

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Análisis de riesgos naturales en la subcuenca del río Blanco, desde su origen hasta la ciudad de Cayambe, provincia de Pichincha

Ana Carolina Ortega García

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniera Civil

Quito

Abril de 2012

Universidad San Francisco de Quito

Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Análisis de riesgos naturales en la subcuenca del río Blanco, desde su origen hasta la ciudad de Cayambe, provincia de Pichincha

Ana Carolina Ortega García

Miguel Araque, Ing.
Director de Tesis

.....

Santiago Gangotena G., Ph. D.
Decano del Colegio Politécnico

.....

Fernando Romo P., Ing.
Decano de Ingeniería Civil

.....

Quito, Abril 2012

© **Derechos de autor:**

Ana Carolina Ortega García

2012

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a Dios, por haberme permitido culminar mi carrera con satisfacción y orgullo.

A mi madre, padre y hermanos porque sin su apoyo y cariño no hubiese alcanzado, ésta, mi mayor meta y por haber confiado en mí en todo momento y no dudaron de mis capacidades.

A Felipe Morales por su apoyo y amor constante, que día a día me ha dado fuerzas para cumplir mi objetivo.

Al ingeniero Francisco Torres por transmitirme sus experiencias, conocimientos y brindarme la gran motivación por la carrera.

Al ingeniero Gustavo Vizcaíno y a Sebastián Gutiérrez que han sabido ser compañeros, amigos y hermanos en cada momento preciso, dándome apoyo y enseñándome que en la vida siempre hay que tener una sonrisa así se tenga un mal momento.

A la Universidad San Francisco de Quito y a la facultad Politécnica por haber sido la sede en donde obtuve mis conocimientos y por abrirme las puertas para prepararme para un futuro competitivo dándome la oportunidad de ser una profesional.

A cada uno de mis maestros, por haber forjado mi carrera, por brindarme su apoyo constante, su pasión por la ingeniería, su paciencia y porque todo lo que aprendí se los debo a ellos, en especial a los ingenieros Miguel Araque, Fabricio Yopez, Patricio Arévalo y Fernando Romo.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo en cada caída y levantada, cuidándome, guiándome y sobretodo dándome fuerzas para continuar día a día. A mis padres, quienes a lo largo de mi vida me han brindado amor y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me ha presentado sin dudar de mí. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

RESUMEN

Este trabajo de tesis comprende la elaboración de un estudio sobre los riesgos naturales en la subcuenca del río Blanco, en el cantón Cayambe, Provincia de Pichincha, Ecuador. La subcuenca tiene una superficie de 39.337 km², nace en las faldas del volcán-nevado Cayambe, cruza la ciudad que lleva el mismo nombre del volcán y desemboca en el río Granobles. El objetivo principal es investigar las características e impactos relacionados con los riesgos naturales que afectan a la subcuenca durante diferentes periodos anuales de precipitaciones. El agua es el riesgo central del análisis, en el que se examinan los problemas causados por deslizamientos glaciales en la subcuenca alta que a través de todo el río va llevando gran cantidad de materiales y escombros, unificando de esta manera los problemas existentes en la subcuenca del río Blanco para la población, ya que estas aguas son utilizadas tanto para consumo humano diario como para las actividades económicas, agrícolas y ganaderas de gran importancia del cantón que se vinculan directamente con el agua ya que con la presencia o ausencia de ella, se ven beneficiados o perjudicados.

ABSTRACT

This thesis presents the analysis of natural hazards affecting the sub-basin of the “Río Blanco” (White River), in the Canton Cayambe, Province of Pichincha, Ecuador; The river has an area of 39.337km² and it is born in the slopes of the Cayambe snow volcano, then it flows through the city that has the same name of the volcano and then it merges into the Granobles River. The main objective is to investigate the characteristics and impacts related to natural hazards affecting the sub-basin area during different rainfall annual periods. The water is the central natural risk of the analysis, which examines the problems caused by glacial landslides in the upper sub-basin that goes through along the river taking all the materials and debris, unifying the existent problems in the sub-basin of the “Río Blanco” (White River) for the people, because these water is used for the daily human consumption, for economic, agricultural, and livestock activities of great importance in the canton are linked directly to the water because with the presence or absence of it, they seem to be benefited or affected.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE MAPAS	XII
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	XIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVI
CAPITULO I	1
1.1) INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.....	1
1.2) DEFINICIÓN Y CONCEPTOS	5
CAPITULO II.....	14
2.1) EVALUACIÓN DE AMENAZAS.....	14
2.1.1 METODOLOGÍA GENERAL PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZAS.....	15
2.1.2 ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE LOS EVENTOS.....	16
2.1.3 EVALUACIÓN DEL GRADO DE AMENAZA O PELIGROSIDAD	18
2.2) EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD.....	19
2.3) EVALUACIÓN DEL RIESGO	21
2.4) AMENAZAS NATURALES.....	23
2.4.1 AMENAZAS HIDROLÓGICAS.....	31
2.4.1.1 Inundaciones.....	32
2.4.1.2 Crecidas Repentinas.....	36
2.4.1.3 Flujos de Lodo y Escombros	37

CAPITULO III	39
3.1) GENERALIDADES DEL CANTON CAYAMBE	39
3.1.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN	40
3.1.2 POBLACIÓN.....	40
3.1.3 ECONOMÍA	42
3.1.4 COMUNICACIÓN	43
3.1.5 SALUD.....	44
3.1.6 EDUCACIÓN	44
3.1.7 CLIMA.....	46
3.1.8 RECURSOS HÍDRICOS.....	47
3.1.9 SUELOS.....	49
3.1.10 VEGETACIÓN.....	50
3.1.11 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	50
3.1.11.1 Riesgo de Sismos Volcánicos	52
3.1.11.2 Riesgos Volcánicos.....	53
3.2) SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO	55
3.2.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN	55
3.2.2 BASE DE LA SUBCUENCA.....	56
3.2.3 MAPA GEOLÓGICO	60
3.2.4 MAPA GEOMORFOLÓGICO	63
3.2.5 MAPA DE SUELOS	67
3.2.6 MAPA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO	71
3.2.7 MAPA DE PENDIENTES.....	74
3.2.8 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES.....	76
3.2.9 MAPA HIDROGEOMORFOLÓGICO	78
3.2.10 MAPAS DE PELIGROS VOLCÁNICOS.....	82
3.2.10.1 Mapa de Peligros Volcánicos: Caídas de piroclastos y avalanchas de escombros	83
3.2.10.2 Mapa de Peligros Volcánicos: Flujos piroclastos y flujos de lodo.....	85
3.2.11 MAPA DE RIESGOS NATURALES.....	87
CAPITULO IV.....	92
4.1) CONCLUSIONES	92
4.2) RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura # 1 <i>Ciclo del agua</i>	33
Figura # 2 <i>Población total y tasa de crecimiento del cantón Cayambe</i>	41
Figura # 3 <i>Auto identificación de la población del cantón Cayambe</i>	41
Figura # 4 <i>Censo del cantón Cayambe</i>	42
Figura # 5 <i>Red de monitoreo del volcán Cayambe</i>	53
Figura # 6 <i>Ubicación de la zona de estudio</i>	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1 <i>Cambios en las ideas e actitudes de las sociedades sobre el peligro de los fenómenos naturales</i>	6
Tabla # 2 <i>Terremotos del Ecuador con intensidades \geq VIII</i>	27
Tabla # 3 <i>Maremotos (Tsunamis) ocurridos en el Ecuador.....</i>	29
Tabla # 4 <i>Registro de erupciones volcánica en el Ecuador.....</i>	30
Tabla # 5 <i>Censo del nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió en la parroquia de Cayambe</i>	45
Tabla # 6 <i>Tipo de servicio higiénico o escusado de las viviendas en la Parroquia de Cayambe</i>	47
Tabla # 7 <i>Tipo de procedencia principal del agua recibida por las viviendas en la Parroquia de Cayambe.....</i>	48
Tabla # 8 <i>Tipo de eliminación de la basura de las viviendas en la Parroquia de Cayambe</i>	48

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa # 1	<i>Mapa base de la subcuenca del río Blanco</i>	59
Mapa # 2	<i>Mapa geológico de la subcuenca del río Blanco</i>	62
Mapa # 3	<i>Mapa geomorfológico de la subcuenca del río Blanco</i>	66
Mapa # 4	<i>Mapa de suelos de la subcuenca del río Blanco</i>	70
Mapa # 5	<i>Mapa de la cobertura vegetal y uso de suelo de la subcuenca del río Blanco</i>	73
Mapa # 6	<i>Mapa de pendientes de la subcuenca del río Blanco</i>	75
Mapa # 7	<i>Mapa de la distribución de las precipitaciones de la subcuenca del río Blanco</i>	77
Mapa # 8	<i>Mapa hidrogeomorfológico de la subcuenca del río Blanco</i>	81
Mapa # 9	<i>Mapa de las posibles caídas de piroclastos y avalanchas de escombros de la subcuenca del río Blanco</i>	84
Mapa # 10	<i>Mapa de los posibles flujos de piroclásticos y flujos de lodo de la subcuenca del río Blanco</i>	86
Mapa # 11	<i>Mapa de riesgos naturales de la subcuenca del río Blanco</i>	91

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama # 1 <i>Modelo genérico de gestión de riesgos</i>	11
Diagrama # 2 <i>Evaluación del Riesgo</i>	22
Diagrama # 3 <i>Fenómenos naturales potencialmente peligrosos</i>	24

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía # 1	<i>Poblado afectado por lluvias e inundaciones en Esmeraldas - Ecuador</i>	34
Fotografía # 2	<i>Inundación en la ciudad de Chone- Ecuador</i>	35
Fotografía # 3	<i>Pantano en la parroquia de San Cristóbal – Ecuador</i>	35
Fotografía # 4	<i>Crecida repentina de agua por lluvias en el sector La Josefina - Ecuador</i>	37
Fotografía # 5	<i>Alud de flujo de lodo y de escombros en provincia de Azuay – Ecuador</i>	38
Fotografía # 6	<i>Volcán Cayambe</i>	51
Fotografía # 7	<i>Volcán Cayambe</i>	56
Fotografía # 8	<i>Base de la subcuenca alta del río Blanco</i>	57
Fotografía # 9	<i>Base de la subcuenca media del río Blanco</i>	58
Fotografía # 10	<i>Base de la subcuenca baja del río Blanco</i>	58
Fotografía # 11	<i>Depósito laharrítico en la subcuenca baja del río Blanco</i>	61
Fotografía # 12	<i>Formación de rocas en el volcán Cayambe sobre restos de una morrena glacial prehistórica</i>	61
Fotografía # 13	<i>Subcuenca baja del río Blanco</i>	63
Fotografía # 14	<i>Subcuenca media del río Blanco</i>	64
Fotografía # 15	<i>Subcuenca alta del río Blanco</i>	65
Fotografía # 16	<i>Suelo tipo Hc y Cn, de la subcuenca media del río Blanco</i>	68
Fotografía # 17	<i>Vista panorámica del volcán Cayambe</i>	69
Fotografía # 18	<i>Utilización del suelo en la subcuenca baja del río Blanco</i>	71
Fotografía # 19	<i>Utilización del suelo en la subcuenca media del río Blanco</i>	72
Fotografía # 20	<i>Utilización del suelo en la subcuenca alta del río Blanco</i>	72
Fotografía # 21	<i>Subcuenca media del río Blanco pendientes desde 5% a 12%</i>	74
Fotografía # 22	<i>Precipitaciones de la subcuenca media y baja del río Blanco</i>	76
Fotografía # 23	<i>Contaminación de la población en la subcuenca baja del río Blanco por las aguas servidas</i>	79
Fotografía # 24	<i>Contaminación de la población en la subcuenca baja del río Blanco por los desechos y animales muertos</i>	79
Fotografía # 25	<i>Contaminación de la población en la subcuenca baja del río Blanco por la utilización del agua</i>	80

