del volcán y cortan el flanco Norte y Nor-oriental del mismo hasta desembocar en el río Pastaza (Bustillos, 2008).

Las erupciones pasadas de este volcán se han caracterizado por la formación de flujos de lava, que a veces represaron el cauce de los ríos; flujos piroclásticos que cubrieron los flancos del cono; flujos de lodo y escombros (lahares) que viajaron por los ríos al Oriente; así como avalanchas de escombros. La caída de ceniza ha acompañado a casi todas las erupciones pasadas y han cubierto especialmente la parte occidental del volcán hasta varias decenas de kilómetros de distancia (Le Pennec et al., 2005).

3.1 CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS VOLCÁNICOS EN EL VOLCÁN TUNGURAHUA

El Volcán Tungurahua comenzó un nuevo ciclo de actividad volcánica en 1999. Desde entonces ha presentado periodos de actividad caracterizados por diferentes tipos de comportamiento. Se pueden distinguir al menos tres escenarios (Hidalgo et al., 2011):

1. Periodos de calma, en los cuales la actividad sísmica y la emisión de SO₂ hacia la atmósfera es sumamente baja o incluso inexistente. Leve actividad fumarólica.
2. Periodos en los que se produce una caída de ceniza local o regional, en los cuales la actividad sísmica está caracterizada por la presencia de sismos de largo periodo, temores de emisión y explosiones moderadas. La emisión de SO₂ alcanza niveles moderados a altos. Las columnas de emisión o de explosión alcanzan entre 1 y 3 km de altura, son pulsátiles, y el contenido de ceniza es variable.
3. Periodos de fuerte actividad en los cuales el número y la magnitud de las explosiones son grandes y se pueden producir flujos piroclásticos. En estos periodos la emisión de SO₂ es muy elevada y está asociada directamente a las fases más altas de las erupciones.

De estos tres escenarios, sólo los dos últimos generan una afectación directa a la población y a las actividades económicas de la zona. En el caso de las caídas de ceniza locales o regionales, los principales efectos son los problemas respiratorios y oculares tanto para la población humana como para el ganado; y la afectación directa a los cultivos, reservas de

agua, etc. Para el tercer escenario, la generación de flujos piroclásticos, un fenómeno letal y altamente destructivo debido a su gran velocidad y su alta temperatura, las consecuencias son fatales para todas las zonas afectadas.

La caída de ceniza y cascajo es el fenómeno volcánico de mayor presencia, distribución y afectación en estos 13 años de actividad del volcán Tungurahua, la cual ha estado controlada por la dirección de los vientos, que regionalmente se dirigen de oriente a occidente (Bustillos et al., 2011).

Entre 1999 y 2011, el cráter del Tungurahua ha sufrido significativamente cambios morfológicos, uno de los cuales, tal vez el más relevante, es el relleno del mismo con materiales piroclásticos granulares. Añade además, que este relleno ha modificado el estado de estabilidad del cráter del Tungurahua al añadir una fuerza adicional actuando sobre las paredes internas del mismo, en especial sobre su borde Occidental que es el más empinado y más delgado, y potencialmente el más inestable (Andrade, 2011).

A continuación se presentan los diferentes tipos de fenómenos volcánicos asociados con la actividad actual o pasada del volcán Tungurahua, reportados en el estudio de Le Pennec et al. (2005):

Gases Volcánicos

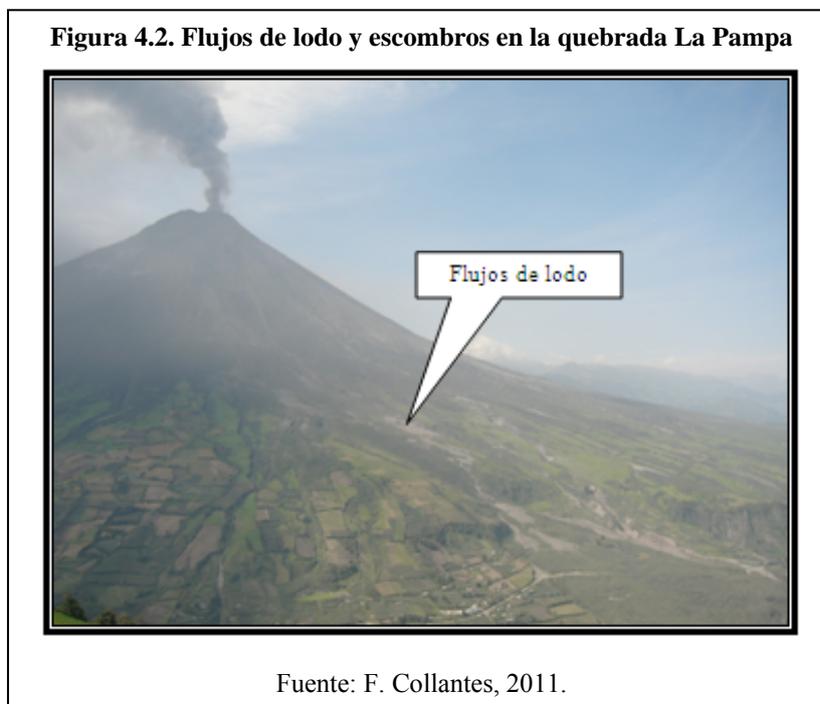
En algunas ocasiones durante el período eruptivo (1999–2005) se ha reportado olor a azufre en las partes bajas del volcán (especialmente en los sectores de Juive Grande y en el flanco occidental); sin embargo, las concentraciones de gas son muy bajas, por lo cual se puede excluir un efecto negativo sobre los seres vivos.

Flujos Piroclásticos

En las erupciones pasadas del volcán Tungurahua, las caídas de ceniza y piroclastos han tenido una distribución limitada y sus espesores han sido pequeños. Sin embargo, como se evidenció en la erupción de agosto de 2001, un volumen relativamente pequeño de ceniza emitida, puede provocar daños considerables a los cultivos, así como alterar seriamente la vida de personas y animales y la economía local y regional.

Flujos de Lodo y Escombros (Lahares)

Eventos de este tipo han ocurrido en innumerables ocasiones en el pasado reciente del Tungurahua, especialmente en los valles de Ulba, Vazcún, así como en los drenajes del flanco occidental y en el río Puela al sur y suroccidente del volcán.



Durante el presente período eruptivo (iniciado en 1999 y que continúa hasta la fecha) se han producido innumerables flujos de lodo en las quebradas del flanco occidental del volcán, así como en la quebrada de La Pampa del flanco noroccidental. Estos flujos de pequeño tamaño son el resultado del movimiento del material volcánico depositado en los flancos superiores del edificio, por la acción del agua proveniente de las lluvias.

En el caso del volcán Tungurahua, las zonas de los valles pueden ser afectados por flujos de lodo y escombros en caso de una erupción importante del volcán o simplemente en caso de fuertes lluvias en la zona. Los sectores de La Pampa y de Vazcún, cuentan con un sistema de monitoreo de lahares, que permite dar a las autoridades y a la población una alerta temprana con el fin de alejarse de las zonas peligrosas (el fondo de los valles). Estos sistemas han funcionado de forma muy confiable, permitiendo al OVT (Observatorio del Volcán Tungurahua) emitir las alertas tempranas la gran mayoría de las veces que han ocurrido lahares de consideración.

Flujos Piroclásticos (Nubes Ardientes)

Los flujos piroclásticos han sido un fenómeno extremadamente frecuente en el pasado reciente del volcán Tungurahua y se estima que si se presentaran erupciones de gran magnitud, las zonas más afectadas por estos fenómenos serían los flancos occidental y noroccidental, comprendidos entre Juive Grande al noroccidente y la confluencia de los ríos Puela y Chambo al suroccidente del volcán. Sin embargo, los valles de los ríos Vazcún y Ulba, en el flanco norte, constituyen también zonas de alto peligro, debido a que estos ríos descienden directamente de la cumbre del volcán.

Las superficies de Runtún y Pondoá, por encontrarse alejadas del fondo de los valles, presentan ciertamente un peligro menor, pudiendo ser afectadas por estos fenómenos únicamente en caso de erupciones explosivas mayores, en cuyo caso se generarían flujos piroclásticos muy móviles por el colapso de una columna de erupción.

Flujos y Domos de Lava

Los flujos de lava han sido un fenómeno frecuente en la historia reciente del Tungurahua. Se estima que alrededor de 17 flujos de lava llegaron al pie del edificio en los últimos 3000 años. Generalmente se han presentado como el fenómeno final de un proceso eruptivo, como en las erupciones de 1773 y 1886, en las cuales la composición de estos flujos ha sido andesítica, que corresponde a lavas con una viscosidad moderada.

Figura 4.3. Flujo de lava solidificado de la erupción de 1773 en el sector de Juive Chico-La Pampa



Fuente : Tomado de Le Pennec et al, 2005.

Avalanchas de Escombros

Este tipo de fenómeno ha ocurrido, al menos en dos ocasiones en el Tungurahua. La última vez, hace 3100 años, un cono anterior al edificio volcánico actual fue en gran parte destruido por un evento de este tipo. Los depósitos de esta avalancha rellenaron parcialmente los valles del río Chambo, alcanzando distancias de hasta 15 a 20 km desde la cumbre del volcán y alturas de hasta 400 metros sobre el nivel actual de los ríos (sector de Cotaló).

Sismos Volcánicos

En las erupciones pasadas del Tungurahua, ha sido común que las personas de los alrededores sintieran estos sismos, especialmente antes o durante los períodos de más intensa actividad volcánica; sin embargo, en ninguna ocasión estos eventos provocaron daños a las edificaciones.

3.2 DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DEL PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCÁN TUNGURAHUA

La historia volcánica reciente del Tungurahua se destaca por su importancia en un evento catastrófico de avalancha de escombros, relacionado con el colapso gravitacional del sector occidental del antiguo cono volcánico, que ocurrió hace 2900 años. Inmediatamente después, comenzó a edificarse el cono actual, a través de una intensa actividad concentrada en los últimos 3000 años. En general, la actividad volcánica del Tungurahua se podría resumir en cinco episodios: 1641, 1773-1782, 1886, 1916-1918 y el último que inició en 1999 (Aguilera y Dueñas, 2007).

De la historia eruptiva del volcán Tungurahua, se puede observar la presencia de dos tipos de erupciones (Aguilera y Dueñas, 2007):

- **Tipo 1:** erupciones de magma diferenciado (Plinianas), caracterizadas por presentarse después de que el volcán ha permanecido en reposo durante un largo período y definidas por la emisión de grandes flujos piroclásticos.
- **Tipo 2:** erupciones de magma básico (Estrombolianas), que ocurren después de un período corto de reposo (décadas). Este tipo de erupción se caracteriza porque los peligros volcánicos son asociados con la caída de ceniza, pequeños flujos piroclásticos y flujos de lava (ver Anexo 5).

En la Tabla 4.1 se puede apreciar las recientes erupciones presentadas por fecha, tipo y período de duración, donde las erupciones de tipo 2 tienen una frecuencia mayor de acaecimiento (Aguilera y Dueñas, 2007):

AÑO DE ERUPCIÓN	TIPO	TIEMPO DE DURACIÓN
1641	Tipo 1 / Pliniana	---
1773 -1782	Tipo 2 / Estromboliana	9 años
1886	Tipo 1 / Pliniana	5 meses
1916 -1918	Tipo 2 / Estromboliana	2 años, ocho meses
1999 – actualidad	Tipo 2 / Estromboliana	13 años

Fuente: Tomado de Aguilera y Dueñas, 2007.

Desde julio de 1999, el volcán Tungurahua inició un proceso eruptivo afectando a varios poblados ubicados en dos provincias del Ecuador; Tungurahua y Chimborazo. El volcán alternó periodos de actividad eruptiva intensa y baja. Durante los intervalos de alta actividad, su estilo eruptivo se caracterizó por una continua emisión de ceniza, vapor y otros gases, así como también por fuertes explosiones con columnas de gases y ceniza de varios kilómetros de altura, que originaron frecuentes detonaciones audibles en toda la periferia del volcán. En cambio, cuando el volcán presentaba niveles bajos de actividad, era común la ocurrencia de vapor y gases, con una escasa presencia de ceniza. Los peligros volcánicos relacionados con la alta actividad fueron los lahares, que descendían frecuentemente por las quebradas del flanco occidental del cono y se extendían hasta cubrir amplias zonas, ubicadas al occidente entre Pelileo, Mocha, Quero y Guano (Bustillos, 2008).

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto de titulación se utilizaron los siguientes métodos de investigación: histórico-comparativo, método descriptivo y método científico.

Las mencionadas metodologías han sido tomadas en cuenta como herramientas para el proceso investigativo, ya que se considera que son las más idóneas para un correcto proceso en la elaboración del mismo, mediante el adecuado uso de los conceptos, procesos y metodologías aplicadas a la Gestión de Riesgos, basándose en la descripción histórica de los diferentes eventos suscitados.

La información ha sido recopilada mediante los diferentes instrumentos de investigación como: documentos, entrevistas, reportajes, así como el uso de fuentes de investigación secundarias: decretos, reglamentos, normas jurídicas, etc.

Para alcanzar los objetivos trazados en la presente investigación fue necesario recopilar, organizar, editar y generar la información disponible referente al tema mediante investigación bibliográfica, observación directa, levantamiento y procesamiento de información cartográfica mediante la herramienta Sistema de Información Geográfica (SIG).

A través de la revisión bibliográfica, se pudo realizar una descripción histórica del comportamiento del volcán Tungurahua, así como un análisis de los diferentes tipos de fenómenos volcánicos asociados al mismo, como son los gases volcánicos, flujos piroclásticos, flujos de lodo y escombros, domos de lava, avalanchas de escombros y sismos volcánicos.

Los recorridos realizados en la parroquia y las entrevistas mantenidas con varias personas, en especial con el Sr. Isaac Villegas, Presidente de la Junta Parroquial de Huambaló, sirvieron para determinar las vulnerabilidades y capacidades de la parroquia frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua.

En base a la revisión bibliográfica citada en el presente estudio, se pudo realizar una descripción (diagnóstico) detallada de Huambaló, definiendo su ubicación, límites, división política, temperatura, precipitación, zonas de vida, cobertura vegetal, uso del suelo, así como los sistemas económico productivo, social, energía, movilidad y conectividad.

Adicionalmente, con el manejo de la herramienta SIG se pudieron generar los distintos mapas a nivel parroquial, siendo un aporte fundamental al presente estudio, en vista de que la información cartográfica proporcionada por las distintas instancias públicas se encontraba a nivel cantonal y provincial.

Finalmente, con el análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, se procedió a realizar una propuesta de Plan de Evacuación y un modelo de simulacro para la parroquia, mismos que pueden ser puestos en práctica frente a una erupción del volcán Tungurahua.

CAPÍTULO V

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Luego de abordar los conceptos fundamentales de la Gestión de Riesgo, así como de la normativa, aspectos legales y de las principales instituciones y actores que se han determinado para la implantación de la Gestión de Riesgos en el Ecuador, este capítulo expondrá la investigación de campo realizada en la parroquia Huambaló, que consistió en realizar un recorrido por toda la parroquia y sus alrededores, así como la ejecución de entrevistas a varios habitantes de la parroquia, y en especial al Sr. Isaac Villegas, Presidente de la Junta Parroquial de Huambaló periodo 2009-2013, cuya información fue fundamental para el desarrollo del presente estudio.

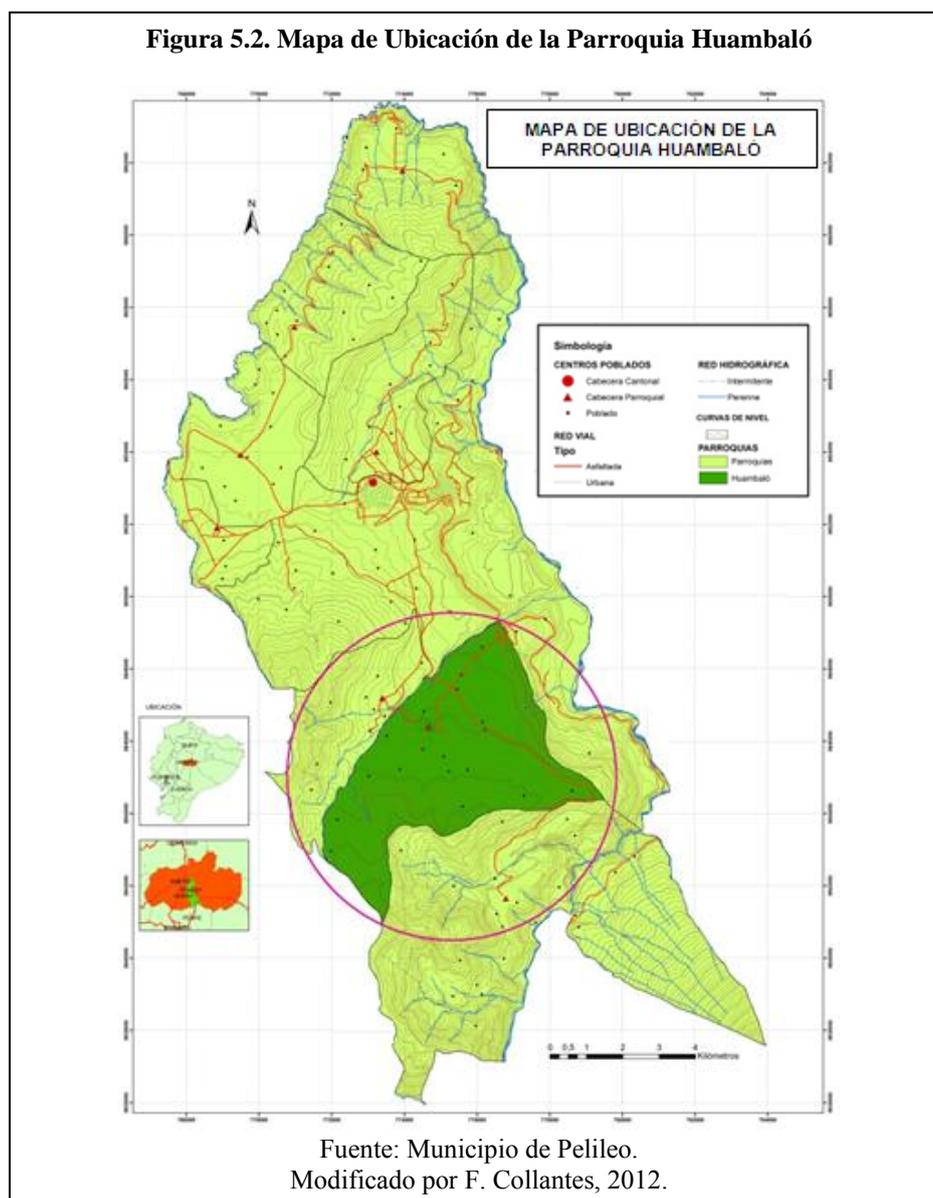
A continuación se presenta la información recopilada de la parroquia Huambaló sobre su ubicación, límites, superficie, división política administrativa, capacidad de uso del suelo, población y principales actividades económicas así como la distribución de la población en el territorio estudiado con el fin de aplicar de mejor manera los conceptos de amenaza y vulnerabilidad expuestos anteriormente.

5.1 DATOS GENERALES DE LA PARROQUIA HUAMBALÓ



5.1.1 Ubicación

Según la información obtenida del “Plan Estratégico de Desarrollo de la Parroquia Huambaló” (2009), Huambaló está ubicada al occidente del cantón San Pedro de Pelileo en la provincia de Tungurahua, al pie de las colinas de Mulmul, Quitasol, Tablón, Pusmasa y la Cruz, considerados ramales del Iguayata (ver Figura 5.2).

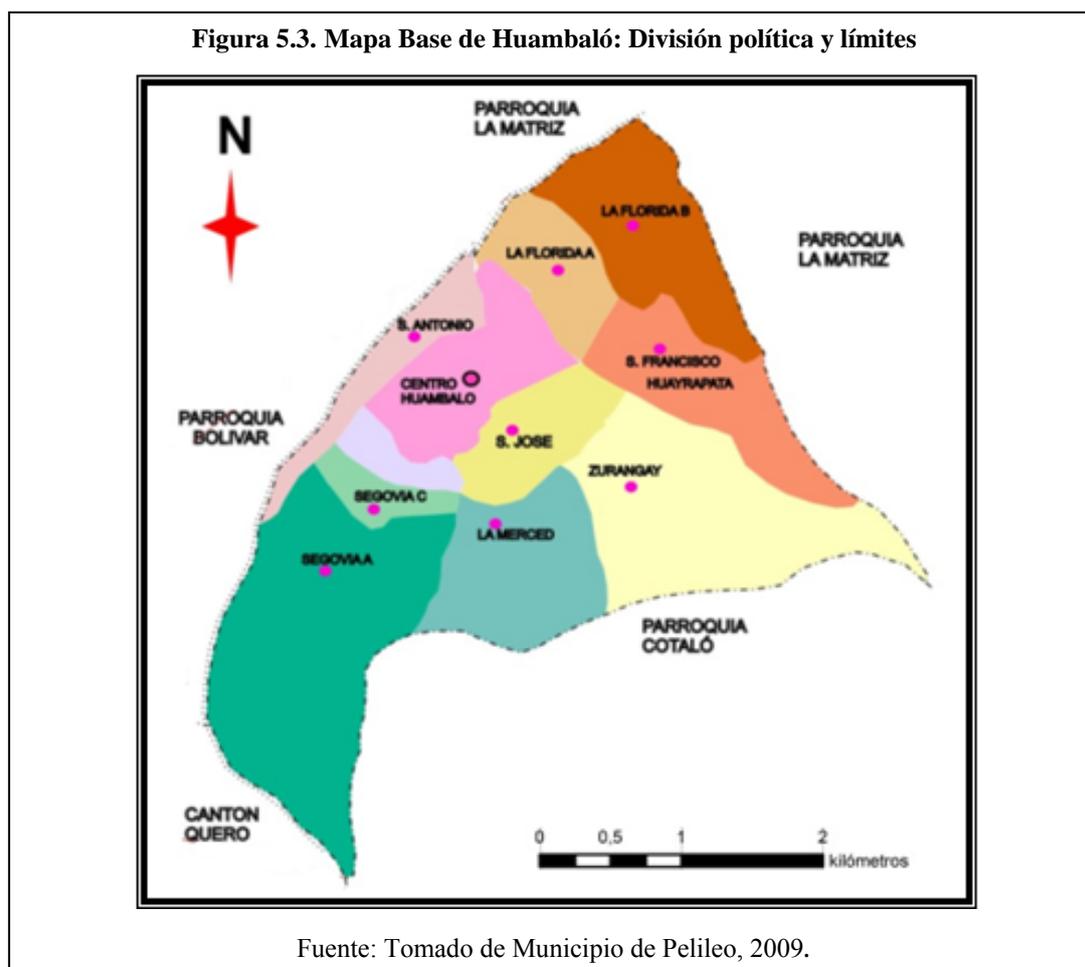


5.1.2 Límites y División Política

La Parroquia Huambaló limita al norte con la Parroquia La Matriz, al sur con la Parroquia Cotaló y el Cantón Quero, al este con la Parroquia La Matriz, y al oeste con la Parroquia Bolívar. Está situada a 9 km al sur de Pelileo, cuenta con una superficie de 27,4 km², se

encuentra ubicada a una altura de 2720 m.s.n.m. y cuenta con una población de 7862 habitantes según el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE, 2010).