Fotografía # 26 <i>Contaminación de empresas en la subcuenca baja del río Blanco</i>	80
Fotografía # 27 <i>Tala de árboles en la subcuenca baja del río Blanco</i>	87
Fotografía # 28 <i>Flujos de lodo de la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Septiembre 2011</i>	88
Fotografía # 29 <i>Flujos de lodo de la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Febrero 2012</i>	88
Fotografía # 30 <i>Fuerza del agua en la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Septiembre 2011</i>	89
Fotografía # 31 <i>Fuerza del agua en la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Febrero 2012</i>	89
Fotografía # 32 <i>Aguas servidas y de lluvia en la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Septiembre 2011</i>	90
Fotografía # 33 <i>Aguas servidas y de lluvia en la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Febrero 2012</i>	90

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo # 1** *Mapa base de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 2** *Mapa geológico de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 3** *Mapa geomorfológico de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 4** *Mapa de suelos de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 5** *Mapa de la cobertura vegetal y uso de suelo de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 6** *Mapa de pendientes de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 7** *Mapa de la distribución de las precipitaciones de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 8** *Mapa hidrogeomorfológico de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 9** *Mapa de las posibles caídas de piroclastos y avalanchas de escombros de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 10** *Mapa de los posibles flujos de piroclásticos y flujos de lodo de la subcuenca del río Blanco*
- Anexo # 11** *Mapa de riesgos naturales de la subcuenca del río Blanco*

CAPITULO I

1.1) INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

Frecuentemente ocurren desastres naturales en el mundo, que de una manera u otra nos afectan, generalmente se cree que estos son producidos por las diferentes actividades humanas, las industrias que contaminan, la polución que generan los automóviles, nadie recicla la basura, el desperdicio del agua y la tala de árboles; son entre un sin número de actividades las que aportan su granito de arena para que se den ciertos fenómenos naturales y ambientales, donde la principal consecuencia es la pérdida de vidas humana y además poco a poco volver inhabitable al planeta donde vivimos.

Por ello, este estudio se ha enfocado en caracterizar y definir las áreas de mayor riesgo para la vida humana, en la subcuenca del río Blanco que cruza la ciudad de Cayambe, analizando la capacidad de la comunidad o sociedad que habita en la zona a prevenir, adaptarse o a reestructurarse mediante la organización, la resistencia y la fuerza respectivamente para poder mantener o alcanzar un nivel de vida aceptable en todo sentido, al saber que están expuestos a diferentes desastres naturales.

Este análisis se determina a través de una evaluación respectiva de la sociedad para conocer si es lo suficientemente organizada, sustentable y fuerte como para valorar, reconocer la zona donde habitan y aprender de los desastres naturales pasados y así poder en cierta medida reducir el peligro y sobretodo tener una mejor protección tanto para ellos como seres humanos como para sus bienes materiales.

El Ecuador se encuentra ubicado en una zona caracterizada por su gran complejidad tectónica a nivel mundial. Se localiza sobre en el punto de choque de las placas Oceánica de Nazca y la Sudamericana, las cuales están en un proceso de subducción. A consecuencia de ello, el Ecuador también es parte del “Cinturón de Fuego del Pacífico”, el cual se caracteriza por tener una serie de volcanes que en su mayoría se encuentran activos y por lo tanto mantienen al país bajo una constante actividad volcánica y sísmica.

Por otro lado, la zona de convergencia intertropical (ZCIT) también cruza al Ecuador, esta zona es un cinturón de bajas presiones que rodea al planeta y que se caracteriza por generar

gran cantidad de precipitaciones ya que aportan aires cálidos y húmedos, ayudando a la formación de fenómenos naturales hidrológicos como inundaciones, crecidas repentinas, flujos de lodo y escombros, tsunamis, granizados, olas de calor, huracanes, tornados, desertificaciones, salinizaciones, sequías, erosiones y sedimentaciones, desbordamientos de ríos y olas ciclónicas, entre otros; y a consecuencia de estos fenómenos en ocasiones se generan fenómenos geomorfológicos como deslizamientos, flujos de lodos y erosión del suelo.

Por todo esto, el Ecuador está sometido a constantes pruebas de la naturaleza, donde en la mayoría de los casos estos han causado grandes y graves daños tanto en las vidas humanas, como en las infraestructuras, el medio ambiente y en una gran escala en la economía nacional.

A nivel internacional mediante un sin número de estudios que han llevado a diferentes congresos mundiales se ha llegado que hoy en día es de suma importancia la necesidad de implementar dentro de la gestión del riesgo el estudio del “análisis y evaluación de riesgos naturales”, lo que consiste en evaluar e identificar las amenazas y la vulnerabilidad de los fenómenos de mayor peligro y los posibles efectos que puedan llegar a tener para la sociedad. Teniendo como objetivo generar y servir como base para la elaboración de los planes de mitigación, prevención y emergencia.

Dentro de este análisis también se puede definir o realizar una evaluación de diferentes proyectos para lograr una disminución del riesgo en un área específica, mediante la realización de planes organizados, establecidos por un grupo de personas que por lo general está constituido por expertos, gente de la municipalidad y de la comunidad; que de una manera organizada y planificada se busca la reducción de la vulnerabilidad y del riesgo y de esta manera una calidad de mejor vida.

Del resultado de todo el análisis se podrá obtener información importante acerca de que zonas son más vulnerables que otras y la historia de los eventos que han ocurrido, su magnitud y sus consecuencias. Esto permite por una parte, obtener toda la información histórica sobre los fenómenos naturales ocurridos anteriormente y por otro lado también permitirá conseguir una evaluación y una probabilidad de los diferentes desastres que puedan ocurrir dentro de toda la zona de estudio. De esta manera se podrá llegar a un ordenamiento territorial y al mismo tiempo una planificación adecuada. Finalmente, esto

también va a permitir la integración de la comunidad en estos temas de suma importancia para su vida diaria.

Con todo lo dicho anteriormente se define a la gestión del riesgo como un proceso de implementar diferentes estrategias y herramientas, obtenidas gracias al estudio por parte de expertos, la municipalidad y la población que se basaron en conocimientos técnicos, económicos, políticos y sociales, con el objetivo de poder reforzar las capacidades de una sociedad para que esta tenga la organización y la suficiente destreza para reducir el riesgo de los diferentes fenómenos naturales.

Para llegar al proceso de implementar las diferentes estrategias y herramientas dichas anteriormente, se debe realizar un estudio metódico, basado en los factores de amenaza, vulnerabilidad y riesgo donde se busca analizar la probabilidad de pérdidas de diferentes elementos o sistemas del objeto de estudio.

Para poder tener una idea inicial del concepto de estos factores, se dice que la amenaza, trata de dar una probabilidad de ocurrencia mediante una predicción de un cierto evento basándose en la magnitud de dicho evento para poder evaluar si el medio afectado puede resistir o no.

La vulnerabilidad se enfoca en el nivel de afectación que va a sufrir todo el entorno dentro del medio debido a la afectación causada por la magnitud de la amenaza.

Y a continuación se cita el concepto de riesgo dado por el documento de Las Naciones Unidas, “*Vivir con el Riesgo: Informe mundial, ONU*”, donde menciona que el riesgo es la “*probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad*” (E. Naciones Unidas)

Como se puede concluir, el riesgo está basado en el análisis tanto de la amenaza y de la vulnerabilidad. Por lo tanto, para poder tener una buena información sobre el riesgo de una cierta amenaza, va a depender mucho de cómo estén elaborados los informes sobre la amenaza y la vulnerabilidad respectivamente, y de la información recopilada que se ha dado a través de la historia así como la información actual que se haya utilizado como sustento tanto para los informes mencionados como para el análisis de riesgo.

Hay que recalcar que los tres factores se van a ver alterados por la opinión de la población afectada, ya que como se sabe cada uno de los seres humanos tenemos una manera diferente de percibir y de identificar el peligro por lo cual la gente del medio afectado no va a compartir las mismas apreciaciones sobre la amenaza, la vulnerabilidad y por ende sobre el riesgo y sus consecuencias.

Mundialmente se sabe que la gente más afectada por diferentes amenazas, es la que menos formas tiene de llegar a la información y por ende tiene pocos conocimientos sobre estos tres factores de los que se ha hablado.

La gente ignorante sobre los conceptos de amenaza y vulnerabilidad no tiene una conciencia sobre el peligro que corren tanto sus propias vidas como sus bienes. Por ejemplo, hay campesinos que construyen sus casas en las laderas de las montañas, en zonas donde se identifica claramente que son propensas a deslizamientos, por lo tanto existe una alta vulnerabilidad sobre una cierta amenaza como por ejemplo una fuerte lluvia. Y si ocurre dicha amenaza, se ejecuta el mayor riesgo donde el deslizamiento se lleva la vida de las personas y todos sus bienes.

Con este ejemplo se ve, que es de suma importancia tener conocimiento sobre el significado de los tres factores y de cómo se los puede relacionar con la vida diaria; esto va a permitir que la percepción de una población sea relativamente semejante y así se va a poder cuidar mejor el medio ambiente y disminuir en cierta medida las pérdidas de vidas humanas, las económicas y las infraestructuras.

Por estos problemas de falta de conocimientos a nivel mundial sobre la mitigación de desastres naturales y cómo evitarlos se realizó la “Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres” (Naciones Unidas) en el año 2005. Donde se buscó principalmente llegar a un acuerdo mundial, para dar una mayor importancia a la reducción de desastres. Se recomendó que cada nación, tome en consideración y en el mejor de los casos que implementen los objetivos llegados en dicha conferencia, dependiendo por supuesto de las circunstancias y capacidades específicas de cada nación.

Los cinco objetivos llegados en la conferencia se presentan a continuación:

1) Velar por que la reducción de los riesgos de desastres constituyan una prioridad

nacional y local dotada de una sólida base institucional de aplicación.

- 2) *Identificar, evaluar y vigilar los riesgos de desastres y potenciar la alerta temprana.*
- 3) *Utilizar los conocimientos, las innovaciones y la educación para crear una cultura de seguridad y de resiliencia a todo nivel.*
- 4) *Reducir los factores de riesgo subyacentes.*
- 5) *Fortalecer la preparación para casos de desastres a fin de asegurar una respuesta eficaz a todo nivel.*

1.2) DEFINICIÓN Y CONCEPTOS

Muchas veces surge la duda de cómo las sociedades antiguamente combatían los fenómenos naturales, que pensaban de ellos o como era su forma de mitigación. Pues en la antigüedad por lo general, se pensaba que los fenómenos naturales eran castigos de los Dioses y se tenía que aceptar o simplemente tenían diferentes enfoques de ver los desastres como sobrenaturales. Pero al pasar muchos años se fue cambiando este concepto gracias a dos filósofos. Inicialmente el filósofo francés, Jean Jacques Rousseau, pensaba que los fenómenos no eran castigos de Dioses si no que el hombre mismo era el cual los provocaba. Este filósofo tras la pérdida entre 60mil y 100 mil personas en el catastrófico terremoto ocurrido el 1 de noviembre de 1755 en Lisboa, afirmó que “*el hombre es responsable del peligro*” y menciona “*que si los efectos del terremoto fueron tan terribles, la culpa fue de los habitantes*”.

Mientras que el filósofo Alemán, Immanuel Kant, mantenía una teoría donde pensaba que las causantes del terremoto eran una grandes cavernas de gases calientes que se encontraban en el interior de la tierra. Aunque su teoría fue errada, por lo menos fue una de las primeras teorías donde se presentaban causas naturales de los fenómenos dejando de lado las sobrenaturales; por esta razón se considera a esta como el principio de la sismología.

El estudio sobre los desastres, ha estado de cierta manera presente en todas las civilizaciones. Por mencionar algunas, la Sumeria-Caldea-Semita (Babilonia), Egipcia, Mesopotámica, China, Hebrea, Griega, Hindú, Celta, Persa, Romana, Bárbara, Arabe-islámica, Mesoamericana, Andina, Africana, Mongol, Cristiana medieval, occidental (Edad Moderna), occidental (Edad Contemporánea), occidental (desde mediados del siglo XX) y globalización (desde 1989). En cada una de estas civilizaciones se han realizado diferentes estudios e hipótesis donde se ha tenido diversas perspectivas y significados que han aportado a que las sociedades tengan una diferente actitud ante el riesgo. Esto se presenta en la siguiente tabla.

Tabla # 1 *Cambios en las ideas e actitudes de las sociedades sobre el peligro de los fenómenos naturales*

Periodo	Actitud social ante el riesgo	Políticas ante los desastres naturales
Hasta los años 60	Respeto al medio y sus dinámicas	Medidas curativas post desastre
	Adaptación del hombre y sus actividades a las condiciones de la naturaleza	
Años 60 y 70	Ruptura de la dinámica natural por parte del hombre	Medidas curativas pre y post desastre
	Actitud de superioridad del hombre frente a la naturaleza	
Años 80 en adelante	Reconocimiento del deterioro ambiental causado por el hombre	Medidas preventivas
	Llamamiento desde la racionalidad científica a la adopción de medidas de reducción de desastres compatibles con el medio	Sistemas de alerta temprana
	Adopción de medidas de ordenación racional de usos del territorio	Ordenación racional del territorio
		Medidas curativas post desastre

Fuente: (Ayala Carcedo)

En 1979 se dio una reunión en Génova en Italia de investigaciones y estudios de la UNESCO y la “United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO)” con el fin de proponer una unificación de definiciones y presentar el informe “*Natural Disasters and Vulnerability Analysis*”(Expert Group Meeting). Dentro de este trabajo se presentan las siguientes de definiciones:

- a) **Amenaza, Peligro o peligrosidad (Hazard – H):** Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un área dada.
- b) **Vulnerabilidad (Vulnerability – V):** Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0a 1o pérdida total.
- c) **Elementos en Riesgo o Exposición (Elements at Risk – E):** Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, la infraestructura expuesta a un área de peligro.
- d) **Riesgo Específico (Specific Risk – Rs):** Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.
- e) **Riesgo total (Total Risk – Rt):** Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico Rs, y los elementos en riesgo E.

Pero a pesar de ello, en el año 2005 la Organización de las Naciones Unidas (ONU), pidió a la United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) que actualizara los términos generales sobre la gestión de riesgos para poder propagar dicha terminología con el afán de normalizarla mundialmente. La UNISDR presento el informe “Terminología sobre reducción del riesgo de desastre” (U. Naciones Unidas) en el 2009, donde para nuestros intereses se aumentó las definiciones de amenaza natural y desastre y solamente se modificó las definiciones de vulnerabilidad y riesgo. Dichos significados se los presenta a continuación:

- a) **Amenaza Natural:** es un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la

pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

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

c) Desastre: *es una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos.*

d) Riesgo: *la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.*

Con dichas definiciones se entiende al riesgo mediante una ecuación general la cual es ampliamente aceptada a nivel mundial y que define la relación entre amenaza, vulnerabilidad y riesgo, esta ecuación es:

$$R_{ie_t} = (A_i \times V_e)_t \quad \text{Ecuación \# 1}$$

Si lo explica en palabras, inicialmente se debe conocer la evaluación de la amenaza o peligro (A_i), que como se definió anteriormente la evaluación de una amenaza es la probabilidad de que se presente un fenómeno con intensidad mayor o igual a (i) y que está presente en un periodo de tiempo (t). Y posteriormente se debe conocer la evaluación de la vulnerabilidad (V_e), la cual es el nivel de capacidad de resistencia del medio o elemento (e) a sufrir los efectos del fenómeno con una intensidad (i) y en un tiempo (t).

Por lo tanto el riesgo va hacer la multiplicación de la amenaza del fenómeno con una intensidad (i) y en un tiempo (t) por la vulnerabilidad del medio o del elemento (e) ante el fenómeno con una intensidad (i) y en un tiempo (t). O sea se entiende al riesgo como la probabilidad de perdida que tiene el medio (e) ante el fenómeno con intensidad (i) en un tiempo (t). (Cardona, Estudios de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico)

Con base en la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo se construye el concepto de gestión de riesgo, donde el objetivo de esta gestión es reducir los riesgos de tal manera que al momento de que ocurra un fenómeno, el medio o elemento pueda manejarlos; mediante diferentes decisiones administrativas. Pero según el doctor Allan Lavell, la gestión de riesgos es “... *no solo la reducción del riesgo, sino la comprensión que en términos sociales se requiere de la participación de los diversos estratos, sectores de interés y grupos representativos de conductas y modos de vida (incluso de ideologías y de perspectivas del mundo, la vida, la religión) para comprender como se construye un riesgo social, colectivo, con la concurrencia de los diversos sectores de una región, sociedad, comunidad o localidad concreta...*” (Lavell y Arguello Rodríguez).

Lo que se entiende por el escrito del doctor Lavell sobre la gestión del riesgo, es que no solamente es la reducción del riesgo como se cree, sino que también dentro de esta gestión entra la contribución de la sociedad, y el complemento tanto de la intervención de la sociedad junto con el objetivo de la disminución de la vulnerabilidad, es lo que permite una exitosa gestión de riesgo.

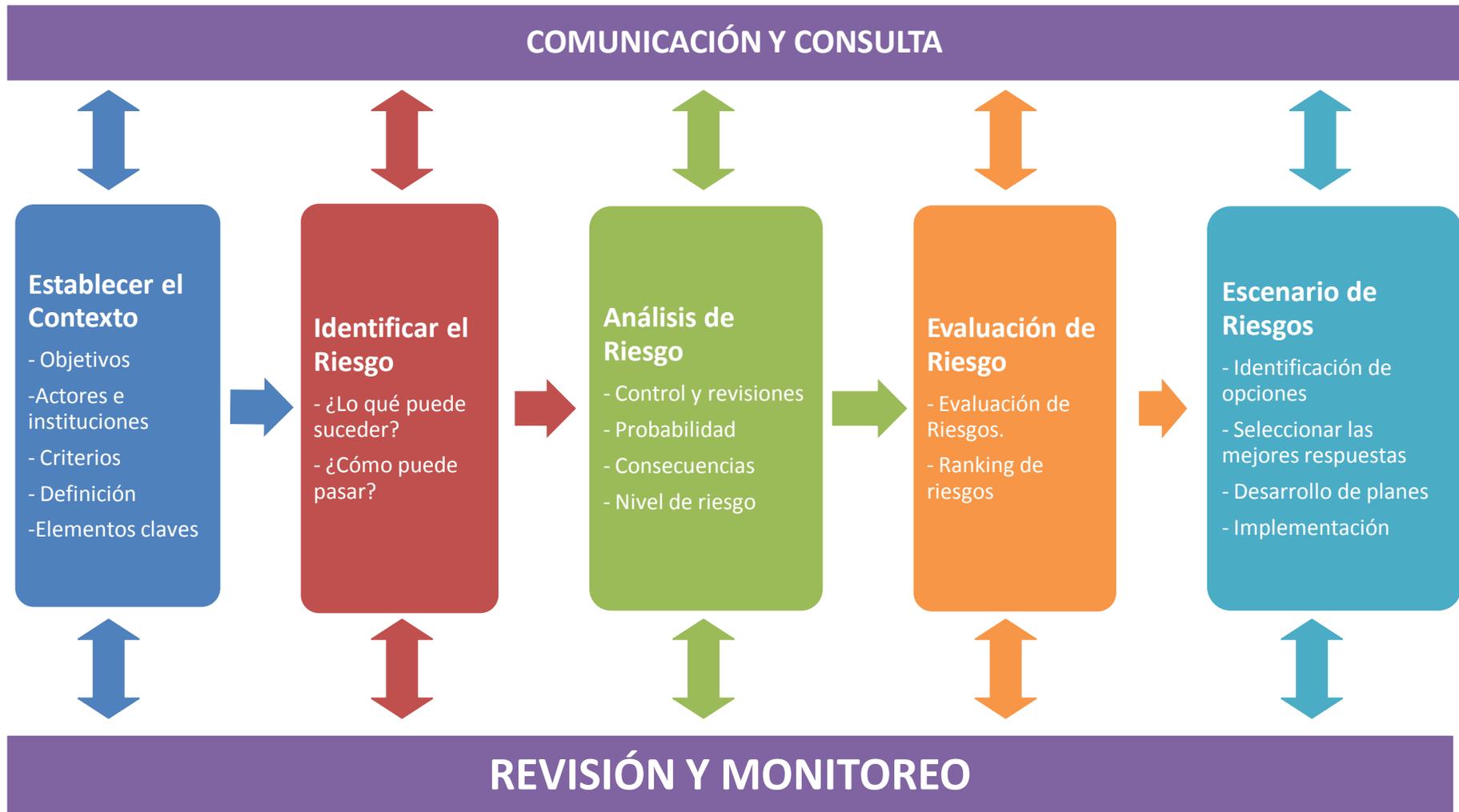
Con lo cual se puede definir a la gestión de riesgo como el enfoque y la práctica sistemática de tratar la incertidumbre para disminuir los daños y las pérdidas potenciales que un desastre pueda ocasionar, este proceso abarca la evaluación y el análisis, al igual que la implementación para la elaboración de estrategias y acciones planificadas para inicialmente controlar, luego reducir y finalmente transferir el riesgo.