Como se puede observar en la Figura 5.3, Huambaló está conformada por las comunidades Surangay, La Florida (Alta y Baja), San José, San Francisco de Huayrapata, Segovia (Centro y Alto), San Antonio, El Centro y La Merced.

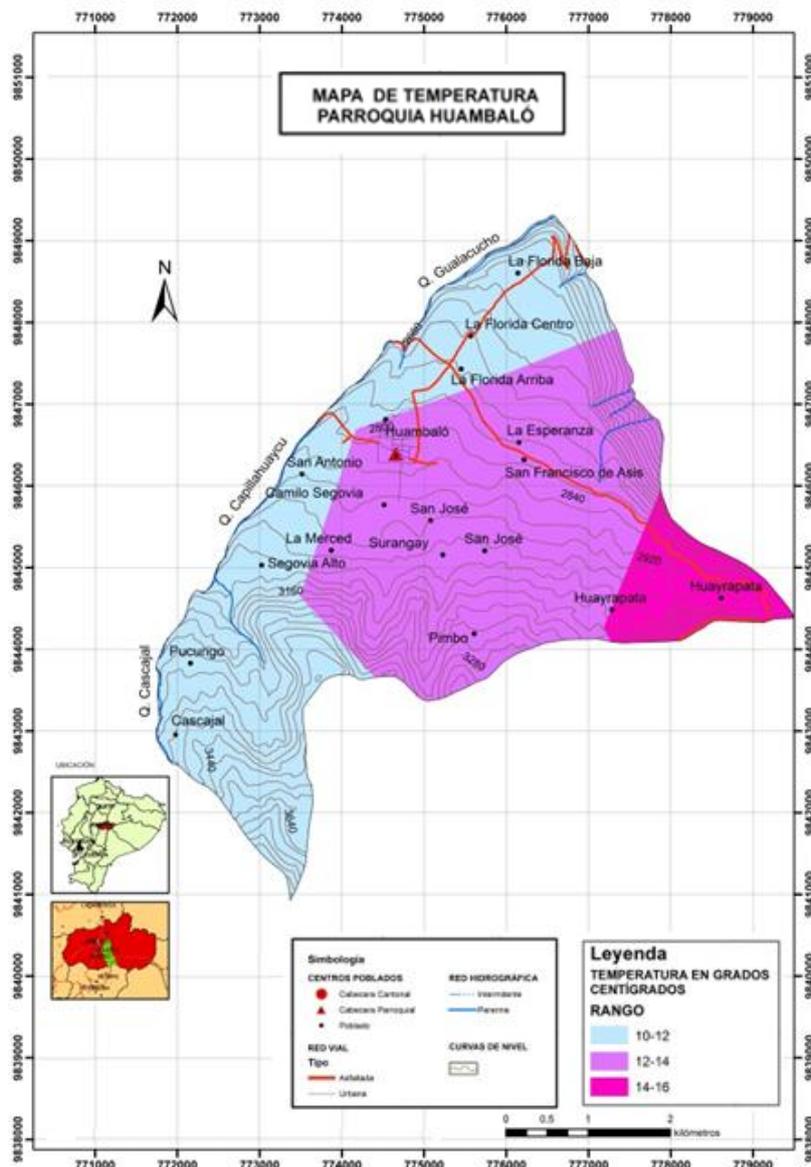


5.1.3 Temperatura

Según la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), en sus anuarios meteorológicos, Huambaló presenta tres rangos de temperatura: a) la primera, se ubica en la parte más baja de la parroquia (2760 msnm) al oriente de las comunidades Huayrapata y Surangay, y tiene un rango entre los 14 y 16°C; b) la segunda cubre la parte central de la parroquia en la que se localizan San José y Surangay, presentando un rango de 12 a 14°C; y c) Se localiza en la parte alta de la parroquia,

incluyendo Cascajal, Segovia Alto, y San Antonio, con un rango de temperatura entre los 10 y 12°C (ver Figura 5.4).

Figura 5.4 Mapa de Temperatura de la Parroquia Huambaló



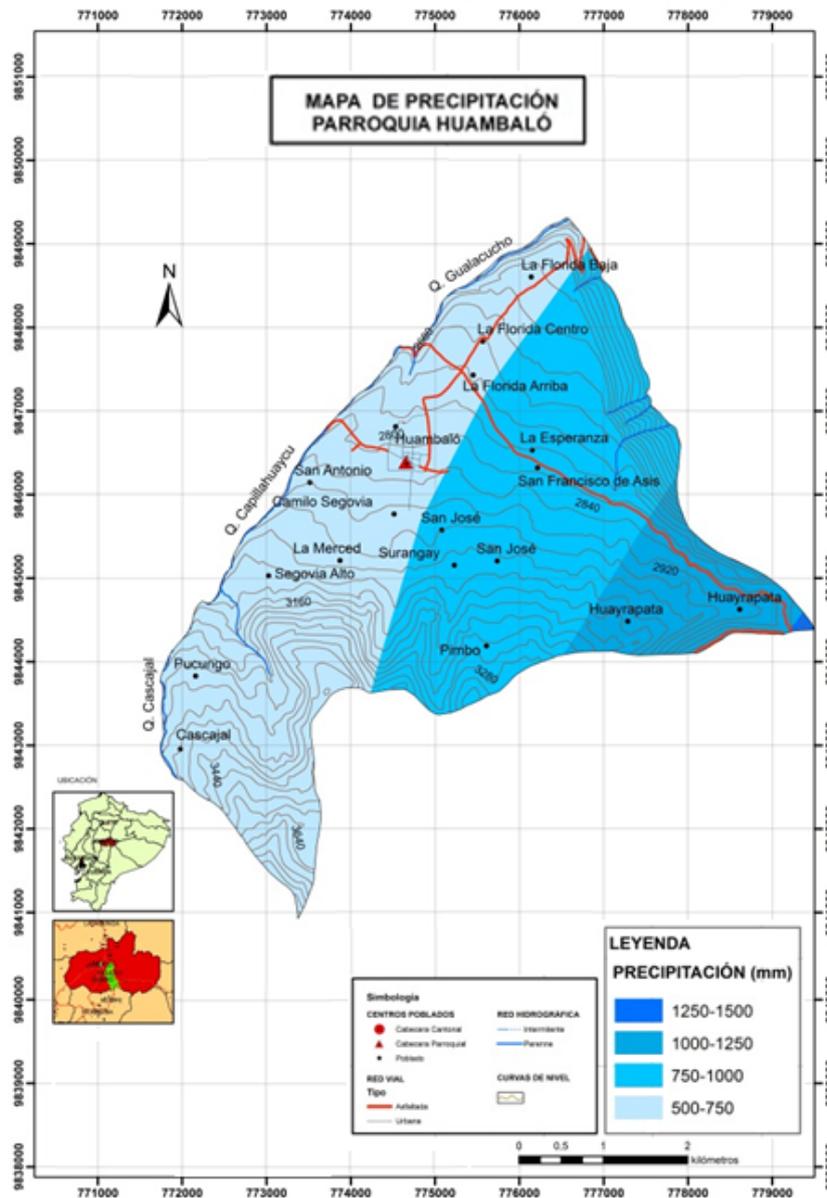
Fuente: Adaptado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2009).

5.1.4 Precipitación

Dentro de la parroquia Huambaló se pueden encontrar tres rangos de precipitación: a) el primero, en la parte baja de la parroquia al oriente de las comunidades Huayrapata y Zurangay, con un rango entre los 1000 y 1250 mm anuales; b) la segunda se extiende de norte a sur por la parte central de la parroquia, por los sectores de Pimbo, Surangay, San José, San Francisco de Huayrapata y La Esperanza hasta el límite con la Matriz, presenta

precipitaciones entre los 750 y 1000 mm anuales; finalmente c) la parte alta de la parroquia incluye los territorios de las comunidades Segovia, San Antonio, La Florida y la cabecera parroquial con precipitaciones entre los 500 y 750 mm anuales (ver Figura 5.5).

Figura 5.5 Precipitación de la Parroquia Huambaló



Fuente: Adaptado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2009).

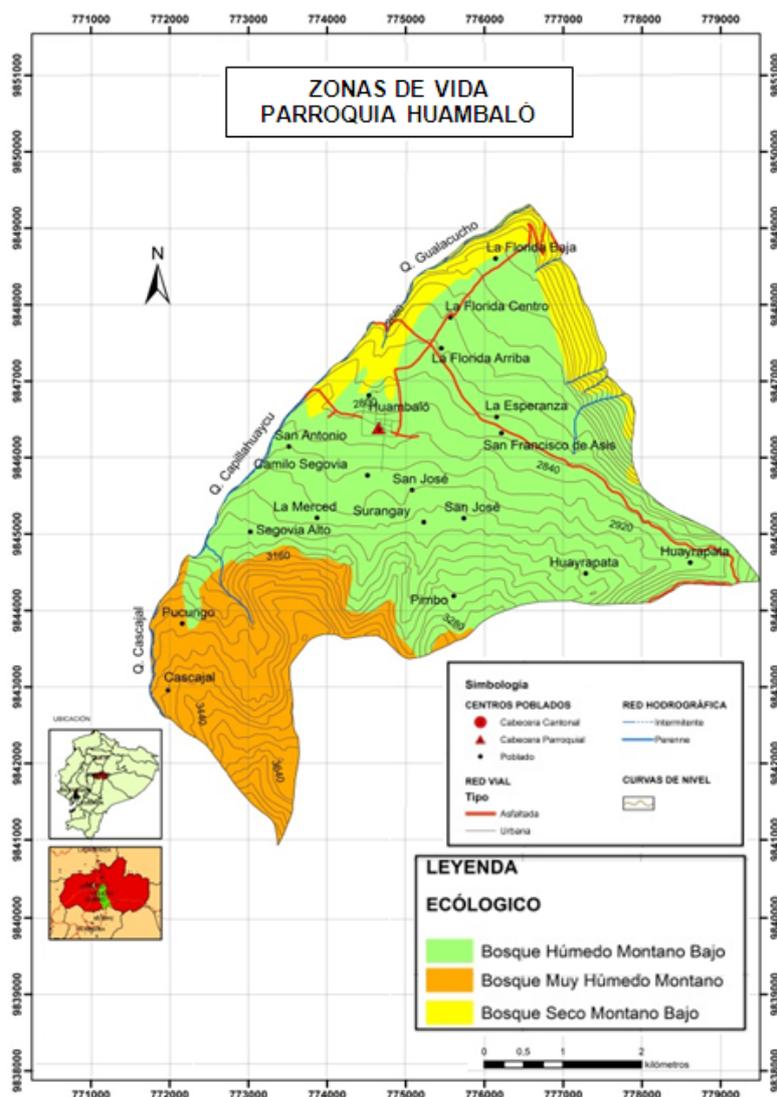
5.1.5 Zonas de Vida

En la actualidad, Huambaló cuenta con remanentes de vegetación nativa, mismas que son fuertemente presionadas por las actividades productivas que se presentan en la parroquia. Se puede evidenciar además que a nivel de la parroquia no existen superficies que integren el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ministerio del Ambiente.

Las zonas de vida de Huambaló (Figura 5.6), cuentan con las siguientes características (Cañadas, 1983):

- Bosque Húmedo Montano Bajo.- Se encuentra en las estribaciones externas e internas del Callejón Interandino entre los 2500 y 2900 msnm y se caracteriza por recibir precipitaciones entre los 1000 y 2000 mm.
- Bosque Muy Húmedo Montano.- Esta zona de vida, corresponde a los páramos bajos y muy húmedos que se encuentra entre los 3100 y 3600 msnm.
- Bosque Seco Montano Bajo.- Esta zona de vida corresponde a las llanuras y barrancos secos del Callejón Interandino entre la cota de los 2.000 y 3.000 msnm. Dentro de este piso altitudinal, limita con la estepa espinosa Montano Bajo y con el Bosque Húmedo Montano Bajo y registran precipitaciones entre los 500 y 1.000 mm.

Figura 5.6 Zonas de Vida de la Parroquia Huambaló

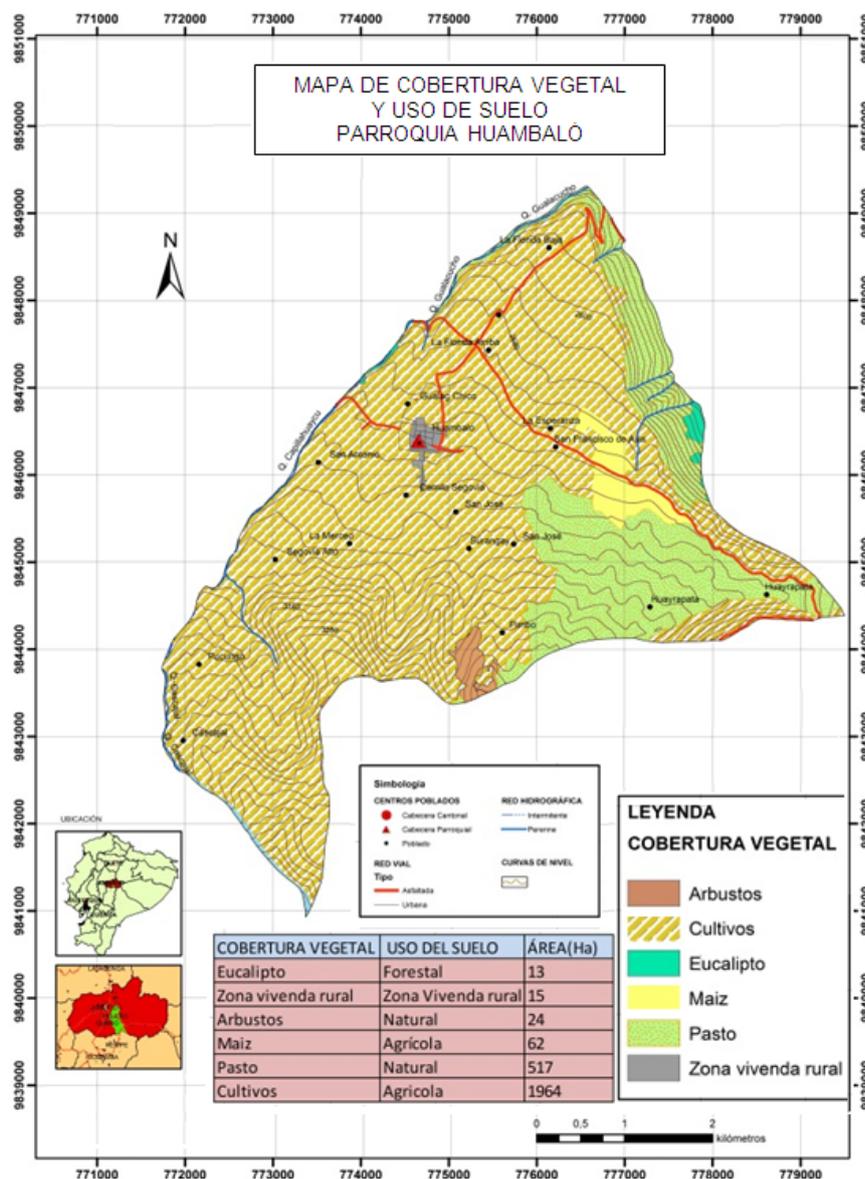


Fuente: Adaptado de Municipio de Pelileo, 2012.

5.1.6 Cobertura vegetal y Uso del suelo

Como se puede observar en la Figura 5.7, la mayor parte de la parroquia Huambaló orienta el uso de suelo a la producción agrícola, así como al sector agropecuario.

Figura 5.7 Cobertura vegetal y uso de suelo de la Parroquia Huambaló

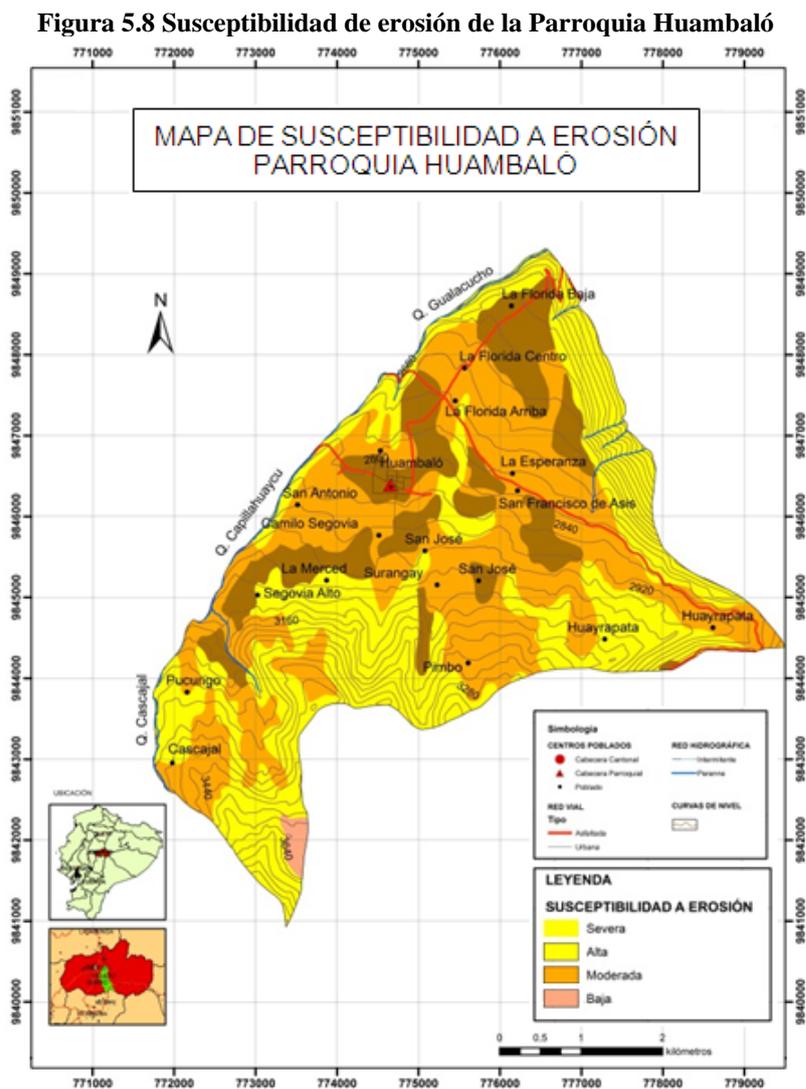


Fuente: Adaptado de Municipio de Pelileo, 2012.

5.1.7 Susceptibilidad de Erosión

Huambaló presenta diversa susceptibilidad a erosión a lo largo de su territorio, teniendo los siguientes niveles: a) Alta, ubicada en la zona de San Antonio, al occidente de la parroquia, y en el corredor que lo forman La Florida, La Esperanza y San Francisco de Huayrapata; b) Severa, que se localiza junto a la primera en las áreas con pendiente fuerte y

que en la actualidad son utilizadas para la producción agrícola, tanto en la primera como en la segunda además de la erosión hídrica y por movimientos en masa, se tiene fuertes vientos que actúan sobre terrenos con suelo desnudo, que se agudiza en las partes altas que presentan ampliación de la frontera agrícola; c) Moderada y Baja que se registran en las áreas con menor pendiente, en las zonas de valle donde se presentan menos vientos (Municipio de Pelileo, 2012).



5.1.8 Sistema Económico Productivo

El Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE, 2010) indica que en Huambaló trabajan 6320 personas adultas y niños a partir de los 12 años de edad, que representa el 80,76 % de la población total de la parroquia. La población Económicamente Activa comprende 3609 personas, que representa el 45,90 % de la población total (ver Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Población Total, Población en Edad de Trabajar, Población Económicamente Activa

	Población Total (PT)	Población en Edad de Trabajar (PET)	Población Económicamente Activa (PEA)
Número	7862	6320	3609
Porcentaje %	100,00	80,76	45,90

Fuente: Adaptado del Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE, 2010).

En la tabla 5.2, se puede observar que entre las actividades de mayor relevancia que se realizan en Huambaló está en primer lugar la agropecuaria con 1885 personas, que representan un 52,14% de la PEA con un total de 1149 hombres y 736 mujeres, seguida por la actividad industrial manufacturera con el 25,48% (principalmente la elaboración de muebles) siendo 615 hombres versus 306 mujeres; en tercer lugar se tiene al comercio por mayor y menor (asociado a las dos primeras actividades), representando el 5,23% (189 personas), en ésta actividad hay un equilibrio en cuanto a género.

Tabla 5.2 Rama de Actividades

Rama de actividad	Sexo		Total	Porcentaje %
	Hombre	Mujer		
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1149	736	1885	52,14
Industrias manufactureras	615	306	921	25,48
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	1	-	1	0,03
Construcción	52	1	53	1,47
Comercio al por mayor y menor	97	92	189	5,23
Transporte y almacenamiento	121	1	122	3,37
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	9	18	27	0,75
Información y comunicación	7	2	9	0,25
Actividades financieras y de seguros	5	4	9	0,25
Actividades profesionales, científicas y técnicas	8	9	17	0,47
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	4	1	5	0,14
Administración pública y defensa	21	7	28	0,77
Enseñanza	17	45	62	1,72
Actividades de la atención de la salud humana	2	25	27	0,75
Artes, entretenimiento y recreación	2	1	3	0,08
Otras actividades de servicios	19	15	34	0,94
Actividades de los hogares como empleadores	1	40	41	1,13
No declarado	51	118	169	4,67
Trabajador nuevo	8	5	13	0,36
Total	2189	1426	3615	100,00

Fuente: Adaptado de INEC, Censo 2010

5.1.8.1 Producción Agrícola

La cebolla blanca es un cultivo predominante de la localidad, a la que se destina en un 50% del área cultivable, convirtiéndose este producto en el más requerido a nivel provincial y nacional.

El cultivo de maíz es el segundo producto que se desarrolla en un 30% del área cultivada, las papas es el siguiente cultivo en importancia para el sustento de las familias de la parroquia, con un área cultivada del 10% del total de la zona.

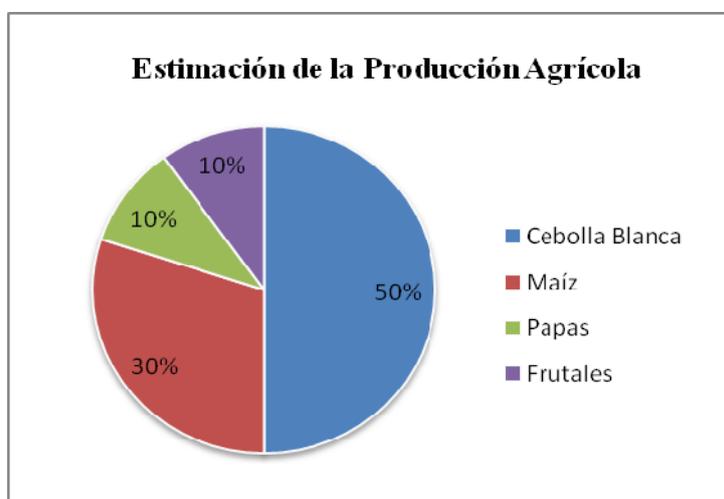
Figura 5.9 Cultivo de cebolla blanca y de maíz



Fuente: F. Collantes, 2011.

Las familias de la parroquia también se dedican a la producción frutícola que se desarrolla en un 10% del total del área cultivada (ver figura 5.10).

Figura 5.10 Estimación de la producción agrícola



Elaborado por F. Collantes, 2012.

5.1.8.2 Producción Pecuaria

Según la entrevista realizada al Presidente de la Junta Parroquial de Huambaló, Sr. Isaac Villegas, el 10 de diciembre de 2012, la mayor parte de las familias de la parroquia se dedican a la crianza de especies menores, estimando un total de producción de 60.000 animales cada seis meses; la producción de cuyes representa el 47% con un costo de producción de \$3.00 por unidad y \$7.00 por venta; los conejos representan el 24% con un costo de producción de \$6.00 y \$12.00 por venta; la población de ganado porcino representa el 3% con un costo de producción de \$120 y \$150 por venta; la población de ganado bovino representa el 2% del total de la producción animal con un costo de producción de \$400 y está listo para la venta en 2 años a \$650; los toros y las vacas tiene una inversión de \$1000 y se vende a \$1.600 dólares.

El Sr. Villegas informó además que, la crianza de aves (pollos) representa el 24% con un costo de producción de \$4.5 y \$5.50 por venta, teniendo en cuenta que toda la producción mencionada anteriormente se vende en los mercados de Ambato y Pelileo.

5.1.8.3 Producción Artesanal y Microempresas

En estos últimos años una de las actividades de gran importancia y que ha logrado un reconocimiento a nivel local y nacional es la elaboración de muebles, que por su calidad tiene una buena aceptación y demanda en el mercado.

Según el Presidente de la Junta Parroquial, Sr. Isaac Villegas, actualmente existen alrededor de 170 talleres que se dedican a la elaboración de muebles, los cuales son comercializados a nivel local y nacional, siendo muy pocas ocasiones en las que son exportados.

Figura 5.11 Ruta del Mueble de Huambaló



Fuente: F. Collantes, 2012.

Los habitantes también han emprendido otras alternativas productivas, estimándose la existencia de 30 granjas avícolas, 20 granjas de porcinos, y unas 15 pequeñas procesadoras de lácteos de tipo artesanal (Plan estratégico de desarrollo de la parroquia Huambaló 2009 - 2013).

Se ha motivado la implementación de una planta procesadora de cebolla blanca, ubicada en la comunidad de Segovia con una capacidad de producción de 50.000 paquetes al mes. Además de obtener cebolla en polvo, la planta también puede utilizarse para procesamiento de otros productos agrícolas (Plan estratégico de desarrollo de la parroquia Huambaló 2009 – 2013).

5.1.9 Sistema Social

Según la entrevista con el Sr. Villegas, en Huambaló habitan 2475 familias, distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 5.3. Número de familias por comunidades

CASERÍO	No. FAMILIAS
Surangay	300
La Florida	298
San José	201
San Francisco de Huayrapata	206
Segovia	395
San Antonio	247
El Centro	650
La Merced	178

Elaborado por F. Collantes, 2012

5.1.9.1 Demografía

Según el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE, 2010), la población total en la parroquia Huambaló es de 7862 habitantes (3883 hombres y 3979 mujeres), representando el 0,49 % a población indígena, 1,00 % a población blanca, 97,64 % a población mestiza, 0,36 % a población afroecuatoriana y 0,45 % a población montubia.

Como se puede observar en la Tabla 5.4, la población infantil de 0 a 9 años representa el 19,62% de la población de Huambaló, la población de 10 a 14 años representa el 9,55 %, el

grupo de 15 a 29 años (población joven) representa el 27,35 %. La población adulta entre 30 y 49 años de edad representa el 24,42 %; entre 50 y 64 años representa el 9,40 % y el grupo de 65 años de edad en adelante, que comprenden a los adultos mayores, representa el 9,68% de la población total (INEC, Censo 2010).

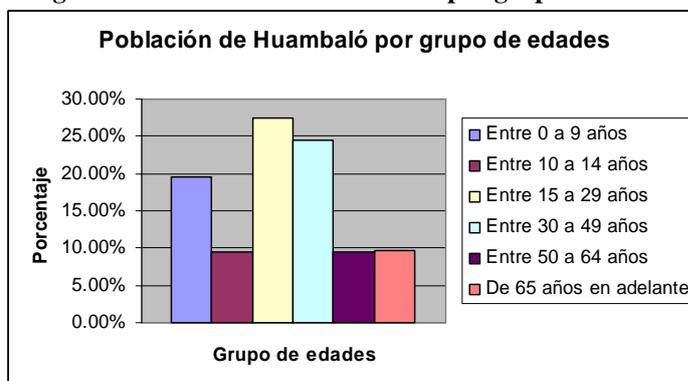
Tabla 5.4. Población por sexo y grupos de edad.

Grupos de edad	Sexo		Total	%
	Masculino	Femenino		
Menor de 1 año	75	75	150	1,91
De 1 a 4 años	343	304	647	8,23
De 5 a 9 años	373	372	745	9,48
De 10 a 14 años	387	364	751	9,55
De 15 a 19 años	423	387	810	10,30
De 20 a 24 años	340	361	701	8,92
De 25 a 29 años	312	327	639	8,13
De 30 a 34 años	267	294	561	7,14
De 35 a 39 años	251	262	513	6,53
De 40 a 44 años	225	223	448	5,70
De 45 a 49 años	189	208	397	5,05
De 50 a 54 años	117	149	266	3,38
De 55 a 59 años	129	120	249	3,17
De 60 a 64 años	95	129	224	2,85
De 65 a 69 años	87	107	194	2,47
De 70 a 74 años	101	92	193	2,45
De 75 a 79 años	67	80	147	1,87
De 80 a 84 años	59	63	122	1,55
De 85 a 89 años	30	40	70	0,89
De 90 a 94 años	12	16	28	0,36
De 95 a 99 años	1	6	7	0,09
Total	3883	3979	7862	100,00

Fuente: Adaptado de INEC, Censo 2010

En la Figura 5.12 se puede apreciar de mejor manera la información antes mencionada.

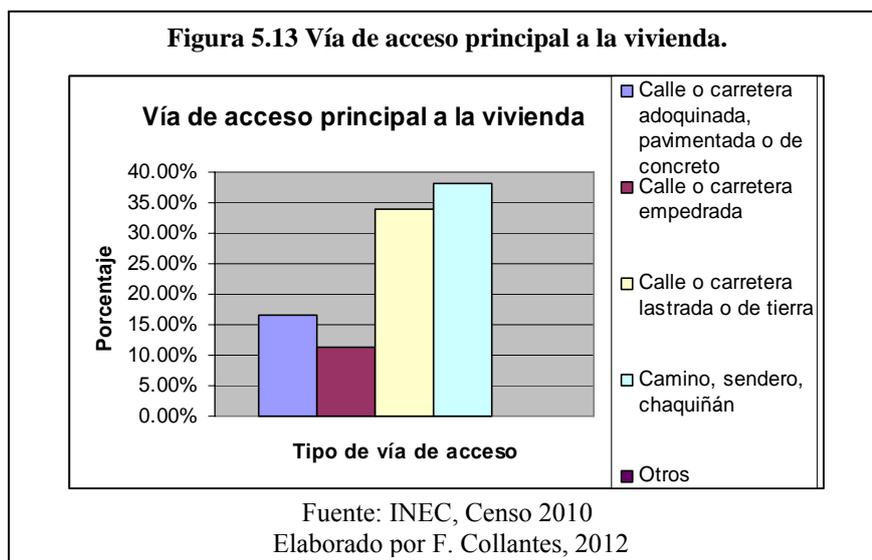
Figura 5.12 Población de Huambaló por grupo de edades



Fuente: INEC, Censo 2010
Elaborado por F. Collantes, 2012.

5.1.9.2 Vivienda

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (Censo de población y vivienda 2010), las vías de acceso principal a las viviendas son: 16,66 % calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto; 11,23 % calle o carretera empedrada; 33,98 % calle o carretera lastrada o de tierra; 38,09 % camino, sendero, chaquiñán y 0,03 % otros.



El 88,36 % de la población cuenta con vivienda propia; el 9,81 % de la población vive en hogares hacinados, el 41,60 % de viviendas cuenta con acceso a agua por red pública; el 30,46 % de viviendas cuenta con acceso a red de alcantarillado y el 15,03 % con acceso a servicio telefónico convencional (SIISE, 2010).

De acuerdo a los datos del INEC (Censo de Población y Vivienda, 2010), en Huambaló se registran 2893 viviendas de las que el 90,08% (2606) corresponde a casas o villas; 7,95% corresponden a mediaguas (230). Adicionalmente existen 18 covachas, 15 chozas y 8 departamentos (ver Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Tipo de vivienda.

Tipo de la vivienda	Casos	%
Casa/Villa	2606	90,08
Departamento en casa o edificio	8	0,28
Cuarto(s) en casa de inquilinato	2	0,07
Mediagua	230	7,95
Rancho	9	0,31
Covacha	18	0,62
Choza	15	0,52
Otra vivienda particular	5	0,17
Total	2893	100,00

Fuente: Adaptado de INEC, Censo 2010.

Por otra parte, 1824 viviendas tienen conexión a la red pública, lo que corresponde a un 83,94%, mientras que 242 viviendas (11,14%) reciben agua de ríos, vertientes, acequias o canales; 96 viviendas (4,42%) toman el agua de la lluvia y 11 viviendas de pozos (INEC, Censo 2010).

Tabla 5.6. Procedencia del agua recibida

Procedencia principal del agua recibida	Casos	%
De red pública	1824	83,94
De pozo	11	0,51
De río, vertiente, acequia o canal	242	11,14
Otro (Agua lluvia/albarrada)	96	4,42
Total	2173	100,00

Fuente: Adaptado de INEC, Censo 2010.

En cuanto a la eliminación de aguas negras, se tiene que el 30,46% de las viviendas cuenta con conexión a la red de alcantarillado, que denota un fuerte déficit de acceso a este servicio; el 23,65% tienen pozos sépticos; el 36,63% cuentan con pozos ciegos; el 3,96% a letrinas, y el 5,29% no cuenta con servicio higiénico (INEC, Censo 2010).

Tabla 5.7 Eliminación de aguas negras

Tipo de servicio higiénico o escusado	Casos	%
Conectado a red pública de alcantarillado	662	30,46
Conectado a pozo séptico	514	23,65
Conectado a pozo ciego	796	36,63
Letrina	86	3,96
No tiene	115	5,29
Total	2173	100,00

Fuente: Adaptado de INEC, Censo 2010.

5.1.9.3 Actores Sociales

En la parroquia existen diferentes organizaciones locales que contribuyen a la organización y gestión del desarrollo, estas son: Junta Parroquial, Tenencia Política, Registro Civil, Junta de Defensa del Campesinado, Junta de Agua Potable, Juntas de Agua de Riego, Fundación de Reinas de Huambaló, Cooperativa de Transportes Huambaló, Cooperativa de Transportes 21 de Febrero, Colegio Huambaló, Escuelas, Fundación San José, Banco Comunal, Comités barriales, Cabildos de Comunidades, Liga Deportiva Parroquial, Asociación Productores de Cebolla Blanca, Asociación de Artesanos de Muebles, Asociaciones de Productos Alternativos, Junta Parroquial de Cruz Roja, Oficinas de instituciones Financieras como Cooperativa San Francisco, América y Surangay.

Entre las instituciones y organizaciones externas que apoyan el progreso de la parroquia se tiene el Municipio de Pelileo, Consejo Provincial de Tungurahua, Ministerio de Inclusión Económica y Social, Ministerio de Educación y el programa Manuela Espejo.

5.1.9.4 Educación

Según el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE, 2010), el índice de analfabetismo es de 6,76 % del total de la población, siendo un índice bajo con relación a las demás parroquias del Cantón. El 30,60 % de la población cuenta con educación básica completa y el 20,20 % cuenta con educación secundaria completa.

Como se puede observar en la Tabla 5.8, en Huambaló existen 8 establecimientos educativos fiscales, que presentan una oferta educativa desde el nivel inicial, educación básica y bachillerato. Cuentan con un total de 1445 estudiantes y 96 docentes, con un promedio de 15,05 estudiantes por profesor, siendo un número académicamente adecuado para la enseñanza.

Tabla 5.8. Estudiantes y Oferta Educativa en la Parroquia Huambaló

Plantel	Oferta Educativa	Ed. Inicial	Jardín	Escuela	Ciclo Básico	Bachillerato	Total Estudiantes	Total Docentes	Estudiante/docentes	Ubicación
12 DE OCTUBRE	Educación Básica			160			160	12	13,33	BARRIO CENTRO
4 DE FEBRERO	Inicial y Educación Básica	29	13	110			152	10	15,20	TRAS LA JUNTA DE AGUA, CASERIO
CAMILO SEGOVIA	Educación Básica		20	138			158	11	14,36	SEGOVIA
HUAMBALO	Educación Básica y Bachillerato				222	155	377	22	17,14	CALLE JUAN MONTALVO Y VEINTE Y CUATRO DE MAYO JUNTO AL ESTADIO
MARIANITA DE JESUS	Inicial y Educación Básica	15	21	98			134	13	10,31	VIA CHAMBAG
PRIMERA IMPRENTA	Inicial y Educación Básica	22	21	115			158	11	14,36	SAN FRANCISCO DE HUAYRAPATA
RAYITOS DE LUZ	Inicial y Educación Básica	58	52				110	5	22,00	CENTRO
SIMON BOLIVAR	Educación Básica			196			196	12	16,33	CENTRO
TOTAL		124	127	817	222	155	1445	96	15,05	

Fuente: Información proporcionada por el Municipio de Pelileo, 2012.

En Huambaló se tiene un total de 124 alumnos en educación inicial, 127 en jardín, 817 en escuela (hasta 7mo de educación básica); 222 en ciclo básico (10mo de educación básica) y 155 estudiantes en bachillerato.

5.1.9.5 Salud y Nutrición

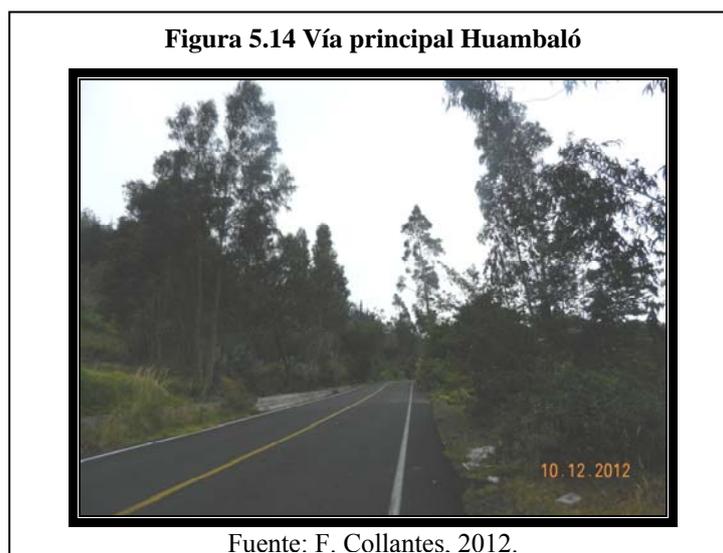
En la parroquia Huambaló existe un Subcentro de Salud que se encuentra ubicado en el centro de la misma, que viene funcionando desde el año 1975 y dispone de servicios de agua entubada, alcantarillado y energía eléctrica.

Cuenta con un área construida de 219 m², dispone de 5 salas y dos camas que se destinan para la atención médica. La tasa de natalidad es del 19,41 %, con una tasa global de fecundidad de 2,30 %. El 6,57 % de la población presenta alguna discapacidad (SIISE, 2010).

5.1.10 Sistema de energía, movilidad y conectividad

5.1.10.1 Vialidad y transporte

La parroquia cuenta con una vía principal asfaltada (ver Figura 5.14), la misma que comunica con la cabecera cantonal de Pelileo, la parroquia Bolívar y Cotaló. Actualmente, cuenta con varias calles del centro de la parroquia asfaltadas, al igual que la vía que comunica Huambaló - La Florida – Chambag – Baños.



Cuenta también con vías secundarias que permiten el acceso a las diferentes comunidades y barrios, en su mayoría estas vías son de tierra (Ver Figura 5.15) y necesitan mejoramiento,

para garantizar una mejor comunicación y transporte de productos hacia los mercados, así como la comunicación entre los pobladores.

Figura 5.15 Vía secundaria Huambaló



Fuente: F. Collantes, 2012.

En la parroquia existe el servicio de transporte de buses a través de la cooperativa Huambaló, con turnos diarios de Huambaló a Pelileo a partir de las 05:00 a 20:00. Además, existen cooperativas de camionetas que realizan fletes de Huambaló a Pelileo. En la Figura 5.16, se puede observar el sistema vial de Huambaló.

Figura 5.16 Croquis vial de Huambaló



Fuente: Adaptado de Municipio de Pelileo, 2009.

5.1.10.2 Energía y Comunicación

Según los datos del INEC, Censo 2010, el 99% de las viviendas de Huambaló cuenta con servicio eléctrico y el 50% accede a servicio telefónico.

En cuanto al acceso a internet, se puede observar que en la parroquia Huambaló el 2,36% (52) de los hogares cuenta con este servicio (ver Tabla 5.9), por lo que se puede deducir que es un limitante para la competitividad de la parroquia.

Tabla 5.9. Disponibilidad de Internet en Huambaló

Nombre de la Parroquia	Disponibilidad de internet			%
	Si	No	Total	
PELILEO	396	6052	6448	6,14
BENITEZ (PACHANLICA)	19	596	615	3,09
BOLIVAR	11	719	730	1,51
COTALO	13	560	573	2,27
CHIQUICHA	8	616	624	1,28
EL ROSARIO (RUMICHACA)	10	641	651	1,54
GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	63	1603	1666	3,78
HUAMBALO	52	2149	2201	2,36
SALASACA	27	1546	1573	1,72

Fuente: Adaptado de INEC, Censo 2010

5.1.10.3 Agroecología y Riego

El agua que abastece a la parroquia proviene de la vertiente La Moya (ver Figura 5.17), ubicada en el Caserío La Merced, rodeado de zonas de bosque y tierras comunales.