Al hablar de la intervención de la sociedad, se refiere al apoyo y a la concientización de la gente con respecto al riesgo para encontrar la manera en que ellos puedan intervenir tomando las respectivas decisiones y prioridades, y diseñando estrategias e elementos para implementarlos con el fin de poder reducir, soportar o utilizar de alguna manera el impacto.

Hay que recalcar que no se menciona que la participación de la sociedad, vaya hacer una reducción por completo al riesgo o mucho menos la solución. Simplemente es una reducción de la vulnerabilidad para la sociedad ante el riesgo, que les permite de una a otra manera obtener una mejor protección tanto para ellos como para las infraestructuras, simplemente por el hecho de estar preparados, de entender el concepto, el alcance del fenómeno y la forma de mitigación que la sociedad puede aplicar.

La manera cómo se puede manejar y el seguimiento de los pasos para la gestión de riesgo se puede observar en el siguiente diagrama. Donde se puede decir que el núcleo de la gestión es la identificación del riesgo y para reconocerlo, se debe inicialmente identificar lo que está en riesgo para que de esta manera se identifique al propio riesgo. Dentro de este modelo se presenta 5 temas principales de análisis los cuales son: establecer el contexto, identificación, análisis, evaluación y escenario.

Diagrama # 1 Modelo genérico de gestión de riesgos



Fuente: Risk Management Standard, AS/NZS 4360:2004

Se define al análisis de riesgo como el estudio y el proceso sistemático para poder comprender de alguna manera el porqué de los posibles eventos riesgosos y de las amenazas existentes, los daños que ocasionarían los eventos y las amenazas y las consecuencias que estos pudieran ocasionar. Es decir, analizar todo el riesgo o mejor dicho la naturaleza en sí del riesgo; Este análisis servirá como base para la gestión de riesgos y por ende será base de los planes de prevención y mitigación.

Para poder obtener un análisis de riesgo se debe realizar los tres siguientes pasos:

- a) Evaluación de las amenazas
- b) Evaluación de las vulnerabilidades
- c) Evaluación de los riesgos

Para realizar la evaluación de las amenazas será necesario contar con la participación de expertos, de la municipalidad y de la comunidad para poder obtener inventarios de los fenómenos naturales tanto escritos como de experiencias. Con lo que respecta al terreno se deberá hacer una visita presencial en el campo y realizar observaciones y las mediciones respectivas. Por otro lado se deberá revisar toda la información científica disponible como fotos aéreas, informes, mapas, encuestas, etc.

Al final de este proceso se podrá obtener una idea de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno natural, el área aproximada de la afectación y su severidad.

Generalmente para poder representar los resultados en cifras, se considera que existe un evento (A) de magnitud (A_i) (la cual está definida por la velocidad, volumen, profundidad, energía etc.), que genera una amenaza en un sitio específico $e(A_i)$ y con una probabilidad de ocurrencia (%/año). Para poder entender mejor se analiza el siguiente ejemplo. Un evento posible sería un (A) = sismo, de magnitud (A_i) = 6.5 y 7.0 M_L , con una probabilidad de ocurrencia de 1%/1 año.

Esta información obtenida tras el análisis de las amenazas, se la deberá presentar en un mapa de amenazas, el cual será de gran utilidad para determinar el uso del territorio y para la evaluación de riesgos existentes y potenciales.

Por otra parte, la evaluación de la vulnerabilidades el proceso por el cual se puede

determinar el nivel de exposición y predisposición de daños y pérdidas en una sociedad, ante una amenaza determinada. El proceso para obtener esta evaluación, consiste en tratar de identificar y evaluar los elementos vulnerables y encontrar un porcentaje de las pérdidas que se pudiera obtener tras el efecto de un desastre.

Representando en cifras, se tiene que existe un evento (A) de magnitud (A_i) (la cual está definida por la velocidad, volumen, profundidad, energía etc.), que va a generar un impacto y donde los elementos expuestos van a tener una vulnerabilidad específica $V(A_i)$. Estos elementos van a tener un valor en moneda (W) el cual también va a estar expuesto a pérdida.

Por último, la evaluación del riesgo, es el proceso donde se estima las posibles pérdidas para diferentes eventos. Para esto se realiza una relación entre los datos obtenidos de la evaluación de las amenazas con los datos de la evaluación de las vulnerabilidades.

Con esto se podrá obtener las consecuencias monetarias que va a generar un evento específico en los ámbitos tanto hacia la sociedad, como la economía y el medio ambiente.

Por lo que el riesgo se lo puede obtener mediante la siguiente ecuación por:

$$R_i = p(A_i) \times W \times V(A_i) [$/año] \qquad \textbf{Ecuación \# 2}$$

CAPITULO II

2.1) EVALUACIÓN DE AMENAZAS

Como se definió en el capítulo 1, la amenaza se la expresa como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno en un sitio y en un tiempo específico. Pero si se habla de una amenaza natural se dice que es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural relacionado con el peligro de ocurrencia en un tiempo y en un sitio que afecte a los seres humanos o a las infraestructuras.

Durante la existencia de los seres humanos, la ciencia ha intentado realizar sistemas que permitan prever los diferentes tipos de amenazas, pero debido a la complejidad de los fenómenos, tanto el sitio específico de ocurrencia como el periodo de tiempo son totalmente impredecibles.

Por esta razón, es donde entra la importancia de la evaluación de amenazas, la cual permite tener ideas aproximadas de la ocurrencia de los eventos y este puede ser tanto en corto, mediano o largo plazo.

El punto principal de esta evaluación, se basa en la cantidad y calidad de la información que se disponga sobre los eventos que han ocurrido en el pasado en el sitio que se quiere realizar dicha evaluación, puede ser información que se ha recopilado durante la historia e información obtenida por monitoreos constantes, de mapas geológicos, geomorfológicos, del suelo, del uso del suelo, climáticos, hidrológicos, topográficos, fotografías aéreas o satelitales, mediciones de campo, trabajos escritos, encuestas, en fin cualquier tipo de información que sea útil. Luego toda esa recopilación de información permitirá realizar un análisis entre el análisis del comportamiento físico de los eventos a través de la historia con un análisis probabilístico, tanto en los aspectos de ocurrencia como intensidad.

Obteniendo de esta manera, un modelo con un grado de aproximación (dependiendo de la cantidad de información) de severidad y en un tiempo dado, de los eventos que posiblemente o probablemente puedan ocurrir en la zona en donde se realizó la evaluación.

Se refiere a posible cuando puede suceder mientras que se refiere a probable cuando se espera que ocurra debido a las razones científicas estudiadas en la evaluación.

2.1.1 METODOLOGÍA GENERAL PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZAS

Explicado ya en qué consiste la evaluación de amenazas se puede concluir fácilmente que consiste en un pronóstico de la magnitud y del tiempo de ocurrencia de un fenómeno natural. Esto nos ayuda primeramente a obtener una idea para dar una evaluación clara del riesgo y de los niveles de vulnerabilidad que pudiera haber en las zonas de influencia. Para luego poder precaver a la población de la zona del posible evento y de cierta manera poder estar mejor preparados y evitar así un mayor desastre.

La metodología de evaluación de amenazas consiste en la elaboración seria de un trabajo completo, que principalmente se lo realiza con la ayuda y coordinación de la municipalidad de la zona, con la cual se establece los puntos de estudio y de base para la realización del trabajo. Posteriormente se enfoca en la recopilación de la información existente sobre los diferentes tipos de amenazas en la zona con la ayuda de la municipalidad, donde primeramente se realiza una evaluación de la información para comprobar su calidad, actualidad y confiabilidad. Dentro de este punto se busca trabajos escritos, informes, tesis, entre otros que se hayan realizado sobre los peligros naturales. También se recopila información en sitio, en donde se realiza las observaciones necesarias del terreno para encontrar evidencia de la zona afectada, se obtiene fotografía, mediciones del campo y se realiza encuestas y entrevistas a la población involucrándola y haciéndoles partícipes ya que son los potencialmente afectados.

Luego con toda la información obtenida, se realiza el trabajo que se llama trabajo de oficina, donde inicialmente se estudia y se analiza la información topográfica y fotográfica buscando áreas susceptibles a inestabilidad de terrenos, a inundaciones, a fenómenos volcánicos de flujos de piroclastos o de lava, a sismos y a procesos torrenciales; que permite tener una primera idea general del área para llegar a un diagnóstico y evaluación preliminar de la zona que nos permite hacer el levantamiento del campo, en el cual se establecen las diferentes zonas afectadas. Se elaboran los mapas representando las diferentes amenaza, a las cuales esta exhibida la zona de estudio junto a los documentos de

análisis y explicación de dichos mapas; la cantidad de los mapas va a depender de la cantidad de las diferentes amenazas que puedan haber, estos pueden ser terremotos, tsunamis, huracanas, inundaciones, derrumbes, sequias, deforestación, epidemias, desertificación, erupciones volcánicas, entre otros.

Dicha parte del trabajo se presenta, se analiza y evalúa junto a la municipalidad, las zonas críticas sobre todo las habitadas, para poder presentar diferentes recomendaciones para la reducción de la vulnerabilidad de las zonas con mayor nivel de amenaza buscando de esta manera una mayor seguridad para la población.

Con este análisis y con las recomendaciones respectivamente, se presenta una propuesta para la zonificación territorial inicial con la cual se busca una organización planificada y regulada para el uso del suelo y el potencial de uso.

Con toda la información presentada se procede a realizar el informe final donde se escribe todo lo realizado. Dicho informe se presenta tanto a la municipalidad como a la población para hacerles conocer de los peligros a los que están expuestos y recomendar las medidas que se pueden tomar como consejos sobre el uso del suelo, del agua o donde y como deben construir sus viviendas con el objetivo de despertar y genera una conciencia de prevención dentro de la comunidad. El trabajo queda finalizado cuando toda duda tanto por parte de la municipalidad como de la población queda disipada y aclarada; permitiendo posteriormente entregar todos los documentos en las manos de la municipalidad para que puedan estar a la disposición de la población.

2.1.2 ESTIMACIÓN DE PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE LOS EVENTOS

Cualquier tipo de evento con un alto grado de peligrosidad es un evento de riesgo para los seres humanos, para la actividad de estos y para los animales, donde en muchos casos llega a convertirse en grandes catástrofes con resultado de varias vidas humanas perdidas. Es por ello, que el fin de todo trabajo de investigación sobre las amenazas naturales es buscar una estimación de probables eventos que pueden ocurrir para poder planificar una mitigación y de esta manera tratar de evitar la ocurrencia del mismo, con el objetivo de disminuir las perdidas tanto humanas como materiales. Para esto principalmente se informa a la población de la zona para que tengan las precauciones

respectivas.

El cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un evento siempre está basado primordialmente en la información que se tenga sobre los eventos que han ocurrido en el pasado con respecto a la actividad, la intensidad y el lugar de ocurrencia. Con dicha información se procede a realizar un análisis relativo probabilístico donde estudia los eventos que pueden tener relevancia con lo que se busca realizar, para poderme explicar mejor.

Por ejemplo, se tiene información de los últimos 100 años sobre los deslizamientos del glaciar del volcán Cayambe, en donde nos dice que han ocurrido alrededor de 11 deslizamientos de este tipo, más o menos 1 por cada 9 años. Por lo tanto se analiza, se concluye y se dice que en los próximos 10 años es muy probable de que ocurra un deslizamiento glaciar en las faldas del nevado Cayambe. Esto también, se lo puede entender de otra forma diciendo, existe un 10% de probabilidad de que ocurra un deslizamiento glaciar en las faldas del nevado Cayambe en un año.

Aquí se introduce un nuevo concepto, el periodo de retorno, el cual es el tiempo medio transcurrido entre la ocurrencia de dos eventos con la misma característica específica y con posibles efectos de gran magnitud; por lo tanto en el anterior ejemplo se puede decir que el periodo de retorno es 10 años.

Con dicho significado explicado, ahora se entiende que el periodo de retorno tiene una gran importancia dentro de la elaboración de los mapas, ya que la probabilidad de ocurrencia con la cual se vaya a elaborar los mapas va a depender del periodo de retorno con el cual se haya analizado la probabilidad.

Es aconsejable, que para los mapas se utilice un periodo de retorno de 50 o 100 años; ya que si uno se limita a un periodo de 10 años van existir eventos que no ocurran cada 10 años, o sea es muy limitado el tiempo que se está dando y la probabilidad es muy grande. En el caso de tomar un periodo de retorno de 500 años ocurre lo contrario, la probabilidad es demasiado pequeña y será irrelevante planificar una mitigación en tan largo plazo.

Es por esto que se aconseja periodos de retorno de 50 o 100 años ya que en estos casos, habría una probabilidad de un 25% (uno en cuatro) y un 50% (uno en dos)

respectivamente.

2.1.3 EVALUACIÓN DEL GRADO DE AMENAZA O PELIGROSIDAD

Con la estimación de la probabilidad de ocurrencia y junto a la información recopilada de los distintos medios, se puede realizar una evaluación del grado de amenaza en toda la zona de estudio para representarla en un mapa de amenazas. Básicamente lo que se busca en esta evaluación es obtener una apreciación del riesgo existente dentro de la zona de estudio y en qué grado estarían expuestas las vidas humanas que se encuentren en esa localidad.

Para realizar esta evaluación primeramente se analiza en conjunto y luego por separado cada aspecto que pueda causar una amenaza, por ejemplo se analiza el mapa geomorfológico que nos presenta las formas de los relieves de la zona, luego se analiza el mapa de precipitaciones el cual nos da la cantidad de lluvias en la zona, y posteriormente se estudia el hecho que en cierta zona siempre han existido gran cantidad de deslizamientos que destruyen los cultivos. Así se relacionan cada uno de los aspectos, se ve que en la zona que siempre ocurren deslizamientos, presenta una geomorfología con pendientes y un suelo arcilloso e inestable y además las precipitaciones van desde 700 a 1000 mm, por lo tanto se concluye inicialmente que es una zona de peligro y posterior se analiza que, debido a que solamente es una zona de cultivos y no de vivienda tiene una peligrosidad media. Por lo que al momento de representar esto en el mapa se dibuja la zona respectiva como una zona de peligro medio.

Este ejemplo nos permite entender mejor como se realiza el procedimiento para evaluar el grado de peligrosidad de toda la zona de estudio involucrando todo aspecto posible y enfocándose primordialmente en las zonas donde la vida humana corre peligro al igual que las zonas de viviendas que en si abarcaría la zona de las ciudades, pueblos o comunidades.

Este grado de peligrosidad permite apreciar el grado de riesgo que hay en un espacio específico, por esta razón es por lo cual existen diferentes niveles para el grado de amenazas que nos permiten diferenciar rápidamente de una zona de alto peligro, de medio, de bajo o nulo.

Por lo general en los mapas se representa los cuatro grados anteriormente mencionados, de color rojo, anaranjado, amarillo y blanco respectivamente. El grado de amenaza nulo se lo representa por el color blanco, que señala que no existe ningún tipo de amenaza o que si este existiera, sería totalmente despreciable y que no afectaría a la zona poblada.

El grado de amenaza bajo, está representado por el color amarillo, el cual es una zona donde el grado de la amenaza por cualquier causa es bajo, tanto las personas como las diferentes infraestructuras no corren riesgo de sufrir daños graves, pero ya en este grado hay que tener precauciones.

El grado de amenaza medio representado por el color anaranjado, nos dice que pueden haber daños severos o menores si existe previas precauciones. Si las personas están en el exterior de cualquier infraestructura correrían peligro, pero pueden protegerse estando dentro de infraestructuras ya que sería lo más seguro. Mientras que las infraestructuras sí estuvieron construidas correctamente bajo el manual de la construcción podrían proteger a la gente y no sufrir colapsos mientras ocurre el fenómeno solamente daños.

Y por último el grado de amenaza alto representado por el color rojo, nos muestra que va haber daños severos aunque existan previas precauciones. Si las personas están tanto en el exterior como en el interior de las infraestructuras corren peligro. Mientras que las infraestructuras tiene un alto peligro de colapsar durante el fenómeno.

2.2) EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad puede ser aplicada a varios aspectos, como por ejemplo se tiene la vulnerabilidad económica, social, ambiental, cultural, estructural, natural, informática, demográfica, personal, educativa, técnica, física entre otros.

Es por esto que muchas veces el significado de vulnerabilidad nos puede confundir. Pero para entender en forma integral se define la vulnerabilidad global, como un sistema que evoluciona con el tiempo y que por lo tanto está formado por un conjunto de elementos que interactúan entre ellos, donde cada uno tiene sus respectivas características y maneras de actuar, pero forman un solo conjunto y van a tomar parte de una lugar común y particular.

Posteriormente esta vulnerabilidad global se divide en el resto de subtemas anteriormente mencionados pero siempre entre ellos van a estar relacionados de una u otra

manera. Los subtemas más relevantes para este trabajo son la vulnerabilidad física, económica, social, técnica y ambiental.

- *Vulnerabilidad física:* se enfoca especialmente en dos aspectos, el primero son las zonas de riesgo que se encuentran habitadas por lo general por personas de bajos recursos económicos y el segundo son las estructuras físicas de las zonas pobladas que estas en riesgo.
- *Vulnerabilidad económica:* está relacionada con la cantidad de desastres que pueda haber en una zona específica y la cantidad de víctimas a consecuencia de ello. Donde la economía tiene una relación indirecta, ya que los países o sectores, que tienen una mayor estabilidad económica son menos susceptibles a sufrir víctimas por desastres que los países o sectores que tienen una menor estabilidad económica.
- *Vulnerabilidad social:* se la relaciona con la manera de cómo una sociedad esta organiza, preparada y prevenida para responder a diferentes amenazas naturales dependiendo de la zona de localización y de la misma manera como la sociedad esta organiza, preparada y prevenida para restablecerse y recuperarse en todo aspecto humano, de salud y como sociedad después de un desastre.
- *Vulnerabilidad técnica:* está íntimamente relacionada con la vulnerabilidad física, educativa, social y económica por lo que esta vulnerabilidad se relaciona con la falta de aplicación de códigos de construcción que por lo tanto conllevan a incorrectas técnicas de construcción de edificaciones o infraestructuras donde su fin es de proteger o ayudar en un cierto grado a la mitigación de los desastres naturales y que no pueden cumplir con este fin por la mala construcción relacionada con la falta de recursos económicos.
- *Vulnerabilidad ambiental:* es la cantidad y calidad de resistencia medida por su geomorfología, que tiene el medio con respecto a sufrir diferentes desastres naturales ya sean físicos o biológicos.

Uniendo en contexto todos estos tipos de vulnerabilidades se concluye que para una evaluación de vulnerabilidad lo que se busca es una valoración del nivel de todo tipo de exposición y afectación que están expuestas las zonas habitadas, edificaciones y diferentes infraestructuras existentes ya sean de producción, económicas, culturales, etc. A un fenómeno natural con cierto grado de fuerza y de influencia sobre una zona específica.

Por lo tanto para una evaluación de las vulnerabilidades inicialmente se identifica y se evalúa los elementos vulnerables para luego determinar el nivel de exposición y predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos frente a una amenaza determinada. Posteriormente se lo debe representar en cifras para poder definir la vulnerabilidad en diferentes niveles.

Al igual que una evaluación de amenazas, la evaluación de vulnerabilidad se la representa mediante un mapa, donde se localiza principalmente las zonas habitadas, las diferentes infraestructuras vitales de mayor importancia y las zonas de actividades como agricultura, turismo y transporte; y habitualmente se representa la vulnerabilidad de las zonas por tres niveles: vulnerabilidad baja, vulnerabilidad media y vulnerabilidad alta, que depende de los indicadores del nivel de exposición que se hayan tomado. Por lo general se toma rangos en porcentaje donde por ejemplo: la vulnerabilidad baja tiene un rango desde 0%-35%, una vulnerabilidad media tiene un rango desde el 35% hasta el 65% y la vulnerabilidad alta va desde un 65% a un 100%.

2.3) EVALUACIÓN DEL RIESGO

El riesgo como se mencionó anteriormente en términos muy simple se lo identifica como la relación de la amenaza y de la vulnerabilidad de los elementos presentes. Analizando esto, se dice que establece la relación entre la probabilidad de ocurrencia del fenómeno con una cierta intensidad que dependiendo de eso va a causar daños y entre las condiciones y la manera que la sociedad tiene a absorberlos.

Por lo que al riesgo se lo relaciona con la probabilidad de pérdidas y daños que pueda generar. El estudio de esta última probabilidad se realiza dentro de la evaluación de riesgos donde se análisis esto en términos cualitativos y cuantitativos.