En la parte media de la parroquia se encuentran ubicadas la mayor parte de las comunidades, incluyendo la cabecera parroquial. La parte baja comprende algunas áreas de quebradas y pendientes, sin embargo se puede observar viviendas y actividades agropecuarias.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 DIAGNÓSTICO DE LA PARROQUIA HUAMBALÓ

Durante el análisis y revisión de la información SIG proporcionada por el Municipio de Pelileo, se pudo determinar que no se cuenta con mapas de la parroquia Huambaló que contengan información específica de la misma. Debido a ello, se procedió a elaborar los distintos mapas de la parroquia para describir de la mejor manera posible a la zona de estudio a partir de la información digital y física existente a nivel Cantonal (Pelileo) y Provincial (Tungurahua).

Para la determinación del riesgo de Huambaló frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua, se partió de la información contenida en el Mapa de Peligros Volcánicos del Volcán Tungurahua elaborado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2008), así como de la información histórica existente sobre el comportamiento de dicho volcán y los resultados obtenidos de la evaluación de las vulnerabilidades y capacidades de la parroquia Huambaló descritos en este capítulo.

6.1.1 El Escenario de Riesgo en la Parroquia Huambaló

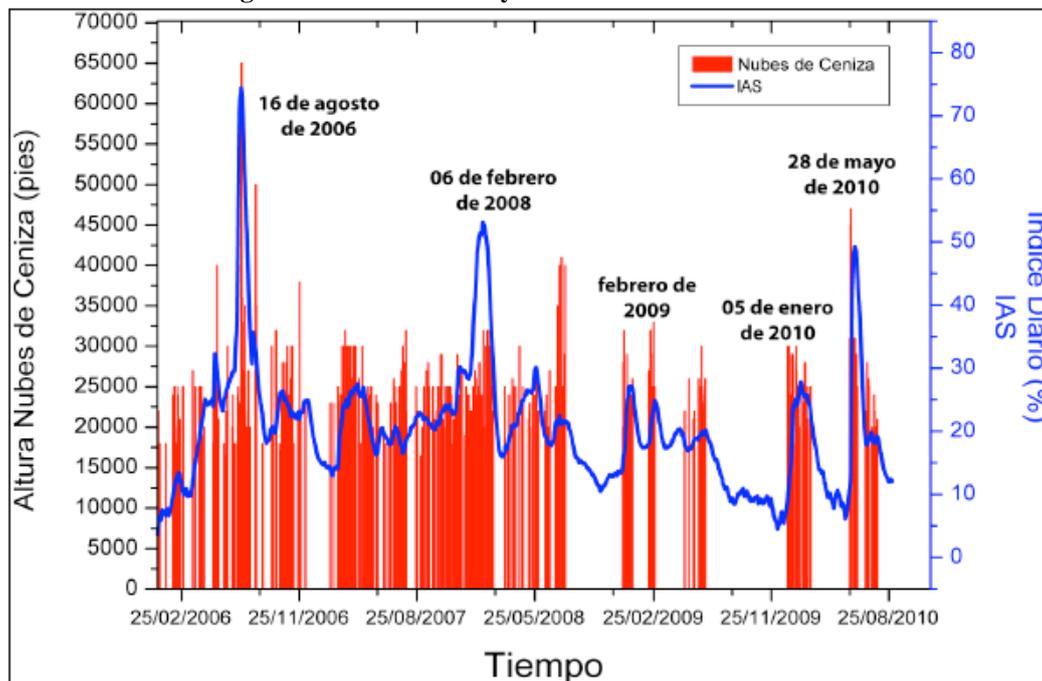
En el Anexo 6, se presenta un mapa con las zonas cercanas al volcán Tungurahua que tienen mayores probabilidades de ser afectadas en el caso de que ocurra una erupción explosiva importante ($VEI: \geq 3$). En el caso de Huambaló, se puede observar que podría ser afectado por la caída de piroclastos, avalanchas de escombros y caída de ceniza con un espesor mayor a 25 cm (Le Pennec et al., 2005).

Hay que tener en cuenta que la caída de ceniza está dada en función de la dirección de los vientos en determinadas épocas. Como ejemplo, en el año 2004 se observó que el 71% de las nubes de ceniza alcanzaron entre 5 y 8 km de altura y su distribución fue más amplia con respecto a aquellas nubes que alcanzaron mayor altura (>9 km). Las nubes de menor altura fueron transportadas por el viento predominantemente hacia el sur-occidente del volcán y sus velocidades oscilaron entre 5 y 20 nudos (Le Pennec et al., 2005).

También se nota que cuando las corrientes de aire tuvieron velocidades de 20 nudos, las nubes de gases y ceniza tomaron otros rumbos como al occidente, sur-occidente y nor-occidente, mientras que aquellas con menores velocidades (5-10 nudos) presentaron rumbos principalmente hacia el norte y nor-occidente del volcán (Le Penneec et al., 2005).

En relación a la dispersión de la ceniza del volcán Tungurahua entre los periodos de alta actividad volcánica desde el 27 de marzo de 2007 hasta el 28 de mayo de 2010, Bustillos (2010) determinó que los periodos de actividad sísmica importante han tenido una relación directa con la generación de columnas de emisión, cuyas alturas han variado desde 16.500 pies (5 km) a 47.000 pies (14 km) sobre el nivel del mar (Figura No. 6.1). Producto de las explosiones y emisiones en estos periodos explosivos, las nubes de ceniza se han generado por columnas eruptivas con contenido variable de ceniza y su distribución ha sido principalmente hacia el occidente; sin embargo, y dependiendo del régimen local de los vientos en la zona del volcán, la ceniza se ha dispersado en todas direcciones.

Figura No. 6.1 Correlación de la altura de las nubes de ceniza en el volcán Tungurahua desde el 2004 y el Índice de Actividad Sísmica.



Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.

En el Anexo No. 7, se puede observar la dispersión de las nubes de ceniza del volcán Tungurahua desde el año 2007 al 2010, las cuales se dirigen en su mayoría hacia el noroccidente.

La intensidad de la amenaza volcánica para los sectores afectados por el volcán Tungurahua está dada por el Mapa de Peligros del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, en este mapa se establecen 4 niveles o grados de afectación (ver Tabla 6.1):

Tabla 6.1. Descripción de la amenaza del volcán Tungurahua

DESCRIPCIÓN DE LA AMENAZA VOLCÁNICA	NIVEL DE PELIGRO / AMENAZA
Zona de caída de ceniza y piroclastos.	Zona de afectación (bajo peligro)
Alta posibilidad de ser afectada por flujos piroclásticos, flujos de lava y/o lahares en caso de que ocurra una erupción pequeña a moderada (VEI: 2-3). La recurrencia de este tipo de erupción es del orden de un evento cada siglo.	Zona de peligro / amenaza intermedia
Puede ser afectada por flujos piroclásticos, flujos de lava y/o lahares y corresponde a la zona de transición entre el escenario precedente (VEI: 2-3) y el escenario posterior (VEI: ≥ 4).	Zona de alto peligro / amenaza
Puede ser afectada por flujos piroclásticos, flujos de lava y/o lahares en caso de que ocurra una erupción grande (VEI: ≥ 4). La recurrencia de este tipo de erupción es del orden de un evento cada mil años.	Zona de máximo peligro/amenaza

Fuente: Adaptado de Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2008.

Para establecer el nivel de riesgo de la parroquia Huambaló, se ha procedido a asignar el siguiente puntaje según el nivel de peligro/amenaza establecida por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, agregándose la categoría de zona de afectación también contemplada en el mapa como zona que recibe ceniza y piroclastos:

Tabla 6.2. Grado de amenaza para la construcción del escenario de riesgos

NIVEL DE PELIGRO / AMENAZA	GRADO DE AMENAZA ASIGNADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGOS
Zona de máximo peligro	4
Zona de alto peligro	3
Zona de peligro intermedio	2
Zona de afectación (bajo peligro)	1

Fuente: Tomado de Segura, 2009.

6.1.2 Evaluación de las Vulnerabilidades y Capacidades de la Parroquia Huambaló

6.1.2.1 Vulnerabilidades

Con el fin de obtener una visión general de las vulnerabilidades de Huambaló, a continuación se detalla la problemática de los diferentes sistemas de la parroquia, situación que fue analizada en función de la entrevista realizada el 10 de diciembre de 2012 al Presidente de la Junta Parroquial de Huambaló, Sr. Isaac Villegas:

➤ Sistema físico ambiental

- Disminución de la capacidad productiva de las tierras.
- Mal manejo de insumos agrícolas.
- Poca productividad agrícola.
- Insuficiente agua de riego.
- Uso excesivo de productos químicos que afectan al suelo y al ambiente.
- Existen actividades agropecuarias que se realizan en zonas con pendientes fuertes, siendo susceptibles a la erosión.
- No existe un control sobre la deforestación de los bosques nativos.

➤ Sistema Económico

- Poco apoyo financiero (créditos) para la agricultura y micro empresas.
- Falta diversificación de los productos agrícolas (mono cultivos).
- Existen créditos del BNF pero los trámites son largos y la gente pierde interés.
- Falta control de calidad de productos elaborados.
- Falta capacitación en el área agrícola y artesanal para obtener productos de mejor calidad

➤ Sistema Social

- Existe egoísmo en la parroquia, lo cual dificulta la participación comunitaria.
- Existe desnutrición infantil (especialmente en la Florida Baja).
- No existe un reglamento para el aprovechamiento equitativo del agua de riego.

- No tienen personal de planta en el sub-centro de salud que brinde atención permanente.
- Falta coordinación entre organizaciones parroquiales para gestionar proyectos en común.
- Falta una legislación parroquial que garantice un desarrollo ordenado y planificado.
- Inexistencia de un plan de contingencia ante eventos naturales.

➤ **Sistema de Asentamientos Humanos**

- No existe agua potable, solo entubada.
- Existe un fuerte crecimiento disperso de la población, lo que dificulta la dotación de todos los servicios.
- Falta infraestructura básica que brinde una mejor calidad de vida, así como espacios verdes y de recreación.
- Falta de dotación de servicios básicos a toda la Parroquia.

➤ **Sistema de Movilidad, Energía y Conectividad**

- El acceso a las comunidades más alejadas se dificulta, pues las vías de segundo orden están en mal estado.
- Falta control en los servicios de transporte, lo que produce abuso en el cobro de fletes.
- Hay un déficit del 50% en la cobertura de líneas de telefonía fija.
- El acceso a la cobertura de internet llega apenas a un 2,36% de la parroquia, limitando la comunicación.

Adicionalmente, se puede mencionar que los cultivos y pastizales de la parroquia se encuentran descubiertos, afectando al ganado y a la cosecha en general cuando se presenta la caída de ceniza, sin dejar de mencionar a las enfermedades respiratorias y gastrointestinales que afectan a la población, en especial a las personas de la tercera edad y niños.

Las estructuras de algunas viviendas cuentan con techos compuestos por materiales frágiles como asbesto, teja o zinc (ver Figura 6.2) y los transformadores de energía eléctrica no cuentan con un mantenimiento adecuado.

Figura 6.2 Vivienda con techo de teja

Fuente: F. Collantes, 2012

6.1.2.2 Capacidades

Dentro de las capacidades de Huambaló, se pueden mencionar las siguientes:

- La actividad agrícola es la principal fuente de ingreso y subsistencia de las familias.
- En la actualidad se están creando nuevas alternativas productivas, como las microempresas alimenticias, avícolas y lácteos.
- Las vías de comunicación facilitan el transporte y el comercio parroquial y cantonal.
- La presencia de establecimientos educativos ayuda a la preparación de la población.
- La existencia de infraestructura de salud facilita la atención médica.
- Se cuenta con profesionales en distintas áreas con capacidad para diseñar y ejecutar propuestas y proyectos.

Segura (2009) menciona que el grado de vulnerabilidad de una zona está dado de la siguiente manera:

Tabla 6.3. Grado de Vulnerabilidad

Bajo	1
Medio	2
Alto	3
Máximo	4

Fuente: Tomado de Segura, 2009.

Al combinar los factores de vulnerabilidad y amenaza, se obtiene por resultado el grado de riesgo de la zona, representado por la fórmula: $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ (Cardona, 1991):

Tabla 6.4. Factores del Escenario del Riesgo

Grado de Vulnerabilidad		Grado de Amenaza Volcánica			
		Bajo	Intermedio	Alto	Máximo
		1	2	3	4
Bajo	1	1	2	3	4
Medio	2	2	4	6	8
Alto	3	3	6	9	12
Máximo	4	4	8	12	16

Fuente: Tomado de Segura, 2009.

Al combinarse el grado de vulnerabilidad y el grado de la amenaza volcánica, el riesgo se medirá según el siguiente puntaje (Segura, 2009):

Tabla 6.5. Niveles de riesgo

PUNTAJE	NIVELES DE RIESGO
1 a 4	Bajo
5 a 8	Medio
9 a 12	Alto
13 a 16	Máximo

Fuente: Tomado de Segura, 2009.

6.1.3 Análisis de Riesgo, Amenaza y Vulnerabilidades de Huambaló frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua

En base a las conversaciones mantenidas con el Presidente de la Junta Parroquial de Huambaló sobre el grado de afectación de la población durante el proceso eruptivo del volcán Tungurahua en los últimos años, información socio-económica obtenida de la parroquia Huambaló, la evaluación de sus vulnerabilidades y capacidades, así como el mapa de peligros potenciales del volcán Tungurahua del IG-EPN 2008, se procedió a asignar los valores de

vulnerabilidad y amenaza, tomando en cuenta los campos de salud, agricultura, ganadería, vivienda, comunicaciones, energía eléctrica, vías, alcantarillado y tomas de agua.

ELEMENTO	GRADO DE VULNERABILIDAD	GRADO DE AMENAZA	GRADO DE RIESGO
Salud	3	2	6
Agricultura	4	2	8
Ganadería	4	2	8
Viviendas	3	2	6
Comunicaciones	2	2	4
Energía eléctrica	2	2	4
Vías	2	2	4
Alcantarillado	2	2	4
Tomas de agua	2	2	4
Promedio de Riesgo:			5,3

Elaborado por F. Collantes, 2012.

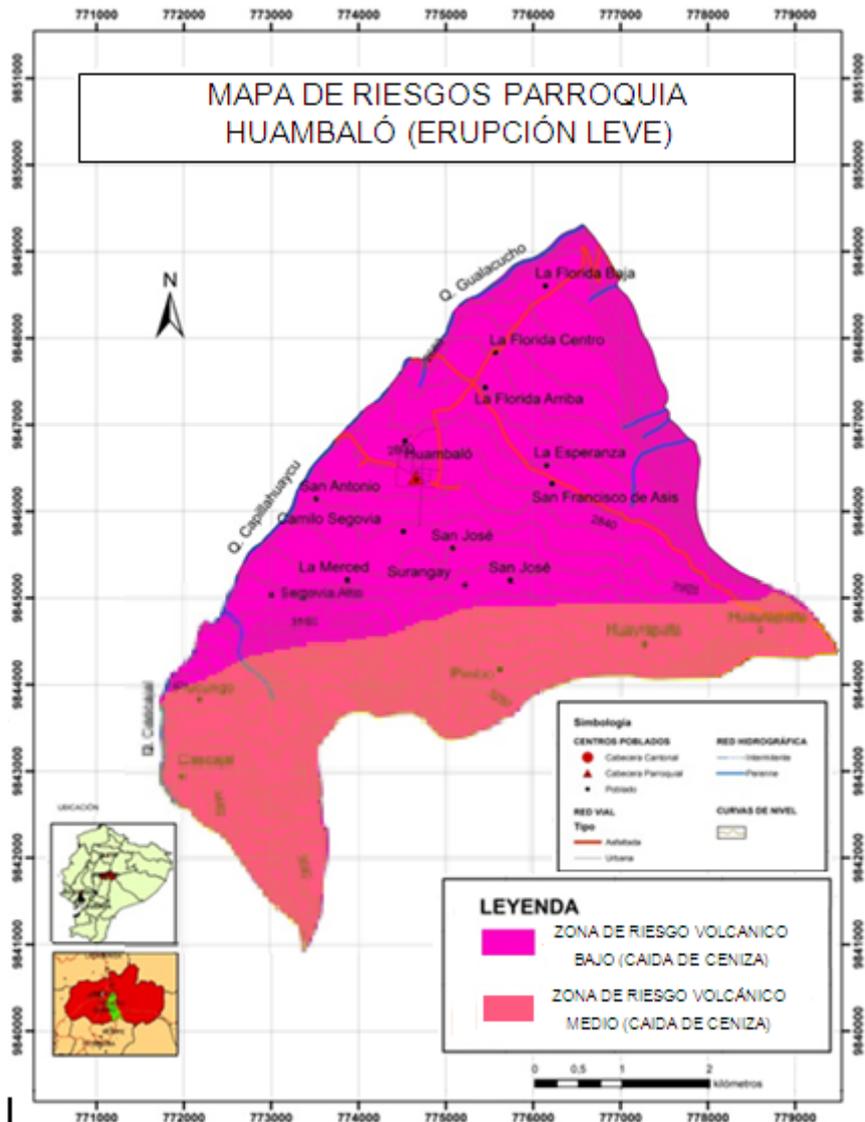
Según el promedio de riesgo obtenido (5,3 puntos) en la Tabla 6.6, se puede determinar que la parroquia Huambaló tiene un escenario de riesgo medio frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua, toda vez que puede ser afectada por la caída de ceniza y flujos piroclásticos.

6.1.4 Mapa de Riesgo Volcánico de la Parroquia Huambaló

Una vez realizada la evaluación de las vulnerabilidades, capacidades y amenazas de la parroquia Huambaló, a continuación se plantean dos escenarios de riesgo volcánico, uno relacionado con una erupción leve o menor y otro relacionado con una erupción significativa o mayor.

En la Figura 6.3, se puede visualizar que la zona más alta de la parroquia Huambaló, en el caso de una erupción leve o menor del volcán Tungurahua, puede verse afectada principalmente por la caída de ceniza, generando un gran impacto en la salud de sus habitantes, con casos de enfermedades oculares y respiratorias, sobre todo en los sectores más vulnerables de la población como niños y ancianos.

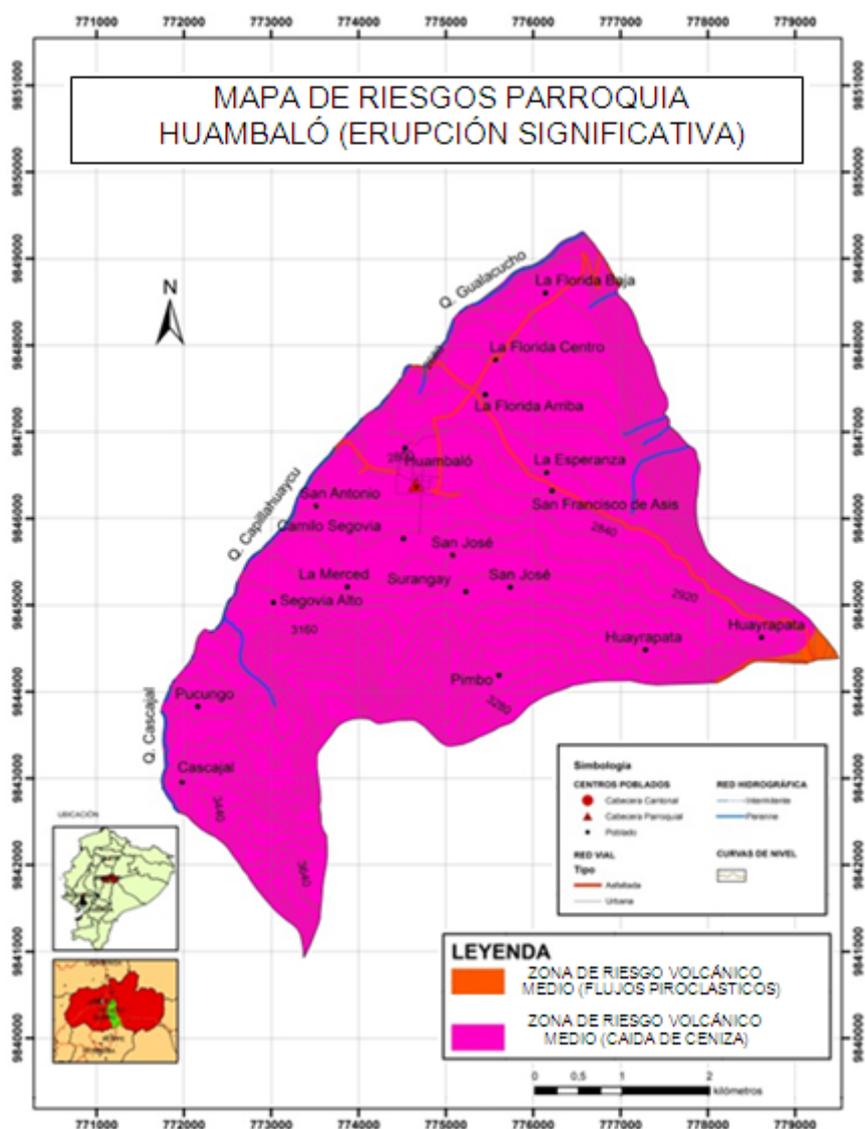
Figura 6.3 Mapa de Riesgos de la Parroquia Huambaló (erupción leve)



Fuente: Adaptado de Municipio de Pelileo, 2012.

Por otra parte, en la Figura 6.4 se puede visualizar que la parroquia Huambaló, frente a una erupción significativa o mayor del volcán Tungurahua, puede verse afectada en su totalidad con la caída de ceniza, y la zona alta (Caserío Huayrapata) puede verse afectada por la caída de flujos piroclásticos.

Figura 6.4 Mapa de Riesgos de la Parroquia Huambaló (erupción significativa)



Fuente: Adaptado de Municipio de Pelileo, 2012.

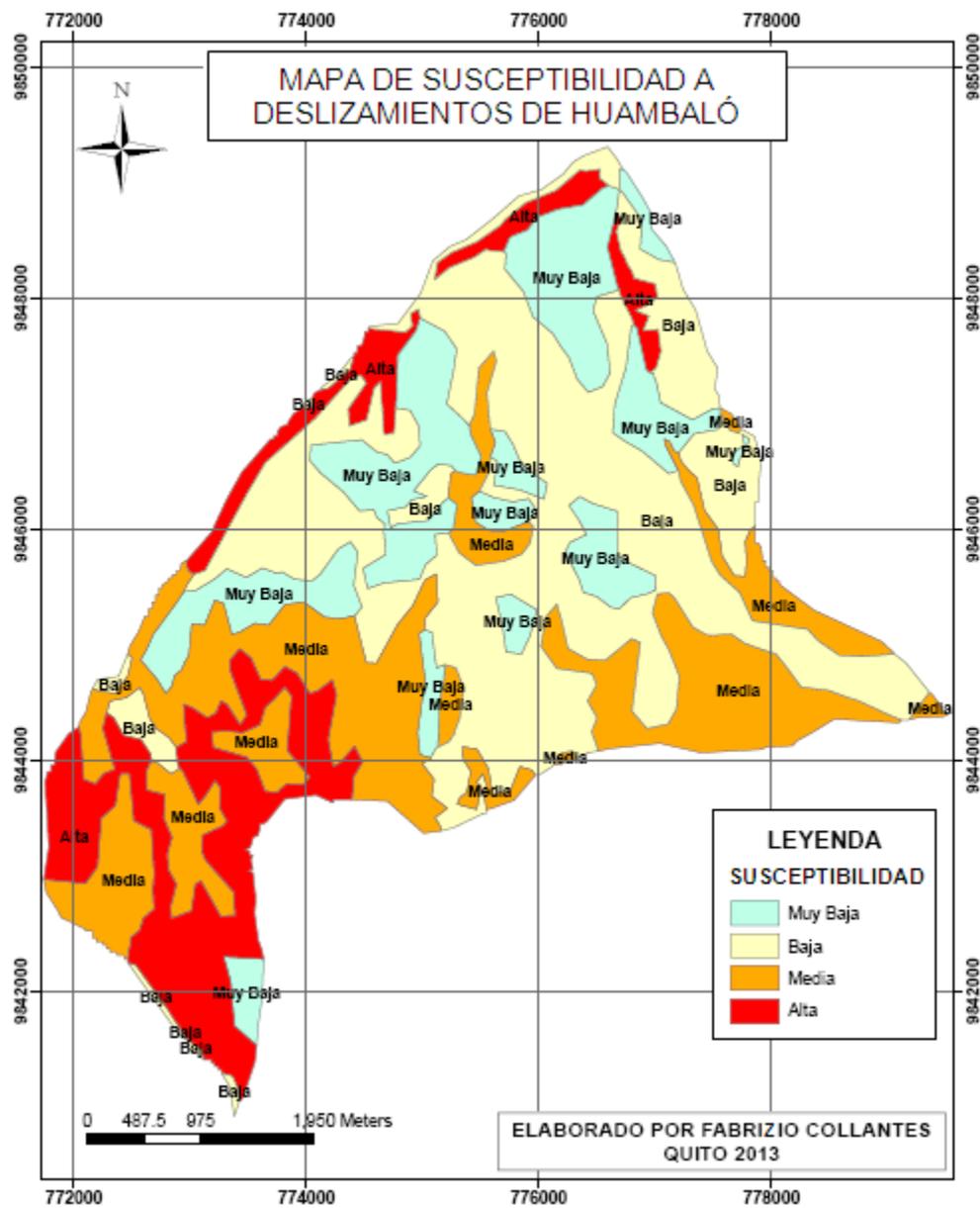
Es importante mencionar que la acumulación de estratos de cenizas puede causar desplomes de los techos en las viviendas más vulnerables y contaminación de las vertientes de agua. Frente a estas amenazas volcánicas, la producción agrícola y de animales menores y mayores podrían verse afectados, lo que origina una incidencia mayor a nivel económico regional y local.

6.1.5 Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de la Parroquia Huambaló

En general, los deslizamientos de tierras o deslaves son asociados con períodos de lluvias intensas o deshielos rápidos que agravan los efectos de las inundaciones; sin embargo, también pueden ser causados por temblores, terremotos o por erupciones volcánicas.

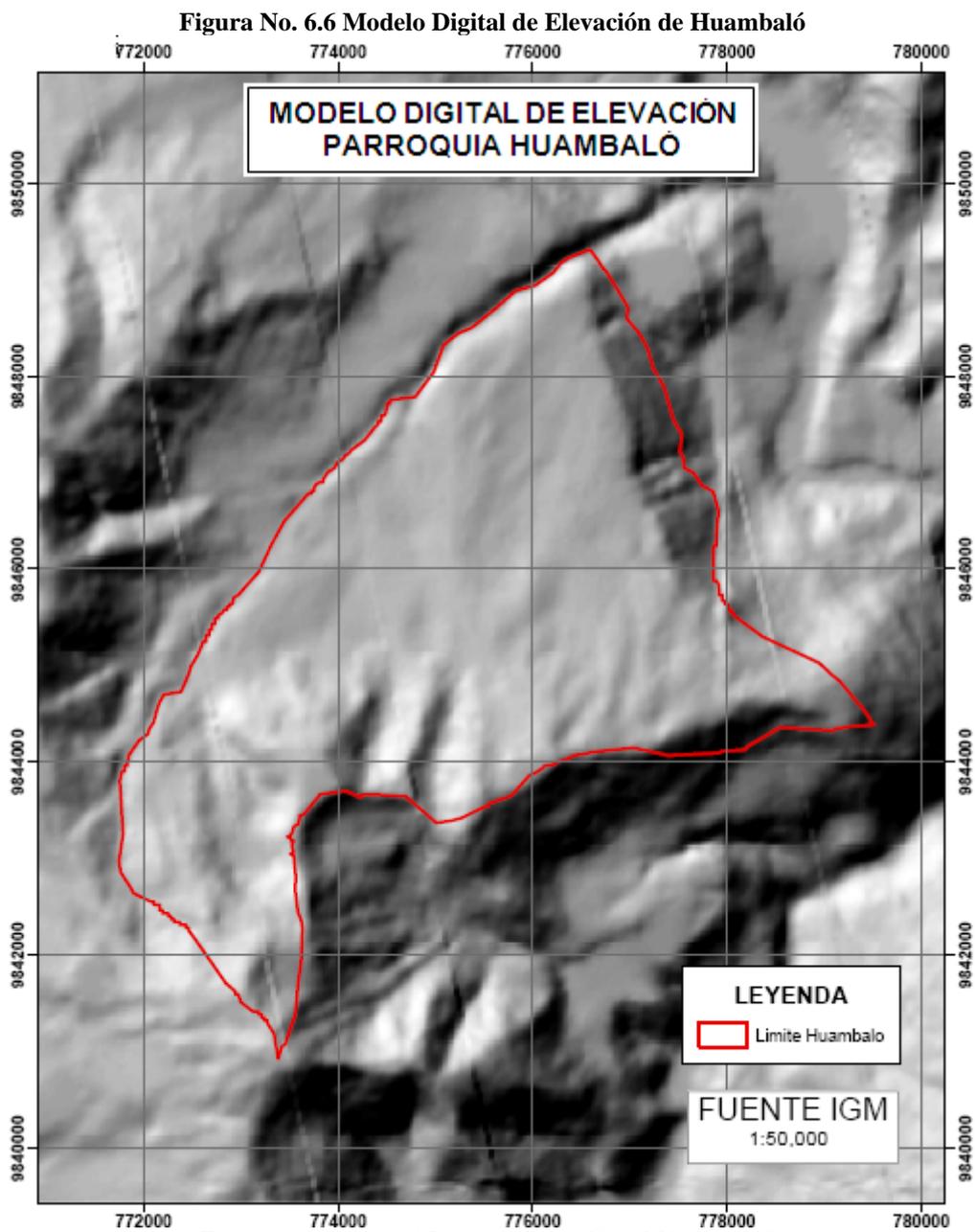
Ante ello, se consideró necesario la realización de un mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Huambaló (Ver Figura No. 6.5), tomando en cuenta el método heurístico de ponderación de factores, que se basa en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de movimientos en masa (Brabb et al, 1972; Nilsen et al, 1979; Anbalagan, 1992), tomando como base la información proporcionada por el Municipio de Pelileo (2012) en lo concerniente a pendientes e isoyetas.

Figura No. 6.5 Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de Huambaló



Elaborado por F. Collantes, 2013.

De los resultados obtenidos, se puede observar que en la zona sur oeste de Huambaló existe un grado de susceptibilidad medio y alto a deslizamientos, mientras que en la zona central y norte de la parroquia, el grado de susceptibilidad es bajo o muy bajo. La figura No. 6.6 muestra un modelo digital de elevación de Huambaló.



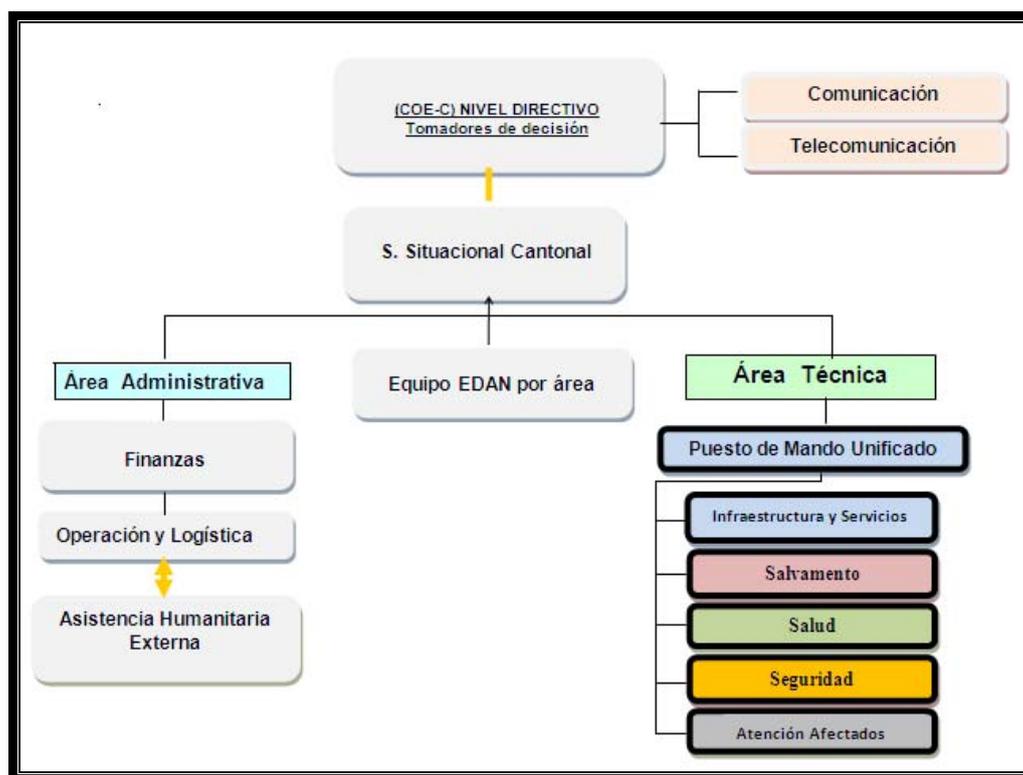
6.2 PROPUESTA DE PLAN DE CONTINGENCIA

Frente a las vulnerabilidades que presenta la parroquia Huambaló, se hace necesario la implementación de un Plan de Contingencia que sirva como guía de las acciones que se deben tomar para aumentar la capacidad de respuesta ante un posible evento adverso.

Según el modelo operativo de intervención propuesto por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, la atención de emergencias corresponde a una organización política-institucional y a su estructura funcional. Dicho modelo consta de cuatro componentes básicos:

- 1. Comité de Operaciones de Emergencia (COE) Cantonal o Provincial:** Nivel directivo y tomadores de decisión, donde funciona la Sala de Situación (lugar de reunión del COE y de todo el personal clave, desde donde se dirigirán las acciones que permitan hacer frente a la emergencia) alimentada por el equipo de Evaluación Inicial de Daños y Necesidades (EDAN). Tiene el soporte directo de Comunicación (Área de Información Pública) y del área de Telecomunicaciones (radiocomunicaciones, Sistema de Alerta Temprana (SAT)).
- 2. Área Técnica:** Donde funciona el Puesto de Mando Unificado (PMU), que tiene como misión coordinar las acciones de las Áreas de Trabajo en la zona del evento adverso con aquellas instituciones que de acuerdo a su afinidad intervienen en los diferentes momentos de la respuesta. Un Área de Trabajo puede estar conformada por: Área de Evacuación y Albergue, Área de Salud y Saneamiento Ambiental, Área de Alimento y Agua, Área de Ingeniería y Comunicaciones (infraestructura vial y de sistemas de radiocomunicación), Área de Orden y Seguridad, Cruz Roja, Defensa Civil, Cuerpo de Bomberos, Fuerzas Armadas, etc.
- 3. Área Administrativa:** Concentra el Área de Economía y Finanzas y coordina la operación y logística. Canaliza además los recursos provenientes de la asistencia humanitaria externa.
- 4. Unidades de Coordinación:** Corresponde a la SNGR provincial (controla la Sala de Situación) y al Puesto de Mando Unificado (PMU), bajo la coordinación de personal administrativo y operativo, con experiencia en la Atención de Emergencias.

Figura 6.7. Organigrama Funcional por Área Operativa



Fuente: Adaptado de Municipio de Pelileo, 2012.

6.3 ACTIVACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA (PROTOCOLO DE ACTIVACIÓN)

6.3.1 Activación del COE

El COE se activa a nivel cantonal y/o provincial, de acuerdo a la gravedad y alcance de la amenaza que haya que enfrentar. Los Protocolos de Activación (COE) y de Actuación (áreas técnica y administrativa) se implementarán según el siguiente procedimiento:

1. Los científicos del Instituto Geofísico darán a conocer a los Alcaldes sobre el estado de activación del volcán.
2. El Alcalde manejará la situación convocando al COE y decretando el grado de alerta (amarilla, naranja o roja).
3. Finalmente se instala el Puesto de Mando Unificado (PMU).

6.3.2 Declaración de los estados de Alerta

Corresponde exclusivamente a la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) declarar los diferentes Estados de Alerta en cualquier ámbito territorial, con base en la información proporcionada por las instituciones técnico-científicas del país o en la información similar internacional.

La declaración del Estado de Alerta tiene siempre carácter oficial y debe ser difundida de forma rápida, clara, sin contradicciones y comprensible. La difusión garantizará la cobertura a todos los destinatarios, incluyendo a las autoridades que deban participar en las acciones acordadas.

Para la determinación de alerta se determinan cuatro pasos a seguir:

1. La determinación de una alerta volcánica ocurrirá solamente ante un informe de los técnicos autorizados del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN). Este informe será entregado a los presidentes de los COE cantonal y/o provincial, según el nivel de amenaza. Copia de este informe deberá ser entregado a la SNGR local y provincial.
2. Ante el informe recibido, el Presidente del COE (cantonal o provincial) emitirá mediante resolución administrativa el nivel de alerta que corresponda. Esta resolución deberá ser difundida inmediatamente a toda la población involucrada a través de los medios de comunicación disponibles en el área.
3. El COE y la SNGR activan la Sala de Situación.
4. Se coordinará con los líderes de los grupos de trabajo del COE a través del PMU, las acciones que sean menester implementar, según el tipo de alerta que se haya determinado.

6.3.3 Tipos de Alerta

El IG-EPN es el encargado del monitoreo del volcán y de transmitir la información al COE cantonal. Esto a los efectos de que el COE cantonal defina una escala de alerta cromática, en función de la información recibida del IG-EPN y que servirá para activar a las Áreas de Trabajo (en sus acciones a cumplir) de acuerdo al rango de la amenaza volcánica.

La escala cromática que define el nivel de alerta está relacionada a rangos de intensidad y frecuencia de actividad del volcán, en función de los parámetros que controla, registra y mide el Instituto Geofísico.

FASE 1 (Alerta Amarilla).- Signos de una erupción inminente. Esto lo indica la incandescencia del cráter, un aumento en el volumen o color de las emisiones de vapor, ruidos internos ocasionales, sismos sentidos en las vecindades del volcán y presencia ocasional de tremor armónico. Las medidas a implementar serán: convocatoria del COE cantonal, regular acceso a la zona de amenaza, activación de las áreas de trabajo y organismos de salvamento.

FASE 2 (Alerta Naranja).- Estado inicial de actividad eruptiva, erupción inminente. Lo indica la extrusión de lava, emisiones ocasionales y pequeñas de cenizas, ruidos frecuentes acompañados o no de sismos, tremor armónico fuerte o continuo. Las medidas a implementar serán: prohibición absoluta de acceso a la zona de amenaza, evacuación de la población de áreas específicas dentro de la zona de amenaza, alerta a las comunidades adyacentes de una posible evacuación y la conformación del PMU.

FASE 3 (Alerta Roja).- Reactivación de eventos volcánicos, posibilidad de erupción violenta. Emisiones fuertes de cenizas y balísticos, sismos frecuentes, tremor armónico o continuo de magnitud creciente y/o aumento de la frecuencia e intensidad de las emisiones acompañada por detonaciones fuertes. Las medidas a implementar serán: evacuación de las personas de los sectores de probable afectación en las zonas de amenaza, prohibición absoluta de acceso al sector amenazado, intervención de los grupos de salvamento y activación de todo el Sistema de Emergencia.

6.4 PLAN DE EVACUACIÓN

Para realizar la evacuación, todas las personas de la parroquia Huambaló se reunirán en el centro de la misma para trasladarse a los albergues, dependiendo de la intensidad del evento.

Vías de evacuación

Vía principal: Huambaló-Pelileo o Huambaló-Bolívar, dado que estas vías no presentan mayores problemas de congestión y obstrucción, y en general el estado de conservación de las mismas es bueno.

El mantenimiento y limpieza de las vías de evacuación se encuentra a cargo de la Dirección de Obras Públicas Municipal y Dirección Provincial del Ministerio de Obras Públicas y Transporte de Tungurahua.

Zonas de Refugio

Las zonas de refugio estarán ubicadas en las parroquias Bolívar y Pelileo, las cuales deberán contar con el equipamiento y menaje necesarios. Estos espacios deberán ser previamente identificados y señalados y deben tener condiciones mínimas para albergar a las familias evacuadas. La coordinación de los albergues estará a cargo del personal técnico del MIES.

Movilización

Para la movilización es necesario el uso de medios de transporte como camiones y camionetas a fin de trasladar a las familias y sus pertenencias más importantes hacia los centros de refugios establecidos.

Los vehículos a ser utilizados pueden ser los de la Defensa Civil, camiones o volquetes del Municipio, vehículos particulares, vehículos de las fuerzas armadas, vehículos de instituciones del sector público o cooperativas de transporte.

6.4.1 Operatividad del Plan de Evacuación

Para el funcionamiento del Plan de Evacuación es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

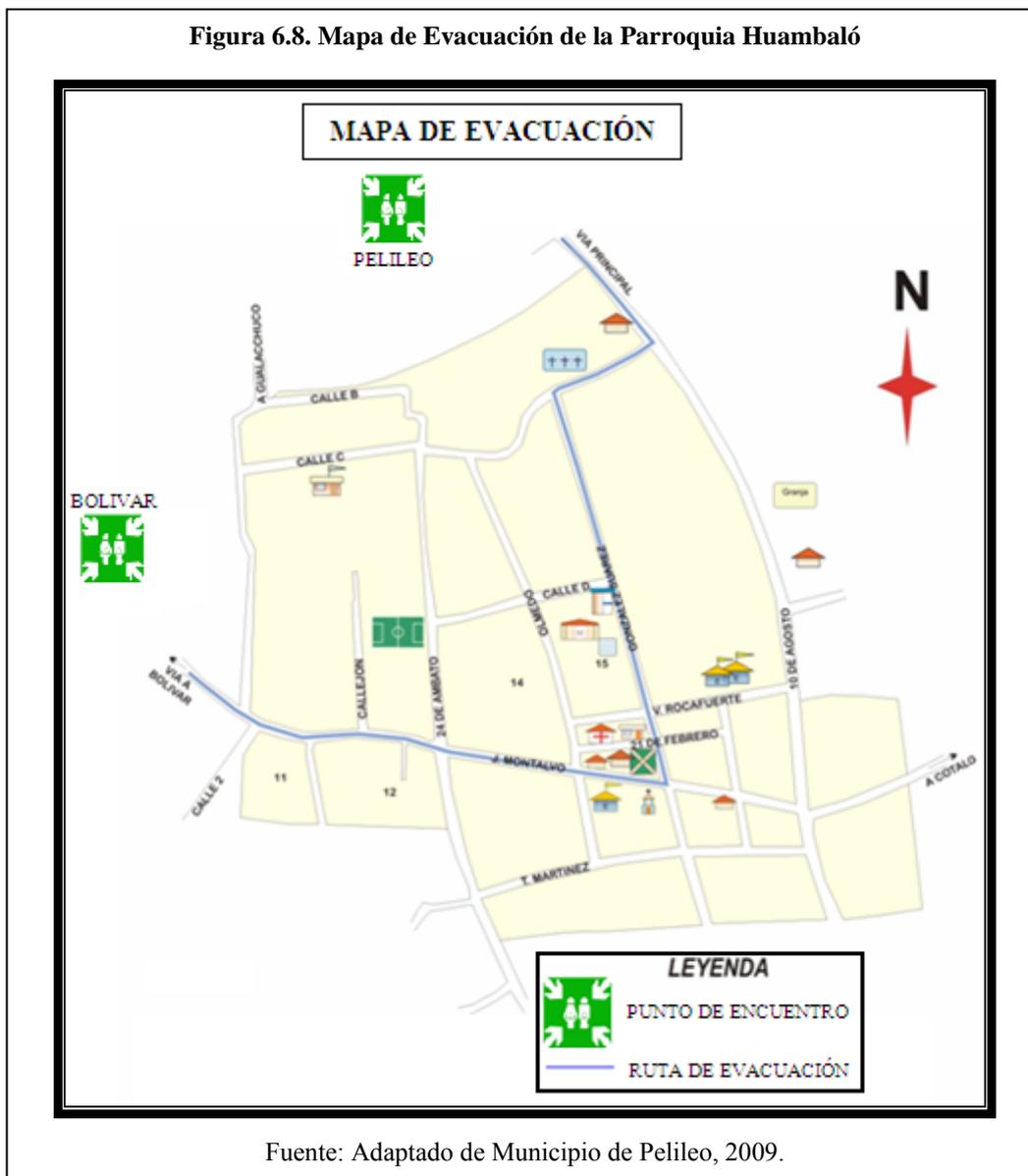
Comunicación entre los responsables del proceso de evacuación

Para mantener una comunicación fluida entre los responsables del proceso de evacuación de Huambaló y las zonas de albergue, es necesario el uso de equipos de radio, manteniendo comunicados a la población con el COE, la Sala de Situación y el PMU.