La evaluación del riesgo, es el paso de integración y el final para finalizar con las evaluaciones de los fenómenos naturales. En esta evaluación se relacionan las evaluaciones tanto de amenazas como el de vulnerabilidad junto a la historia de las frecuencias de los desastres, para poder obtener un análisis de riesgo sobre las posibles pérdidas tanto económicos, sociales, infraestructurales, como ambientales asociadas a los eventos

naturales que pudiera ocurrir en la zona de estudio. Esta relación se la puede ver claramente en el siguiente diagrama.

Diagrama # 2 *Evaluación del Riesgo*



Para esta evaluación, inicialmente se necesita definir los puntos más importantes encontrados dentro de la evaluación de las amenazas y de la evaluación de la vulnerabilidad; puntos como historia de las amenazas, consecuencias de las amenazas tanto económicas como sociales, zonas geográficas vulnerables, entre otros. Y posteriormente se debe realizar los respectivos análisis entre los puntos más importantes para poder llegar a definir las zonas de mayor riesgo.

Dentro de esta evaluación también se debe realizar el informe final donde se debe presentar planificaciones de contingencia, mitigaciones y propuestas de ordenamiento territorial para el diseño de proyectos para prevenir los desastres naturales con el objetivo de que sean considerados y en el mejor de los casos sean aplicados o construidos si es el caso.

2.4) AMENAZAS NATURALES

La base para la gestión de riesgo de una zona, es el correcto conocimiento y la precisa evaluación de los tres factores, la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Clara e indispensablemente antes de nada, se debe identificar las diferentes amenazas naturales que afectan al territorio.

Inicialmente se define a las amenaza naturales, como un fenómeno que puede ser de tipo climatológico o geológico causado por razones naturales (sin intervenir él hombre) y que está relacionado con el peligro de ocurrencia en un lugar y en un tiempo específico que por ende el afectado es el hombre.

Cuando se menciona que el fenómeno puede ser de tipo climatológico o geológico, se refiere a los desastres que puedan ser relacionados con la atmosfera, hidrología, geología (sismos y volcanes) e incendios; que son caracterizados e identificados por su ubicación, severidad y frecuencia, lo cual les permite obtener la potencia y el alcance para afectar principalmente al hombre, las infraestructuras y las tierras en producción.

Por otra parte, cuando se define amenaza natural, se relaciona rápidamente al elemento natural con fenómenos donde no interviene el hombre sino que simplemente su causa es por razones que se encuentran dentro de la naturaleza misma, como ocurría en la época de la formación de la tierra; pero hoy en día se sabe que este procedimiento no se puede dar, debido a la cantidad de población que tiene la tierra, esta interviene en el aumento de la frecuencia y/o la severidad de los procesos naturales.

Pero a pesar de aquello hay que aclarar los diferentes significados que se tiene dentro de este tema para no confundirse.

Por ejemplo un evento atmosférico, un huracán que no afecta a una zona poblada, se lo considera como un fenómeno natural. Un evento hidrológico, como una inundación que afecte a una zona poblada se lo considera como una amenaza natural y por ende un evento peligroso. Y si este evento peligroso causa serios daños tanto en la población como en las infraestructuras se lo considera como un desastre natural.

A continuación se presentan algunos ejemplos de fenómenos naturales por sus

respectivas categorías físicas.

Diagrama # 3 *Fenómenos naturales potencialmente peligrosos*

<p><u>ATMOSFÉRICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Granizo • Huracanes • Tornados • Tormentas tropicales 	<p><u>GEOLÓGICAS</u> <u>/HIDROLÓGICAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Avalanchas de ripio • Suelos expansivos • Deslizamientos • Desprendimiento de rocas • Deslizamientos submarinos • Hundimientos de tierra 	<p><u>INCENDIOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Matorrales • Bosques • Pastizales • Sabanas
<p><u>HIDROLÓGICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Inundación costera • Desertificación • Salinización • Sequía • Erosión y sedimentación • Desbordamiento de ríos • Olas ciclónicas 	<p><u>SÍSMICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Fallas geológicas • Temblores • Dispersiones laterales • Licuefacción • Tsunamis 	<p><u>VOLCÁNICOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gases • Flujos de lava • Corrientes de fango • Proyectiles y explosiones laterales • Flujos piro clásticos

En el Ecuador existe una gran variedad de fenómenos de origen natural, como por ejemplo los sismos a consecuencia de la ubicación geográfica, las inundaciones o sequías que afectan a las regiones de la costa y de la sierra, los deslizamientos que están presentes en todo el país, los peligros volcánicos que se encuentran por la gran cantidad de volcanes ubicados en la cordillera de los Andes, los tsunamis que pueden ocurrir en las zonas costeras del país y entre otros fenómenos.

Los diferentes tipos de fenómenos son producto de las condiciones geográficas, morfológicas, geológicas, hídricas y climáticas a las que el Ecuador está expuesto y que son consecuencias de su ubicación geográfica.

El Ecuador se encuentra en la costa Norte – Occidental de América del Sur. En los paralelos 1°30.0' N y 3°23.5' S y los meridianos 75°12.0' W y 81°00.0W, sin el archipiélago de Galápagos. Por lo cual está ubicado sobre parte del denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico” y sobre el proceso de subducción de la Placa Oceánica de Nazca

bajo la Placa Sudamericana que en conjunto generan un complejo sistema tectónico representado por fallas geológicas.

Por otro lado, el Ecuador está atravesado de norte a sur por la cordillera de los Andes, el cual es un sistema montañosos constituido por tres cordilleras, la cordillera Occidental, Real y Oriental. Estas cordilleras son las que dividen al país en tres regiones, Región Litoral o Costa, Región Interandina o Sierra, Región Oriental o Amazonía y la Región Insular o Galápagos.

Debido a esta geografía el Ecuador está expuesto a cambios climáticos bruscos, que en sí son causantes de los llamados peligros hidrometeorológicos oceanográficos que en general son las inundaciones y sequías, de los movimientos de tierra inestables como los deslizamientos, hundimientos de terrenos, flujos de escombros o los desprendimientos; Estos fenómenos pueden ser ocasionado tanto naturalmente como por el ser humano y en sí la consecuencia de ellos es el impacto que afecta mayormente a la sociedad y al medio ambiente donde se puede evidenciar que existe un mayor peligro en zonas de menor calidad de vida.

Este es el caso de la costa ecuatoriana, la cual está expuesta continuamente a los peligrosos eventos hidrometeorológicos estacionales de fuertes lluvias o fuertes sequías. A esto se le suma que en ciertos años se dan los eventos oceánico atmosféricos relacionados con las fases cálidas o frías del Evento ENOS (El Niño - Oscilación del Sur), denominados respectivamente El Niño y La Niña. Este tipo de eventos se manifiesta a través del crecimiento del nivel marino, del aumento de las temperaturas del aire y del mar que van a ocasionar grandes precipitaciones generando inundaciones y deslizamientos del terreno; En zonas donde la calidad de vida es muy baja, generalmente las casas son construidas de caña guadua y por ende estas son destruidas por estos tipos de fenómenos dejando a las familias sin hogares y donde la sociedad en sí está expuesta a muchos peligros y enfermedades.

Por otro lado, analizando otro tipo de evento muy significativo para el país, el sísmico, ocurren en todo el territorio Ecuatoriano, y se lo puede resumir en cuatro sistemas tectónicos, los cuales constituyen las principales fuentes generadoras de sismos.

El primer sistema tectónico, es la zona de subducción de la placa Nazca bajo la placa sudamericana, la misma que se inicia en las costas ecuatorianas y se extiende por el Este bajo del territorio continental. Si el epicentro (lugar en la superficie de la tierra que esta

sobre el punto donde el terremoto se originó bajo de la misma (hipocentro)), está relativamente cerca de la costa o si los sismos son profundos bajo el continente (profundidades hasta 200km), se pueden generar sismos superficiales.

Al decir sismos superficiales se refiere a que el hipocentro está cerca del epicentro, y al momento de ocurrir esto se pueden generar sismos que alcancen grandes magnitudes superiores a 7 grados. Como es el caso de los sismos ocurridos en las costas Ecuatorianas: Esmeraldas y Nariño (Colombia) en 1906 (magnitud 8.7), Manabí, Guayas y Bolívar en 1942 (magnitud 8.1), Esmeraldas en 1958 (magnitud 7.8), Esmeraldas en 1979 (magnitud 8.2) y Manabí en 1998 (magnitud 7.1).

Este tipo de sismos son fenómenos peligrosos ya que tienen aceleraciones sísmicas muy altas que generalmente provocan un alto riesgo para las poblaciones y las infraestructuras de la Costa y también en más bajo nivel pueden ocasionar riesgo en las poblaciones e infraestructuras de las ciudades de la región interandina.

El segundo sistema, es el de fallas transcurrentes dextrales que cruza el país desde el Nor-Oriente hasta el Sur-Occidente. Este se inicia en el sector de la ciudad de Cayambe específicamente en el volcán Cayambe, luego continua por la región Sierra cerca de las ciudades de Latacunga, Ambato y Riobamba, desde donde parte para el sur occidente hasta llegar al Golfo de Guayaquil. Esta falla fue la que ocasionó el sismo de una magnitud mayor a 7, en 1797 que destruyó la ciudad de Riobamba.

El tercer sistema se lo conoce como el borde sub-andino de la cordillera Oriental de los Andes y es la generadora de las elevadas alturas que se encuentran en este lugar, ya que está compuesta por varias fallas que permiten este levantamiento. Esta falla va desde el Nor-Oriente hasta el Sur-Oriente siguiendo la división de la región Sierra y Amazónica. Inicia cerca del volcán El Reventador, pasa por la ciudad de Baeza y se dirige para el Sur cruzando la cordillera Cutucú hasta llegar a la cordillera Cóndor. Por lo general sus fallas son transcurrentes e inversas por lo cual generan sismos moderados. Esta falla fue la que provoco el sismo de magnitud 6.9, en 1995 en la ciudad Macas.

Por último, el cuarto sistema es la falla del borde de la cordillera Occidental. Va desde el norte de la región interandina en el margen oriental de la cordillera Occidental, cruzando las provincias Carchi, Imbabura y Pichincha. Esta falla fue la que provoco el sismo de

intensidad IX (escala internacional de Mercalli), en 1868 en la ciudad de Ibarra.

Hay que mencionar también que hay tres tipos de fallas relativamente pequeñas pero consideradas importantes en el país.

La falla de la ciudad de Quito, ubicada en dicha ciudad, que mediante los estudios respectivos de sismología, se ha llegado a concluir que la magnitud máxima posible a causa de esta falla pudiera ser de hasta 6.9 en la escala de Richter. Hasta la fecha hay información que el único sismo relevante ocurrido tuvo una intensidad entre VIII – IX ocurrido en 1755.