Capacitación a la población sobre el Plan de Evacuación

Es muy importante que los pobladores de la parroquia conozcan el Plan de Evacuación, para lo cual se deberá explicar el contenido del mismo y el Sistema de Alerta Temprana donde incluye las alertas y la forma de aviso.

Figura 6.8. Mapa de Evacuación de la Parroquia Huambaló



6.5 MODELO DE SIMULACRO

Con el objetivo de contribuir a la seguridad y autoprotección de la parroquia Huambaló ante el proceso eruptivo del volcán Tungurahua, es necesario el planteamiento de un simulacro, el mismo que se lo propone de la siguiente manera:

- El personal técnico del Instituto Geofísico de la Escuela de Politécnica Nacional, confirma que el proceso eruptivo se intensifica con el riesgo de una eminente erupción del volcán Tungurahua, comunicando a la SNGR y al COE de Tungurahua.

- Se reúne el COE, declarando el estado de Alerta Roja, con el objetivo de precautelar la seguridad de la población.
- El COE determina la activación del Plan de Contingencia y Protocolos de Actuación de las áreas, activando el Plan de Acción.
- En la zona se observa mayor actividad del volcán y comienza a caer con intensidad ceniza volcánica, lo que causa preocupación en los habitantes de Huambaló.
- El Presidente de Huambaló recibe la noticia sobre el estado de Alerta Roja y la necesidad de activar el Plan de Evacuación.
- Se convoca a una reunión urgente al Directorio de la parroquia, para proceder a activar el Plan de Evacuación.
- Se activa la alarma de emergencia.
- Se inicia la movilización hacia los lugares de encuentro o concentración (centro de la parroquia).
- Por intensificación del proceso eruptivo se presentan fuertes sismos en la zona, lo que provoca la ruptura de vidrios de varias viviendas, provocando pánico en los niños/as y habitantes de la parroquia. Este incidente provoca 3 heridos con hemorragias, 1 niño entra en pánico y 1 anciano se desmaya.
- La brigada de primeros auxilios procede a atender a las víctimas.
- Los grupos operativos y de socorro proceden a evacuar a la comunidad afectada hacia las zonas de seguridad establecidas (albergues), que se encuentran en las parroquias Bolívar y Pelileo.

- Los grupos de salvamento hacen un recorrido final por las viviendas e instalaciones de la Huambaló, constatando que todos hayan evacuado hacia la zona de seguridad, y proceden a asegurar el área y posteriormente a evacuar.
- Finalmente se retorna a la normalidad.

El responsable directo del simulacro es el Comité de Operaciones de Emergencia Parroquial y el Comité de Operaciones de Emergencia Cantonal.

Para el efecto, es necesario contar con el apoyo de la Cruz Roja, Policía Nacional, Cuerpo de Bomberos, Fuerzas Armadas, Centros de Salud, así como el personal de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y del IG-EPN, con el fin de que el simulacro pueda ser evaluado.

Se debe considerar los recursos logísticos disponibles en las instituciones, así como el material de incentivo necesario para los participantes e identificación de los organizadores, observadores y evaluadores.

Una vez finalizado el ejercicio del simulacro, todos los actores relacionados con el mismo deberán evaluarlo, incluyendo los aspectos positivos y negativos, y establecer recomendaciones para mejorar el desarrollo de futuros eventos.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La parroquia Huambaló presenta un nivel de amenaza volcánica intermedia, relacionada con la caída de ceniza y cascajo, mismas que son perjudiciales para la salud, así como para las zonas agrícolas y ganaderas.
- La parroquia Huambaló presenta un nivel de vulnerabilidad alto, debido al tipo de infraestructura y ubicación de las viviendas, afectaciones a la salud (especialmente población de la tercera edad y niños), las tomas de agua que se encuentran descubiertas pudiendo verse contaminadas por la caída de ceniza, la exposición de los cultivos frutícolas, hortícolas e invernaderos, las zonas ganaderas (especialmente vacunos lecheros), caprinos, criaderos de porcinos, planteles avícolas y procesadoras de alimentos avícolas, así como criaderos domésticos de animales menores (cuyes, conejos y aves).
- Según la información analizada y los mapas de peligro del volcán Tungurahua, se puede determinar que la parroquia Huambaló tiene un escenario de riesgo medio frente al proceso eruptivo del volcán Tungurahua, en vista de que podría ser afectada por la caída de ceniza, piroclastos y avalancha de escombros, en el caso de suscitarse una erupción explosiva importante ($VEI: \geq 3$).
- Existe un grado de susceptibilidad medio y alto a deslizamientos en la zona sur oeste de Huambaló, mientras que en la zona central y norte de la parroquia, el grado de susceptibilidad es bajo o muy bajo.
- En la actualidad, es ampliamente aceptado que el riesgo se obtiene relacionando la probabilidad de ocurrencia del fenómeno que lo genera, denominada amenaza, con la predisposición que ofrecen los elementos amenazados a ser afectados por el fenómeno, denominada vulnerabilidad.
- Controlar o encauzar el curso natural de un evento, o reducir su magnitud y frecuencia, son medidas relacionadas con la intervención de la amenaza. La reducción al mínimo

posible de los daños materiales mediante la modificación de la resistencia de los elementos expuestos es una medida relacionada con la intervención de la vulnerabilidad física. Aspectos relacionados con la planificación del medio, la reglamentación del uso del suelo, así como preparativos para la atención de emergencias y educación, son medidas de prevención y mitigación, que incorporadas en los planes de desarrollo, están dirigidas a disminuir la vulnerabilidad física y social.

- Sólo mediante la incorporación en los procesos de desarrollo de actividades integradas para prevenir o mitigar los efectos de los desastres, es posible reducir el riesgo que los mismos ofrecen para las personas, los bienes y los servicios.

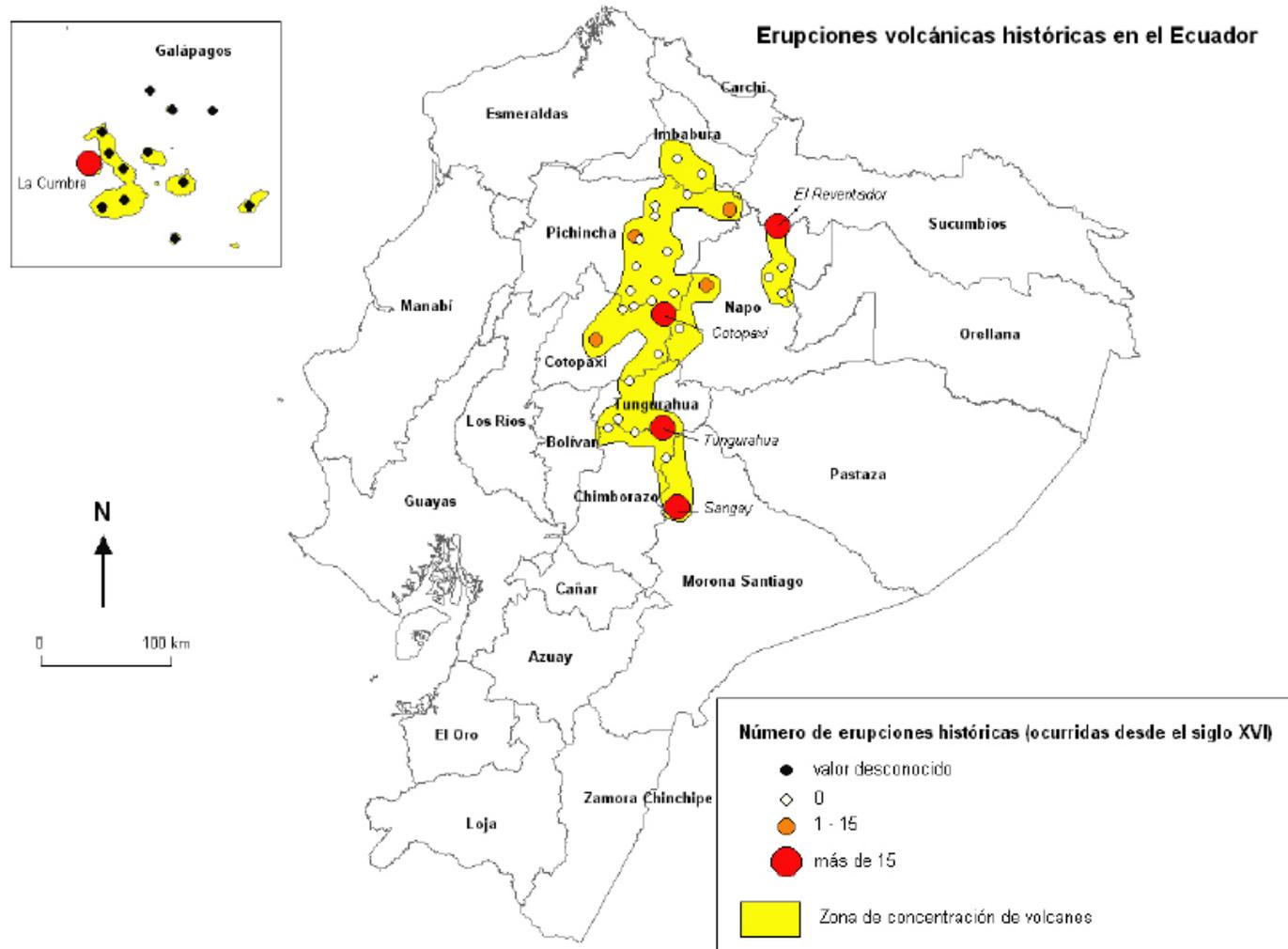
7.2 RECOMENDACIONES

- Los instrumentos legales que regulan el manejo de riesgos en el Ecuador deben ser mejorados ya que en la actualidad no existe un sistema que regule este campo a nivel nacional, a excepción de la Constitución, misma que no describe normas ni procedimientos, únicamente principios.
- Es primordial que los habitantes de Huambaló sean capacitados para poder enfrentar de mejor manera las amenazas y reducir los efectos, aumentando la capacidad para afrontar la adversidad y lograr adaptarse bien ante las tragedias, así como promulgar una cultura de riesgos para reducir los niveles de vulnerabilidad.
- Es de suma importancia que las autoridades y los habitantes de la parroquia Huambaló se encuentren preparados ante una erupción del volcán Tungurahua, para lo cual es primordial adoptar medidas que ayuden a poner en práctica la ejecución de planes de contingencia y simulacros de evacuación conjuntamente con el Comité de Operaciones de Emergencia (COE) por lo menos una vez al año.
- Es imprescindible que el Subcentro de salud de Huambaló cuente con los medicamentos y mascarillas necesarios para atender a los habitantes de la parroquia frente al proceso eruptivo del Tungurahua, prestando especial interés a la población más vulnerable (niños y ancianos).

- Para el sector ganadero, se recomienda tratar de mantener a sus animales bajo techo para protegerlos ante la caída de ceniza, siendo importante además contar con una reserva de alimento y agua fresca para los mismos.
- Es importante que los habitantes de la parroquia cuenten con un bolso listo que contenga gafas, agua, alimentos no perecibles, linterna, radio, pilas, pantalones largos y camisas de manga larga, así como mascarillas o pañuelos que deben usarse para facilitar la respiración ante la caída de ceniza.
- Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado de Huambaló que se revise el plan regulador y las ordenanzas municipales que norman el desarrollo físico de la parroquia, con el fin de que no se permita realizar construcciones de viviendas en zonas peligrosas, toda vez que es un riesgo para la población ante cualquier evento adverso de la naturaleza.
- En el plano institucional, es necesario preguntarse sobre el nivel de coordinación que existe entre la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y el COE de la parroquia de Huambaló, así como de la coordinación interna que debe existir entre los distintos niveles administrativos de la entidad de gestión de riesgos.

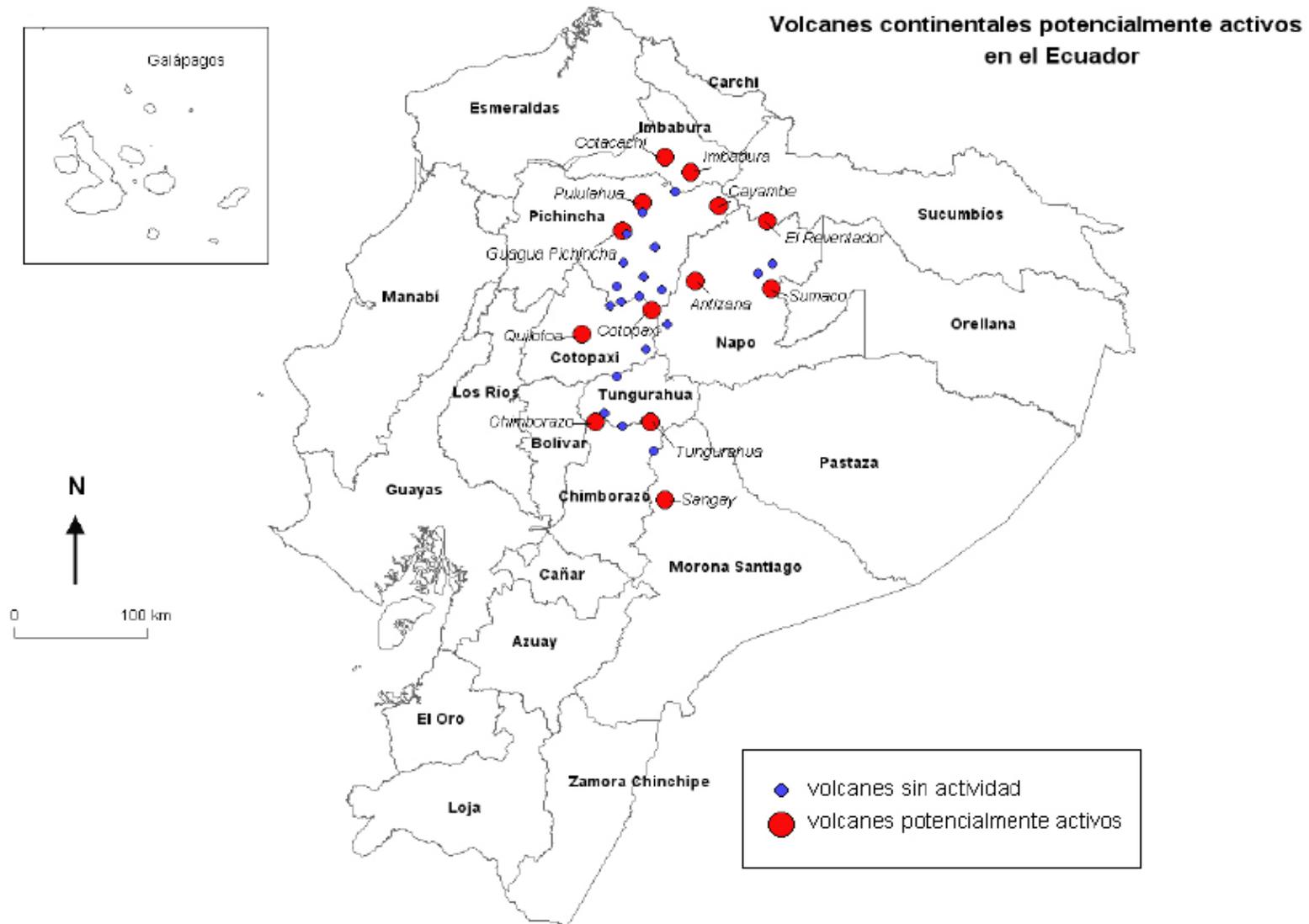
ANEXOS

ANEXO 1. Erupciones volcánicas históricas en el Ecuador



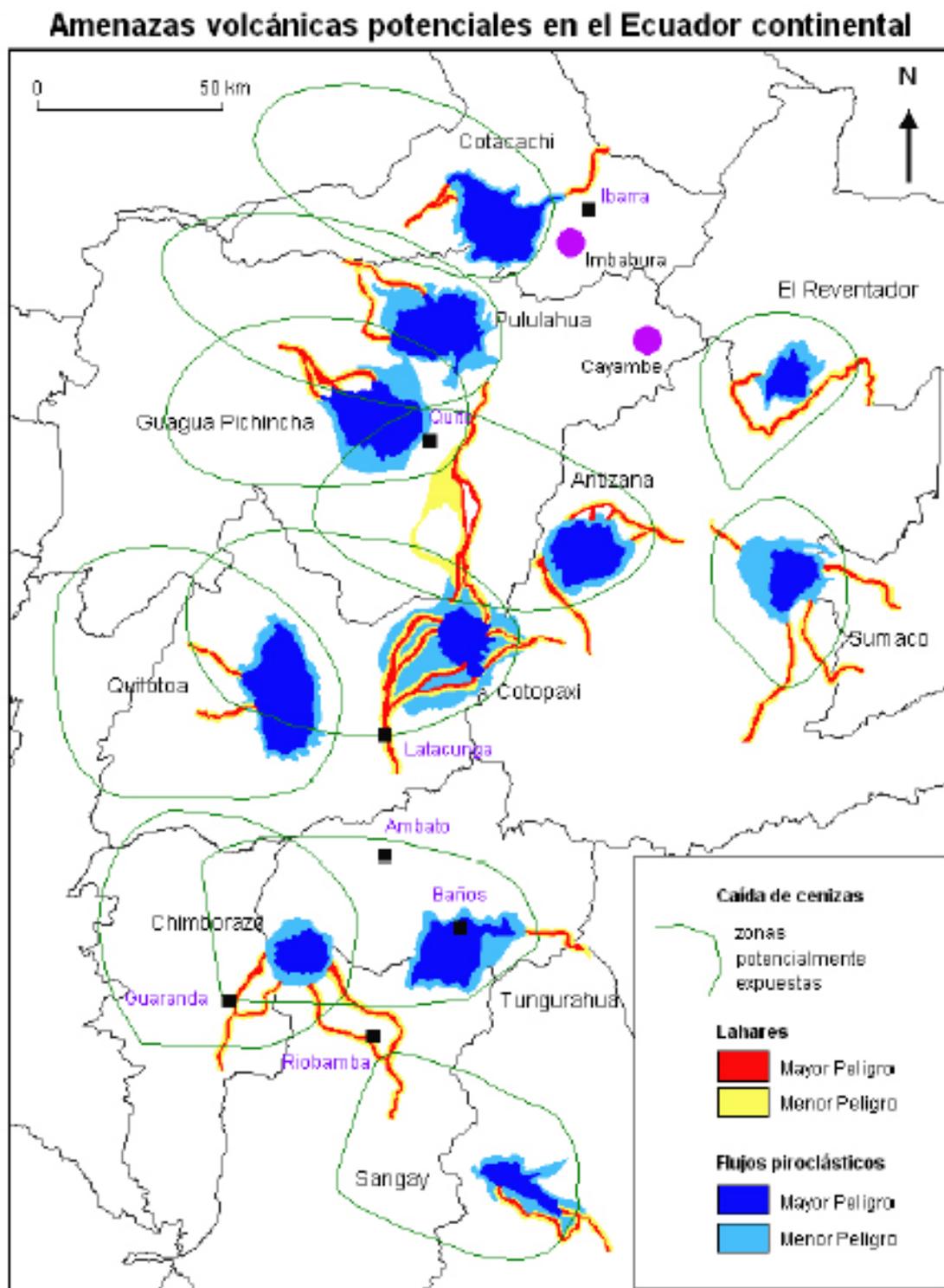
Fuente: Tomado de D'Ercole y Trujillo, 2003.

ANEXO 2. Volcanes continentales potencialmente activos en el Ecuador



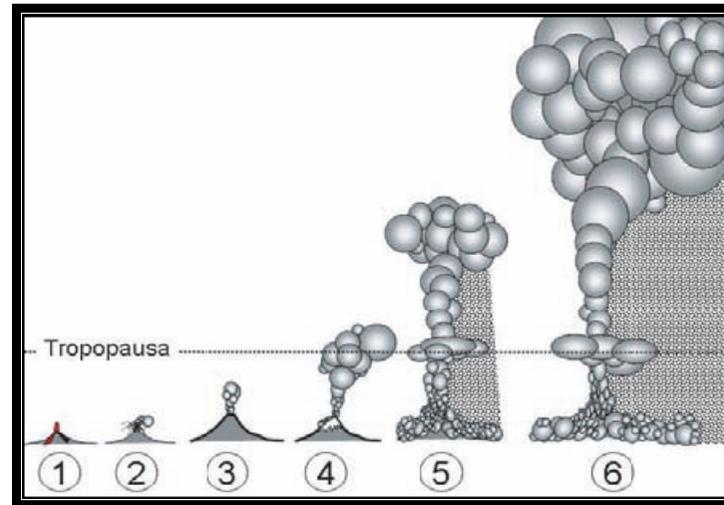
Fuente: Tomado de D'Ercole y Trujillo, 2003.

ANEXO 3. Amenazas volcánicas potenciales en el Ecuador Continental



Fuente: Tomado de D'Ercole y Trujillo, 2003.

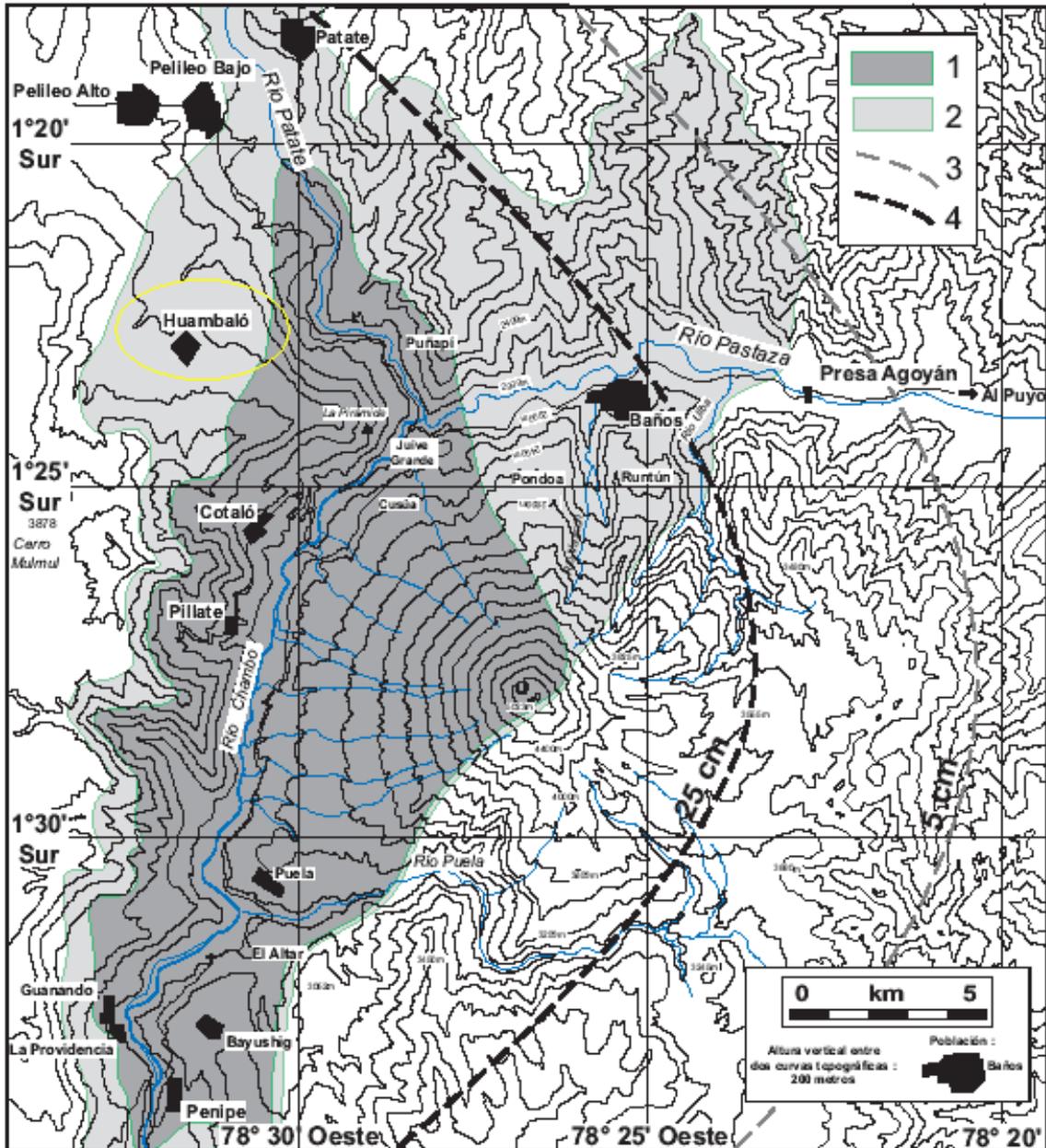
ANEXO 5. Tipo de Erupciones Volcánicas



Nota: *Tipo de Erupciones Volcánicas 1) Hawaiiana, 2) Estromboliana, 3) Vulcaniana, 4) Subpliniana, 5) Pliniana, 6) Ultraplina.*

Fuente: Tomado de Dirección General de Protección Civil y Emergencias de España (s.f.).

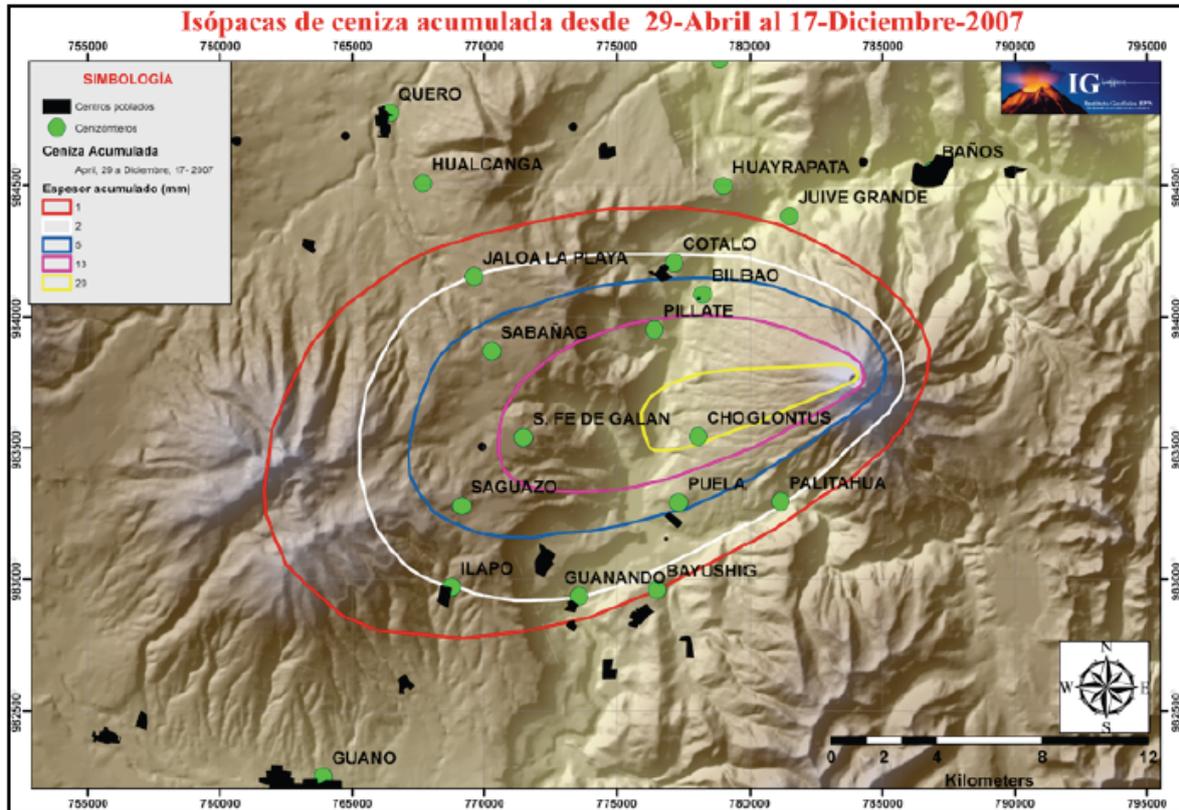
ANEXO 6. Mapa de Peligros Volcánicos: Caídas de piroclastos y avalancha de escombros.



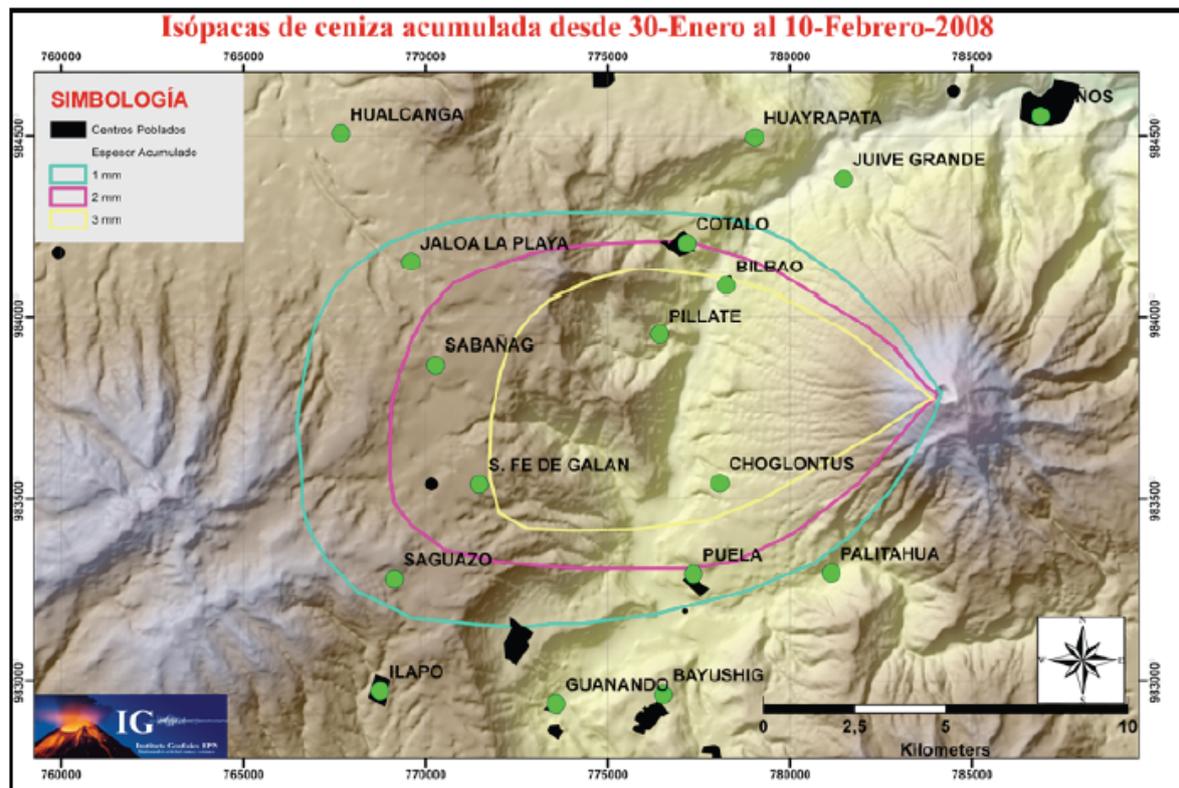
Fuente: Adaptado de Le Penneç et al, 2005.

Nota: (1) Área que sería afectada por una pequeña avalancha que caiga por el flanco occidental; (2) área que sería afectada por una avalancha grande que implique los flancos norte y occidental; (3) área que puede ser afectada por un espesor de ceniza mayor a 25 cm; (4) área que puede ser afectada por un espesor de ceniza mayor a 25 cm.

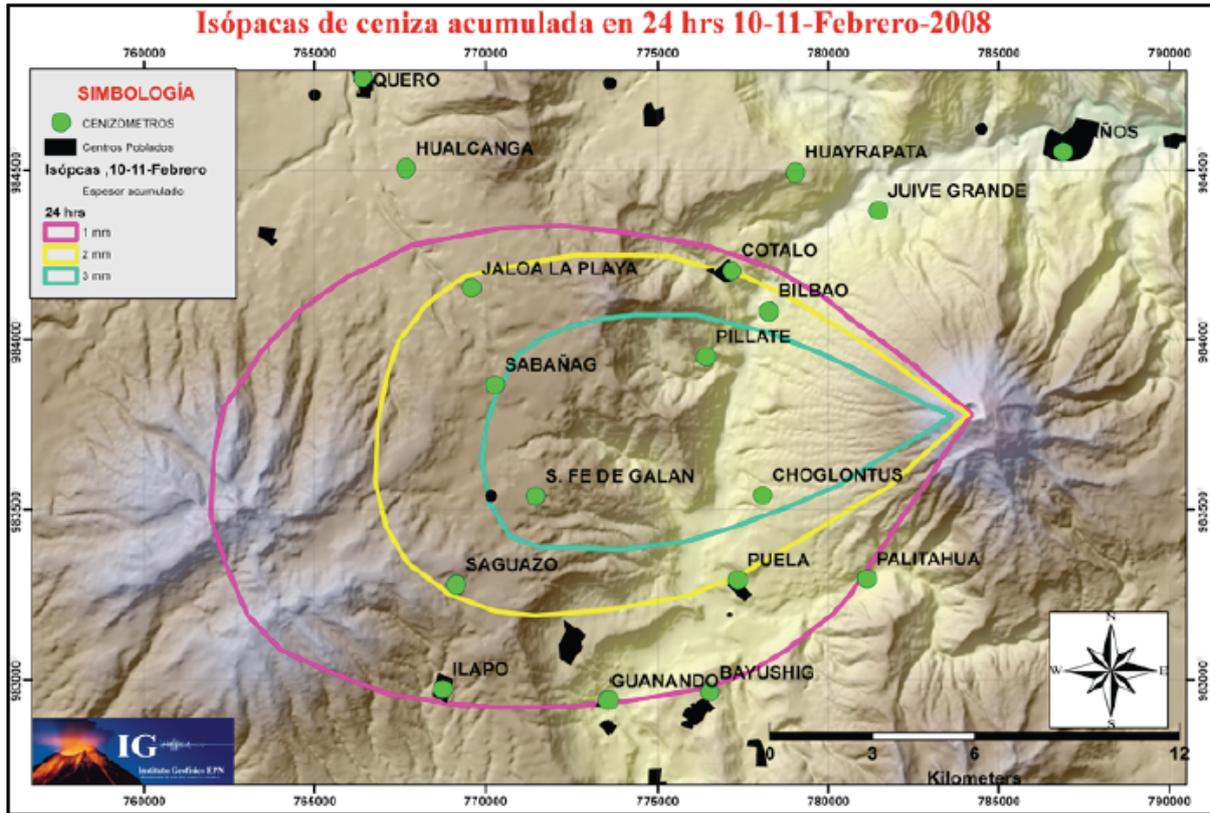
ANEXO 7. Dispersión de las nubes de ceniza del volcán Tungurahua desde el año 2007 al 2010



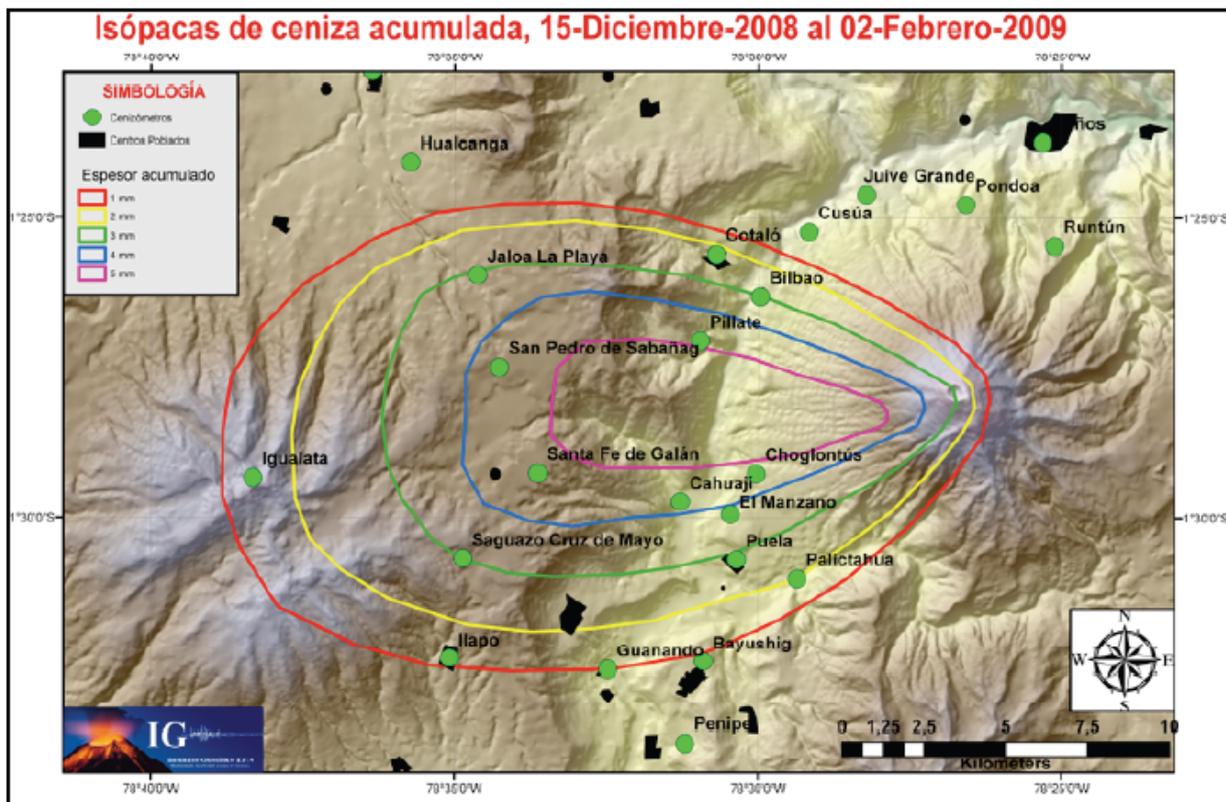
Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.



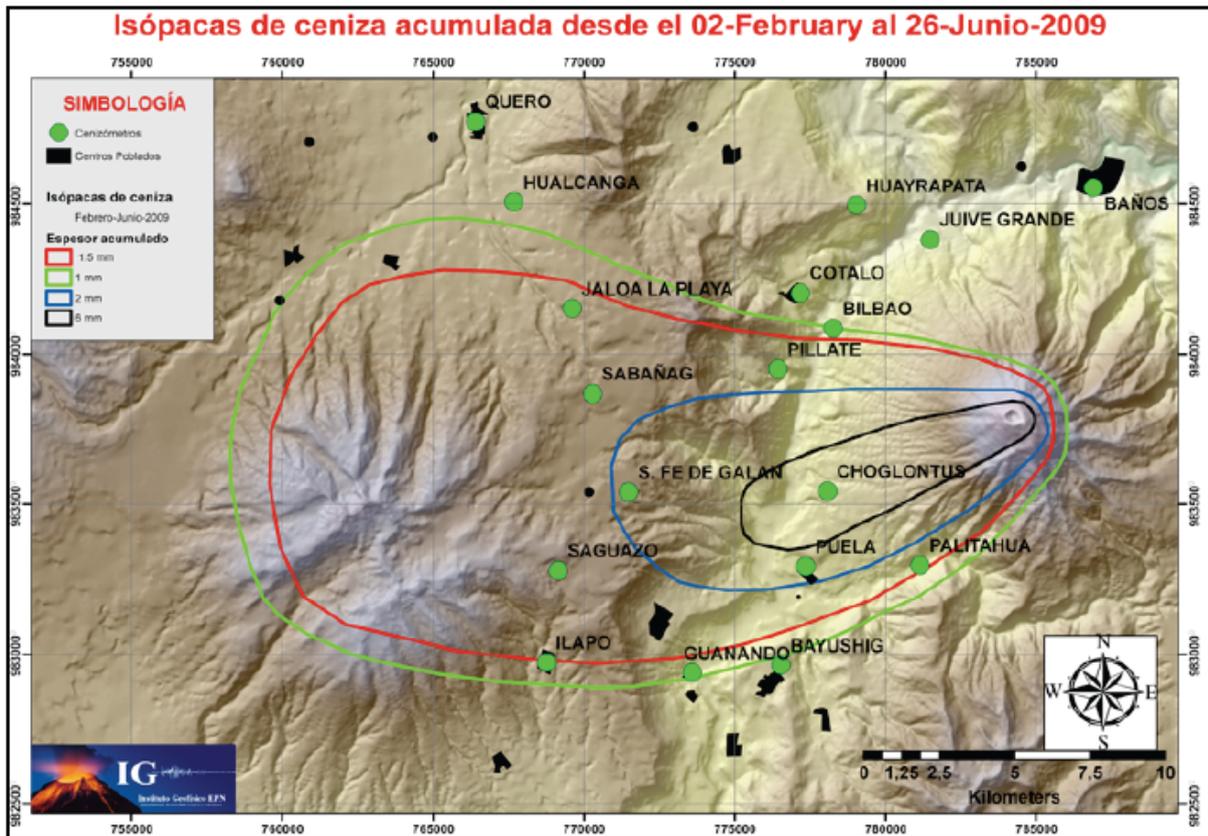
Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.