La falla de Poaló-Saquisilí en la provincia de Cotopaxi, donde la magnitud máxima posible es de 7.0 y la falla de Santa Isabel en la provincia de Azuay, donde la magnitud máxima posible es de 6.6.

Desde 1541 hasta la actualidad, en el Ecuador han ocurrido 37 sismos de intensidad igual o mayor a VIII en la escala de intensidad MSK (Medvedev Sponheuer Karnik).

En la Tabla # 2 se presentan un listado de los eventos que han tenido intensidades iguales o mayores a VIII obtenidos del Catálogo de Terremotos del Ecuador.

Tabla # 2 Terremotos del Ecuador con intensidades \geq VIII

No.	FECHA			EPICENTRO		INT MA X	ZONA DE MAYOR AFECTACIÓN
	Año	Mes	Día	Lat.	Lon.		
1	1541	04	sd	0,10	-77,80	VIII	Napo
2	1587	08	31	0,00	78,40	VIII	Pichincha
3	1645	03	15	1,68	-78,55	IX	Chimborazo, Tungurahua
4	1674	08	29	1,70	-79,00	IX	Chimborazo, Bolívar
5	1687	11	22	-1,10	-78,25	VIII	Tungurahua
6	1698	06	20	1,45	78,30	X	Tungurahua, Chimborazo
7	1736	12	06	0,78	78,80	VIII	Pichincha, Cotopaxi
8	1749	01	20	4,00	79,20	VIII	Loja
9	1755	04	28	0,21	78,48	VIII	Pichincha
10	1757	02	22	0,93	78,61	IX	Cotopaxi, Tungurahua
11	1786	05	10	1,70	78,80	VIII	Chimborazo
12	1797	02	04	-1,43	-78,55	XI	Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar
13	1834	01	20	1,30	-76,90	XI	Carchi, Nariño* (Colombia)
14	1859	03	22	0,40	78,40	VIII	Pichincha, Imbabura, Cotopaxi
15	1868	08	15	0,60	78,00	VIII	Carchi
16	1868	08	16	0,31	78,18	IX	Imbabura, Carchi, Pichincha
17	1896	05	03	0,51	80,45	IX	Manabí
18	1906	01	31	1,00	81,30	IX	Esmeraldas. Nariño (Colombia)
19	1911	09	23	1,70	-78,90	VIII	Chimborazo, Bolívar

20	1913	02	23	4,00	79,40	VIII	Loja, Azuay
21	1914	05	31	0,50	78,48	VIII	Pichincha, Cotopaxi
22	1923	02	05	0,50	78,50	VIII	Pichincha
23	1923	12	16	0,90	77,80	VIII	Carchi, Nariño (Colombia)
24	1926	12	18	0,80	77,90	VIII	Carchi
25	1929	07	25	0,40	78,55	VIII	Pichincha
26	1938	08	10	0,30	78,40	VIII	Pichincha
27	1942	05	14	0,01	-80,12	IX	Manabí, Guayas, Bolívar
28	1949	08	05	1,25	78,37	X	Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi
29	1953	12	12	3,40	80,60	VIII	Loja, norte del Perú
30	1955	07	20	0,20	78,40	VIII	Pichincha, Imbabura
31	1958	01	19	1,22	79,37	VIII	Esmeraldas
32	1961	04	08	2,20	-78,90	VIII	Chimborazo
33	1964	05	19	0,84	80,29	VIII	Manabí
34	1970	12	10	-3,79	80,66	IX	Loja, El Oro, Azuay, norte del Perú
35	1987	03	06	0,87	-77,14	IX	Napo, Sucumbíos, Imbabura
36	1995	10	02	-2,79	-77,97	VIII	Morona Santiago
37	1998	08	04	-0,55	-80,53	VIII	Provincia de Manabí

Fuente: (Rivadeneira, Segovia y Alvarado)

De todo lo dicho y analizando la Tabla # 2, se llega a la conclusión de que los terremotos pueden ocurrir indistintamente en cualquier momento y en cualquier región, esto fundamentalmente ocurre a que existen numerosas fuentes de fallas que pueden producir sismos, tal como se explicó anteriormente.

Por otro lado, en el país han ocurrido gran cantidad de sismos en el océano pacífico, como consecuencia de estos se producen los maremotos o tsunamis, debido a que el sismo ocasionado emiten radialmente ondas de alta energía provocando un desplazamiento inesperado de una gran cantidad de agua, la misma que posteriormente va a atravesar el océano a grandes velocidades, la cual va a depender de la fuerza generadora.

En la Tabla # 3 se presentan un listado de los tsunamis ocurridos por sismos con magnitudes mayores o iguales a 6.8 (escala Richter) en las costas ecuatorianas.

Tabla # 3 Maremotos (Tsunamis) ocurridos en el Ecuador

Fecha	Ubicación	Magnitud del sismo generador (escala Richter)	Consecuencias
31 de Enero 1906	Provincia de Esmeraldas, entre San Lorenzo y Tumaco (Colombia).	8.8	El área estremecida tuvo una dirección N-S en una extensión de 1200 km limitada entre Guayaquil y Medellín, hacia el interior del continente. La superficie total del área estremecida fue estimada en unos 300.000 km.2 aproximadamente. Alrededor de 1000 a 1500 personas murieron.
02 de Octubre 1933	Provincia del Guayas, frente a Salinas (Puntilla).	6.9	En la Libertad se produjeron fuertes oscilaciones del nivel del mar inmediatamente después del terremoto, un cable submarino fue roto a 25 km. El tsunami produjo una inundación en lugar de oleaje turbulento, al arribo a las costas.
12 de Diciembre 1953	Provincia de El Oro, frente al puerto Bolívar.	7.8	Ocurrió en la frontera Ecuador - Perú, se conoce que en la costa norte de la Península de Santa Elena, se produjeron oscilaciones de 20 cm aproximadamente; lo que indica que las ondas fueron no destructivas.
19 de Enero 1958	Provincia de Esmeraldas, frente a la ciudad de Esmeraldas.	7.8	Este terremoto originó un tsunami haciendo que una embarcación casi se hunda frente a Esmeraldas, se reportaron 4 muertos por efectos del maremoto. La altura con que llegaron las olas a las costas fueron del orden de 2.0 a 5.9 m. Las olas originadas ocasionaron daños tanto en Tumaco y la costa norte de la Provincia de Esmeraldas.
12 de Diciembre 1979	Provincia de Esmeraldas, frente a la ciudad de Esmeraldas.	7.8	Este sismo produjo un tsunami que ocasionó daños graves en el territorio colombiano. De acuerdo a información de principales diarios de esa época, se conoce que en Ecuador los daños materiales fueron leves y no se produjeron víctimas.
4 de Agosto de 1998	Provincia de Manabí, frente a las costas de Boca de Briceño.	6.8	La profundidad del mar en el epicentro fueron insuficientes para generar un tsunami destructor, habiéndose detectado alturas de ola ligeramente superiores a las Acostumbradas.

Fuente: (Instituto oceanográfico de la armada del Ecuador)y (Cruz de Howitt)

Como se mencionó anteriormente la actividad volcánica prehistórica, histórica y actual que se presenta en la Cordillera de los Andes, se debe al Cinturón de Fuego del Pacífico y por el choque de las placas tectónicas de Nazca y de América del Sur. Este proceso de la subducción es el que permite que se den las condiciones termodinámicas al

interior de la tierra, las cuales son las altas temperaturas y presiones; que permiten generar el magma interno y que este ascienda a través de la corteza respectivamente.

Los volcanes ecuatorianos forma parte de la Zona Volcánica Norte de los Andes, estos se caracteriza por ser muy ancho (100-120 km), y están concentrados en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Napo. Se presenta en cuatro filas paralelas: en la cordillera Occidental, en el valle Interandino, en la cordillera Real y en la cordillera Oriente.

El Ecuador cuenta con alrededor de un total de 45 volcanes incluyendo los de las islas Galápagos; 27 de ellos son potencialmente activos, incluidos los volcanes de las islas. En el inventario histórico se reportan efectos de sismos durante todo el periodo de análisis (1981 -2007), mientras que los reportes de efectos por erupciones volcánicas se concentran en los años 1999-2003 y 2006. El registro histórico de erupciones ha registrado como lugares preferenciales de este tipo de fenómenos a las provincias localizadas en la sierra central y central-norte del Ecuador, en la Tabla # 4 se presenta este registro.

Tabla # 4 Registro de erupciones volcánica en el Ecuador

Volcán	Registro histórico de erupciones	Lugares recurrentes
Altar	Su última erupción tuvo lugar en el año 1490	La zona de mayor vulnerabilidad se localiza en la provincia de Chimborazo.
Antisana	Se han registrado erupciones en: 1802-1801; 1773; 1760; 1728. Su período de recurrencia se estima en alrededor de 150 a 500 años.	Las zonas de mayor vulnerabilidad se localizan al sur oriente del Distrito Metropolitano de Quito.
Cayambe	Las erupciones de mayor magnitud se han presentado en: 1850 AC- 1550 AC; 550AC-250DC; 1785-1786	Las zonas de mayor vulnerabilidad se localizan en las provincias de Pichincha e Imbabura.
Chimborazo	Se ha registrado q la última erupción fue hace 10.000 años.	Las zonas de mayor vulnerabilidad se localizan en la provincia de Chimborazo.
Cotopaxi	Las erupciones de mayor magnitud se han presentado en: 1877; 1854; 1768; 1743; 1742. Desde 1972 hasta la presente (2003) se ha reportado la presencia de fumarolas y un incremento de la actividad sísmica. El período de recurrencia estimado es de 110 años.	Las zonas de mayor vulnerabilidad se localizan en las riberas del río Pita, Tamboyacu - Cajas y Cutuchi, río Guayllabamba, río Esmeraldas.
Guagua Pichincha	En los años 1999-2002, 1660 y por investigaciones de peligrosidad en 970 DC se han registrado eventos de diversa magnitud. Su período de recurrencia se ha estimado entre 500 y 600 años; no obstante, cabe resaltar que entre la erupción de 1566 (baja	Las zonas de mayor vulnerabilidad se localizan en el Distrito Metropolitano de Quito; cantones Cayambe y Tabacundo en la provincia de Pichincha; Ibarra y Otavalo en la provincia de Imbabura; y, en la provincia de Napo, Baeza y

	magnitud) y 1660 (alta magnitud) transcurrió tan solo un siglo, por lo que amerita un sistema permanente de monitoreo.	Lumbaquí.
Ilaló	Se ha registrado q la última erupción fue hace 1.6 millones de años.	Las zonas de mayor vulnerabilidad se localizan en las provincias de Pichincha.
Pululahua	La última erupción de mayor peligrosidad registrada fue hace 2.300 años.	Las zonas de mayor vulnerabilidad se localizan en las provincias de Pichincha.
Quilotoa	Las erupciones de mayor peligrosidad registradas son: 1853 y 1660	Las zonas de mayor afectación son las provincias de Cotopaxi.
Reventador	Las erupciones de mayor peligrosidad registradas son: 2002; 1976; 1973; 1944; 1926; 1898; 1894; 1844; 1843. Su periodo de recurrencia se ha estimado en alrededor de 25 años.	Las zonas de mayor afectación se han localizado en el Distrito Metropolitano de Quito; Ibarra y Otavalo en la provincia de Imbabura; y, en el Chaco, Lumbaquí en la provincia de Napo.
Sangay	Las erupciones de mayor peligrosidad registradas son: 1628; 1728; 1739-1744; 1842-1843; 1849; 1869; 1903-1916; 1956.1965; 1983; 1996.	Las zonas de mayor afectación es la provincia de Morona Santiago.
Sumaco	Las erupciones de mayor peligrosidad registradas son: 1865; 1925; 1933.	Las zonas de mayor afectación son las provincias de Napo y Orellana.
Tungurahua	Los eventos guías de mayor intensidad se han registrado en los años: 2002-2003; 1918; 1916; 1886; 1773; 1776; 1641. El período de recurrencia se ha estimado en alrededor de 90 años.	Las zonas de mayor vulnerabilidad se localizan tanto en la provincia de Tungurahua (Baños, Pelileo, Patate, Cotaló, Píllaro, Ambato), como de Chimborazo (Guano, Penipe, Chambo, Riobamba).