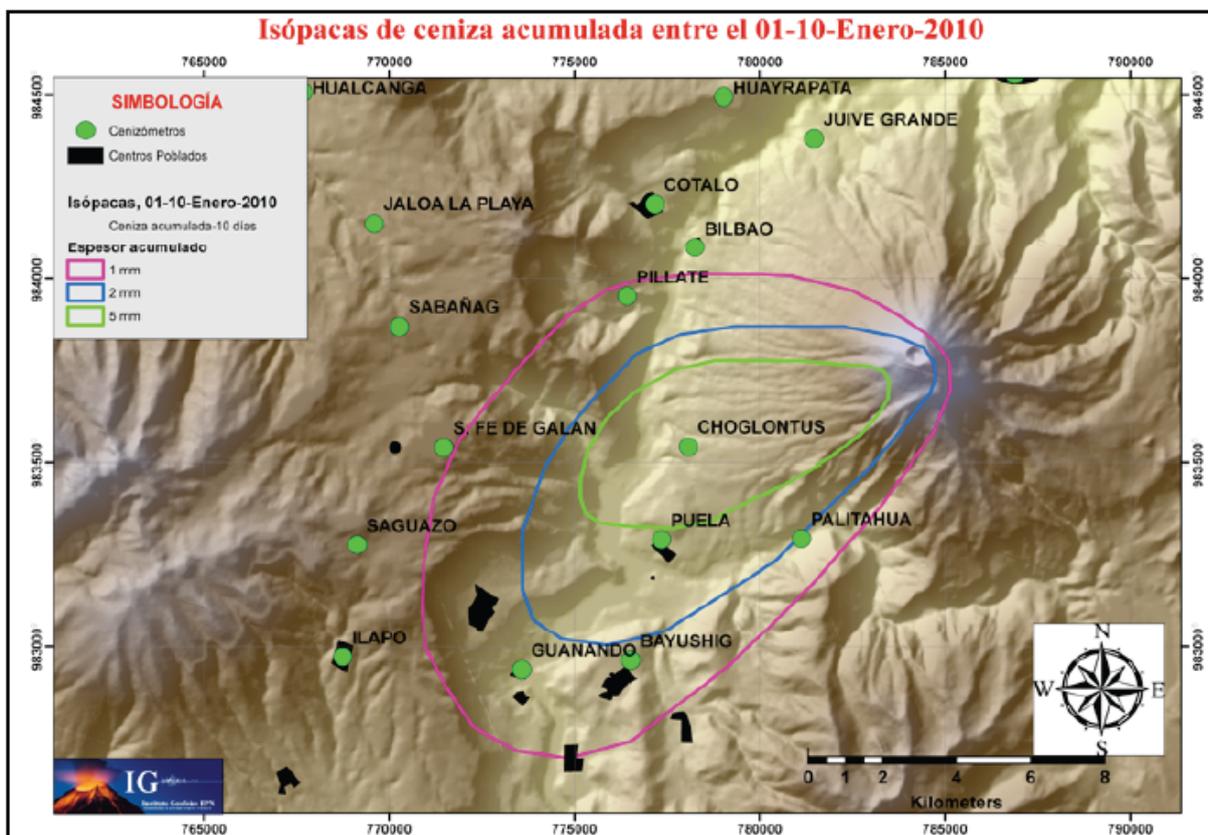
Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.



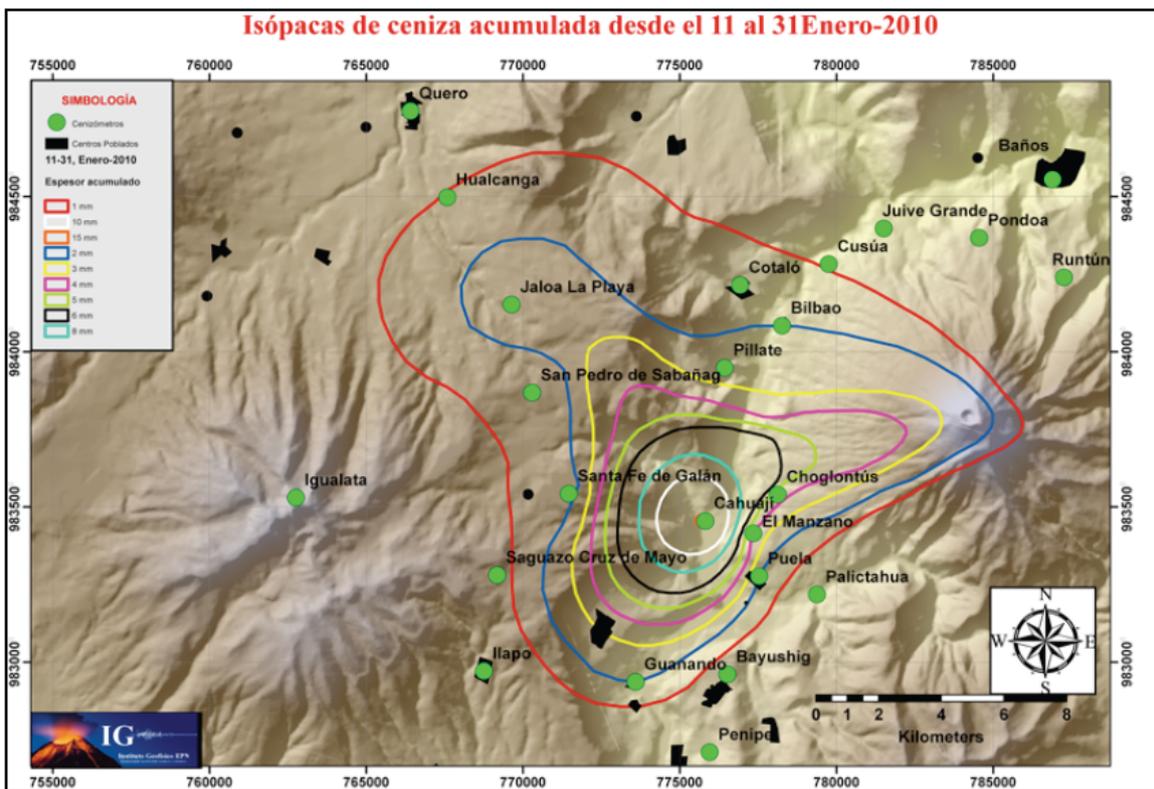
Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.



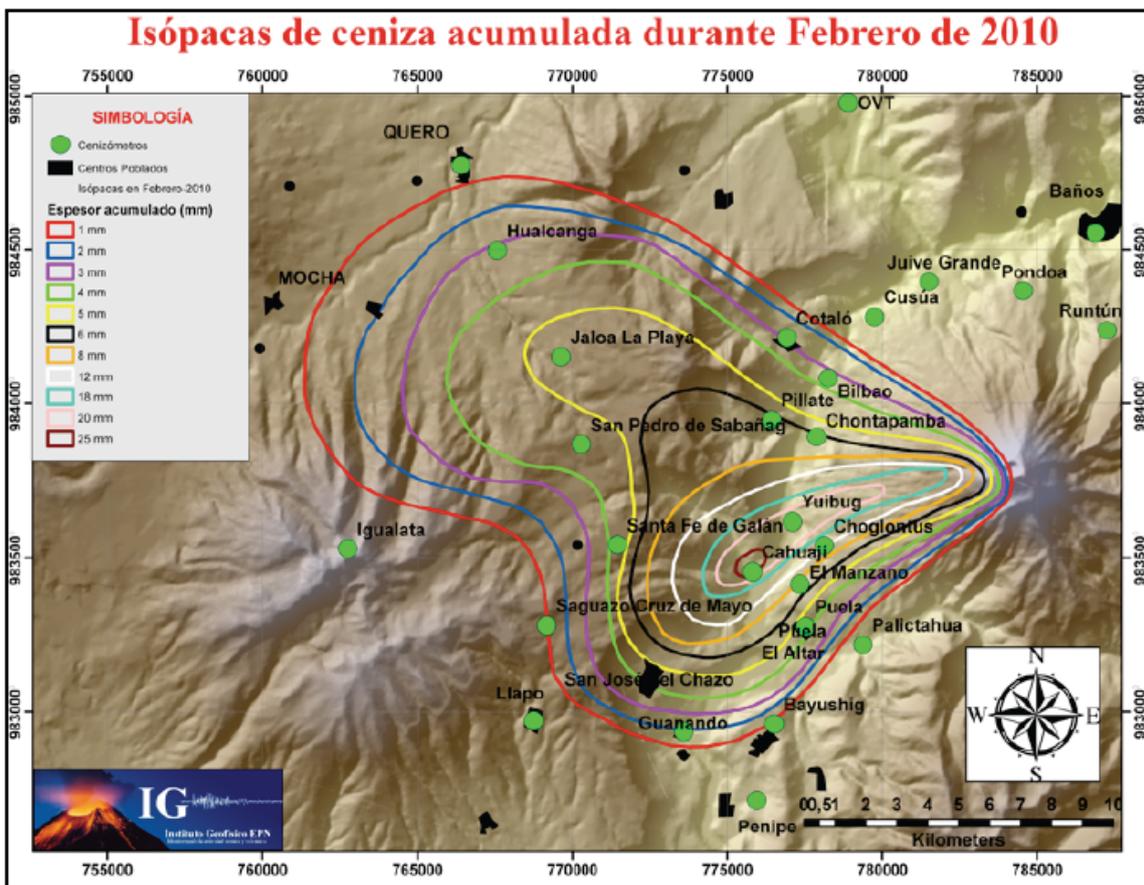
Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.



Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.



Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.



Fuente: Tomado de Bustillos, 2010.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, E. y Dueñas, W. (2007). *Las erupciones explosivas del volcán Tungurahua de julio y agosto del 2006*. Quito, Ecuador. Recuperado de http://www.crid.or.cr/cd/CD_BivaPaD/PDF/doc546-Ecuador/doc546-contenido.pdf.
- Andrade, D. (2011). *Condiciones de ruptura del borde W del cráter del Tungurahua*. 7mas Jornadas en Ciencias de la Tierra. Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Geología Instituto Geofísico. Quito, Ecuador.
- Barba, D., Arellano, S., Ramón, P., Mothes, P., Alvarado, A., Ruiz, G., y Troncoso, L. (2006). *Cronología de los Eventos Eruptivos de Julio y Agosto de 2006 del Volcán Tungurahua*. 6tas. Jornadas en Ciencias de la Tierra, Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Geología Instituto Geofísico. Quito, Ecuador.
- Bravo, D. (2011). *Aplicación de la Gestión de Riesgos Naturales Como Instrumento Para el Establecimiento de Políticas de Desarrollo Sostenible en el Cantón Cevallos Provincia de Tungurahua*. Tesis inédita de pregrado. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Bustillos, J. (2008). *Las Avalanchas de Escombros en el Sector del Volcán Tungurahua*. Tesis inédita de Grado. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Bustillos, J. (2010). *Transición del Estilo Eruptivo Durante las Erupciones Andesíticas en Sistema Abierto: Contribución al Estudio de los Depósitos de Ceniza del Volcán Tungurahua*. (Pasantía de Investigación). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Bustillos, J., Le Pennec, J., y Gonza, T. (2011). *Volcán Tungurahua: Estudio Morfológico y Textural de los Depósitos de Ceniza en la Fase Explosiva del 2010*. 7mas. Jornadas en Ciencias de la Tierra, Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Geología Instituto Geofísico. Quito, Ecuador.
- Bustillos, J., Samanieg, P., Troncoso, L., Ordoñez, J. y Bernard, B. (2011). *Volcán Tungurahua-Caída de ceniza: Implementación de un sistema de cenizómetros para la cuantificación del material sólido emitido*. 7mas Jornadas en Ciencias de la Tierra. Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Geología Instituto Geofísico. Quito, Ecuador.

- Cañadas, L. (1983). *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito, Ecuador: Editores asociados.
- Cardona, O. (1991). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo*. Guatemala. Recuperado de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc1057/doc1057-contenido.pdf>.
- CEPAL. (2003). *Manual Para la Evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los Desastres*. México. Recuperado de <http://www.disaster-info.net/watermitigation/e/publicaciones/CEPAL/TOMO%20I.pdf>.
- CEPAL. (2005). *El Impacto de los Desastres Naturales en el Desarrollo: Documento Metodológico Básico Para Estudios Nacionales de Caso*. México. Recuperado de <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/23266/L694.pdf>.
- CEPAL. (2005). *Elementos Conceptuales Para la Prevención y Daños Originados por Amenazas Socionaturales*. Santiago, Chile: LOM ediciones. Recuperado de <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/23711/lcg2272e.pdf>.
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). (2010).
- Comisión Europea/OXFAM/FUNDEPCO. (2008). *Construcción de mapas de riesgo: Criterios Metodológicos* (1ª ed.). La Paz, Bolivia.
- Constitución Política de la República del Ecuador. (2008).
- COSUDE – ALARN. (2002). *Instrumentos de apoyo para el análisis y gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal de Nicaragua* (1ª ed.). Managua, Nicaragua: EDISA.
- D'Ercole, R. y Trujillo, M. (2003). *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador: los desastres, un reto para el desarrollo*. Quito, Ecuador: Ekseption.
- D'Ercole, R. (2005). *Criterios de Reflexión por la Determinación de Prioridades para la Reducción de los Riesgos en el Ecuador*. Quito, Ecuador. Recuperado de http://www.savgis.org/SavGIS/Etudes_realisees/DERCOLE_Dipecho_2005.pdf

- Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador. (2006). *Plan Nacional de Prevención de Riesgos*. Quito, Ecuador. Recuperado de http://www.crid.or.cr/cd/CD_BivaPaD/pdf/doc172/doc172-contenido.pdf.
- Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador. (2006). *Apreciación de riesgos en los campos: hidrometeorológico, oceanográfico, inestabilidad de terrenos, sismología y vulcanología en el Ecuador*. Quito-Ecuador. Recuperado de http://www.crid.or.cr/cd/CD_BivaPaD/html_ecuador/pais_identificacion_2.2.html.
- EcuRed. (2012). *Flujo Piroclástico*. Recuperado de http://www.ecured.cu/index.php/Flujo_pirocl%C3%A1stico
- EcuRed. (2012). *Domo de lava*. Recuperado de http://www.ecured.cu/index.php/Domo_de_lava
- González, E. (2006). *Peligros y Riesgos Volcánicos en Biogeografía: Efectos Sobre la Vegetación*. Recuperado de <http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/%C3%A1vila.pdf>
- Hidalgo, S., Bourquin, J., Palacios, P., Arellano, S., Galle, B., Vásquez, F. y Arrais, S. (2011). *Potenciales escenarios eruptivos en el volcán Tungurahua, en base a la sismicidad y el flujo de SO₂*. 7mas Jornadas en Ciencias de la Tierra. Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Geología Instituto Geofísico. Quito, Ecuador.
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2008). *Mapa de Peligros Potenciales del Volcán Tungurahua*. Escala 1:50000.
- Instituto Geográfico Militar. (1991). *Mapa Cartográfico de Quero*. Escala 1:50000.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. Censo de Población y Vivienda 2010.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. (2009). *Anuario Meteorológico*. Quito, Ecuador: SIGIHM.
- Keller, E. y Blodgett, R. (2007). *Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como Riesgos, Desastres y Catástrofes* (1ª ed.). Madrid, España: Prentice Hall Hispanoamericana.

- Lavell, A. (s.f.). *Apuntes para una reflexión institucional en países de la Subregión Andina sobre el enfoque de la Gestión de Riesgo*. Lima, Perú. Recuperado de http://www.vivienda.gob.pe/pgt/documentos/PMM/Conceptual/Apuntes_para_una_Reflexion_Institucional_en_Paises_de_la_Subregion_Andina.pdf.
- Lavell, A. (2003). *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Guatemala. Recuperado de http://www.desenredando.org/public/libros/2006/ges_loc_riesg/gestion_riesgo_espanol.pdf
- Le Pennec, J., Samaniego, P., Eissen, J., Hall, M., Molina, I., Robin, C., Mothes, P., Yépez, H., Ramón, P., Monzier, M., y Egred, J. (2005). *Los Peligros Volcánicos Asociados con el Tungurahua* (2ª ed.). Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Llenares, M., Ortiz, R., y Marrero, J. (2004). *Riesgo Volcánico*. Recuperado de Dirección general de protección civil y emergencias. España. Recuperado de http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/3B8EAADA-8A2F-46A3-8759-5D17AF06B721/32451/riesgovolcanico_br.pdf
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2000). *Efectos en la salud por las erupciones del Tungurahua*. Ecuador. Recuperado de <http://reliefweb.int/report/ecuador/efectos-en-la-salud-por-les-erupciones-del-tungurahua>.
- Montalvo, M. (2011). *Propuesta de ordenamiento territorial que incorpore la gestión de riesgos en el plan de desarrollo de la Parroquia Sigsipamba del Cantón Pimampiro en la Provincia de Imbabura*. (Tesis inédita de pregrado). Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- Morales, R. & Liao, A. (1999). *Amenazas Volcánicas en Costa Rica: Una Estrategia de Prevención*. Revista Costarricense de Salud Pública. Vol.8, n.15. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14291999000200005&script=sci_arttext
- Municipio de Pelileo (2009). *Plan Estratégico de Desarrollo de la Parroquia Huambaló 2009-2013*. Pelileo, Ecuador.
- Municipio de Pelileo (2012). Información cartográfica digital 1:50000. Pelileo, Ecuador.

- Naciones Unidas-CEPAL. (2005). *El Impacto de los desastres naturales en el desarrollo. Documento metodológico básico para estudios nacionales de caso*. México. Recuperado de <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/23266/L694.pdf>.
- Narváez, L., Lavell, A., y Pérez, G. (2009). *La Gestión del Riesgo de Desastres: Un Enfoque Basado en Procesos* (1ª ed.). Lima, Perú: Maiteé Flores Piérola - PULL CREATIVO S.R.L.
- OEA. (1993). *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado*. Washington, D.C.: Autor.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Salud Ambiental y el Riesgo Volcánico. Guía de preparativos de salud frente a erupciones volcánicas*. Quito, Ecuador: Autor.
- Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Erupciones volcánicas y protección de la salud: Proyecto "Respuesta en salud a la situación de emergencia causada por la erupción de los volcanes Guagua Pichincha y Tungurahua en el Ecuador"*. Quito, Ecuador: Autor.
- Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Impacto de los desastres en la salud pública*. Bogotá, Colombia: Erick K, Noji.
- Ortiz, R. *Riesgo Volcánico*. (2000). Departamento de Vulcanología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid-España.
- PREDECAN. (2009). *Incorporando la Gestión de Riesgos de Desastres en la Planificación del Desarrollo: Lineamientos Generales para la Formulación de Planes a Nivel Local* (1ª ed.). Lima, Perú: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. (2004). *La Reducción de Riesgos de desastres, un desafío para el desarrollo*. New York, Estados Unidos: PNUD.
- Rheed, S. (1994). *Introducción a las amenazas*. (1ª ed.). San José, Costa Rica: InterWorks.
- Rojas, M., Noa, H.; Pérez, J. y Villalba, J. (1995). *Efecto sobre la función pulmonar en personas expuestas a cenizas del volcán Popocatepetl: diciembre 1994 - enero 1995*. Recuperado de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc12064/doc12064-portada.pdf>.

- Salazar, L., Cortez, L., y Mariscal, J. (2002). *Gestión Comunitaria de Riesgos*. Lima Perú: Foro Ciudades Para La Vida.
- Samaniego, P., Le Penneq, J., Barba, D., Hall, M., Robin, C., Mothes, P., Yepes, H., Troncoso, L., Jaya, D. (2008). *Mapa de los Peligros Potenciales del Volcán Tungurahua*. (3ª ed.). Escala 1:50000. IGM-IG/EPN-IRD.
- Seaman, J., Leivesley, S., y Hogg, C. (1989). *Epidemiología de desastres naturales*. México. Recuperado de <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc728/doc728.htm>.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2010). *Manual del Comité de Operaciones de Emergencia*. Recuperado de http://redhum.org/archivos/pdf/ID_7555_MP_Redhum-EC-ManualdeComitesdeOperacionesdeEmergencia-SNGR-10042010.pdf
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2012). *Manual del Comité de Gestión de Riesgos*. Guayaquil, Ecuador.
- Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos. (2008). *Propuesta de Estrategia Nacional para la Reducción de Riesgos y Desastres*. Quito, Ecuador. Recuperado de www.seteci.gob.ec/index.php?option=com_docman&task.
- Segura, M. (2009). *Los Escenarios de Riesgo de la Zona de Influencia del Volcán Tungurahua*. Quito, Ecuador: Autor.
- SENPLADES – CAF. (2005). *Plan Estratégico Para la Reducción del Riesgo en el Territorio Ecuatoriano*. Quito, Ecuador: Autor.
- SENPLADES. (2007). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2015*. Quito, Ecuador: Autor.
- SENPLADES. (2009). *Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013* (2ª ed.). Quito, Ecuador: Autor.
- Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador SIISE. (2010).

- Sistema Regional de Visualización y Monitoreo de Mesoamérica. (2012). *Gases Liberados en Erupciones Volcánicas*. Recuperado de http://www.servir.net/gases_liberados_en_erupciones_volc%C3%A1nicas_afectan_a_poblaciones_cercanas_al_%C3%A1rea_de_emisi%C3%B3n.
- The International Volcanic Health Hazard Network IVHHN & USGS. (2012). *Los Peligros de las Cenizas Volcánicas Para la Salud. Guía Para el Público*. Recuperado de <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/publicaciones/2012/publicacionesVolcan/HealthGuidelines-SpanishWEB.pdf>
- Wilches, G. (1993). *Los Desastres no son Naturales*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Compilador: Andrew Maskrey.
- Zilbert, L. (1998). *Guía de LA RED para la Gestión Local del Riesgo* (1ª ed.). Lima, Perú. Recuperado de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc10257/doc10257-1a.pdf>.
- Zilbert, L. (2002). *Hacia la construcción del Plan Nacional de Formación y Capacitación del SNPMAD*. Managua, Nicaragua: COSUDE.