Fuente: (Instituto Geofísico y Escuela Politécnica Nacional) y(Ávila Esquivel)

2.4.1 AMENAZAS HIDROLÓGICAS

Como se definió, las amenazas naturales son los fenómenos naturales relacionados con el peligro de ocurrencia en un tiempo y en un sitio específico, que afecta a los seres vivos o a las infraestructuras.

Cuando se habla de las amenazas hidrológicas, primeramente se tiene que saber que está dentro de las amenazas naturales. Pero la hidrología es una rama que se especifica en el estudio de las propiedades y en la distribución del agua tanto en la corteza terrestre como en la atmósfera.

Por lo tanto el concepto de a las amenazas hidrológicas, es que son fenómenos naturales relacionados con el agua y con el peligro de ocurrencia en un tiempo y en un sitio específico que afecta a los seres vivos o a las infraestructuras.

Dentro de las amenazas hidrológicas se estudian: inundaciones, crecidas repentinas, flujos de lodo y escombros, tsunamis, granizado, olas de calor, huracanes, tornado, desertificaciones, salinizaciones, sequías, erosiones y sedimentaciones, desbordamientos de ríos y olas ciclónicas, entre otros.

Este tipo de amenazas se identifican y en cierta manera dependen del clima, de las condiciones naturales, de la vegetación, de los materiales que se encuentre, las pendientes y de la actividad humana alrededor de la zona, que en gran medida todos estos aspectos van a definir las diferentes velocidades a las que transitan los distintos fenómenos y van a permitir caracterizarlos por su grado de amenaza, energía y en cierta parte este factor se va a relacionar con el nivel de riesgo de dicha zona.

Por razones de importancia para el estudio y en general, nos enfocaremos en conocer y analizar los siguientes tres tipos de amenazas hidrológicas más importantes: inundaciones, crecidas repentinas y flujos de lodo y escombros.

2.4.1.1 Inundaciones

Las inundaciones son fenómenos naturales a causa de aumentos de la cantidad del agua fuera de su cauce que ocurren lentamente y son ocasionados por diferentes fenómenos como fuertes lluvias, huracanes, fusiones de la nieve, roturas de presas, tormentas tropicales o actividades humanas.

Generalmente este fenómeno tiene dos fases, la primera que ocurre por lo general en la subcuenca alta y media, donde por los diferentes fenómenos mencionados anteriormente el suelo no es capaz de absorber todo el volumen del agua y por su geografía de fuertes pendiente que son por lo general menores al 2%, permite viajar al agua en una cierta velocidad aguas abajo. Y la segunda fase ocurre debido a que el agua de la subcuenca media o alta, baja a grandes velocidad para desembocar en la subcuenca baja que generalmente son ríos, lagos o quebradas y por lo tanto no tiene la suficiente capacidad para descargar el aumento de agua que han tenido y por lo tanto existe un desbordamiento del agua.

Gracias a las investigaciones a través de la historia se ha podido relacionar en cierta parte los fenómenos que ocasionan las inundaciones con el ciclo del agua en la naturaleza. El ciclo del agua es un proceso biogeoquímico ya que dentro de ella solamente hay

mínimas reacciones química, y principalmente el agua cambia sus estados físicos. Este proceso ocurre inicialmente en los océanos, donde se sabe que estos contienen alrededor del 97% del agua que forma la hidrosfera (material compuesto por el agua que se encuentra tanto sobre y bajo la superficie de la tierra); posteriormente el agua se evapora de los océanos y al tomar altura esta agua se condensa y forma lo que se conoce como nubes. Por el proceso de precipitación y por la temperatura se forman gotas de agua que posteriormente por el peso que adquieren y por la gravedad caen por diferentes procesos como lluvia, granizo o nieve.

Al momento de tocar la tierra se transforma en el proceso llamado infiltración donde el agua puede formarse como nieve o el agua penetra el suelo y pasa a ser agua subterránea o se escurre por la zona hasta llegar a los ríos, lagos u océanos proceso que se lo llama como escurrentía. Esta filtración o escurrentía del agua va a depender de la permeabilidad del suelo, de las pendientes de la zona y de la cobertura vegetal.

Cuando el suelo es permeable y tiene una buena cobertura vegetal, luego de la infiltración del agua, parte de esta se evapora a la atmosfera y cuando ocurre el procesos de escurrentía de la misma manera, parte de esa agua se evapora, cerrándose de esta manera el ciclo del agua.

Para poder entender claramente este ciclo se lo puede observar en la siguiente figura.

Figura # 1 *Ciclo del agua*



Fuente: (Evans, Perlman y USGS)

Pero como en todo ciclo natural si un agente externo se involucra dentro de él, este se va a ver afectado. Esto es lo que ocurre con las diferentes intervenciones por parte del ser humano que el único resultado es la alteración del ciclo.

Estas intervenciones pueden ser identificadas y clasificadas por la geología, la geomorfología, la hidrogeología entre otros.

Dentro de la geología, se puede encontrar que el terreno está afectado ya por inundaciones anteriores donde existen restos de sedimentos generalmente transportados por los ríos y por lo general el suelo es de una característica lodosa compuesta de limos, arena y grava.

Fotografía # 1 *Poblado afectado por lluvias e inundaciones en Esmeraldas - Ecuador*



Fuente: (Esmeraldas News)

Dentro de la geomorfología se puede encontrar generalmente las zonas que son planas y que tiene lindero con un río o lago. La vegetación va hacer muy pobre o está relativamente muerta por lo que genera que el suelo este erosionado y que se formen lagunas de lodo donde posiblemente se acumule el agua.

Fotografía # 2 *Inundación en la ciudad de Chone- Ecuador*



Fuente: (Coronado)

Dentro de la hidrogeología se puede ver que por lo general son zonas de pantanos o suelos con altos niveles de humedad, donde se presencia diques naturales con sedimentos generados por las diferentes inundaciones que generan que las aguas se empocen.

Fotografía # 3 *Pantano en la parroquia de San Cristóbal – Ecuador*



Fuente: (La Hora)

El estudio de las inundaciones está dentro de un estudio de amenaza ya que el fin del estudio es dar una probabilidad de ocurrencia en términos de frecuencia. Como se explicó en la estimación de probabilidades de ocurrencia de los eventos, la probabilidad está dada en un periodo de retorno. Por ejemplo, una inundación en tal zona específica tiene un periodo de retorno de 2 años, es decir hay un 50% de probabilidad que suceda una inundación durante un año. Con este tipo de evaluación se procede a representar dicha información en un mapa, para poder identificar las zonas de amenaza.

2.4.1.2 Crecidas Repentinas

Las crecidas repentinas, se refiere cuando aumenta la cantidad de agua dentro del cauce inesperadamente y en altas velocidades. Esto puede ocurrir cuando existen fenómenos que incrementan rápidamente el nivel del agua como fuertes tormentas de lluvias o huracanes, o cuando ocurren fenómenos que cambian el comportamiento del cauce del agua como las rupturas de presas construidas o las naturales; Donde debido a la fuerza que generan estos fenómenos el agua toma una gran velocidad y energía, que permite arrasar con los diferentes materiales que están en su camino, formando a causa de esto, grandes erosiones en el suelo.

Este tipo de fenómeno tiene una mayor probabilidad de ocurrir cuando se encuentran en zonas con pendientes entre el 2% y el 6% pero generalmente no da alerta ni aviso alguno por lo cual es totalmente impredecible y no permite que la población que habita cerca de la zona pueda evacuar con un previo aviso.

Un ejemplo de este tipo de fenómeno, ocurrió en Ecuador en el sector de La Josefina en la provincia del Azuay en 1993, donde las fuertes lluvias ocasionaron el deslizamiento de alrededor 200 millones de m³ de piedra y tierra que ocasionaron un dique donde se acumuló alrededor de 300 millones de metros cúbicos de agua extendiéndose alrededor de 6 kilómetros y 33 días después provocó la rotura de la presa de Paute por erosión superficial. Dejando alrededor de 716 casa inundadas, 35 muertos, 1800 Ha inundadas y alrededor de 150 millones de dólares en pérdidas directas. Hoy en día, esta zona aun corre riesgos de nuevos deslizamientos poniendo en alto riesgo a la población que habita en la cerca.

Fotografía # 4 *Crecida repentina de agua por lluvias en el sector La Josefina - Ecuador*



Fuente: (Diario Hoy)

2.4.1.3 Flujos de Lodo y Escombros

Los flujos de lodo y escombros están relacionados con las inundaciones y con las crecidas repentinas ya que este fenómeno transporta a altas velocidades con fuerte energía, por fuertes pendientes y erosionando el suelo, sedimentos como tierra, rocas, ramas, desechos y todo lo que esté en su camino.

Al igual que las inundaciones este fenómeno puede ser ocasionado por fuertes lluvias, huracanes, fusión de las nieves, roturas de presas, tormentas tropicales o actividades humanas, y generalmente ocurre en zonas donde existen pendientes mayores al 6%, caracterizadas por su alta erosión.

Los flujos de lodo y escombros a diferencia de las crecidas repentinas y al igual que las inundaciones si pueden ser pronosticadas dando una probabilidad de ocurrencia mediante un periodo de retorno y se debe representar la evaluación en un mapa. Para esto se puede utilizar el historial de este fenómeno y se puede realizar un estudio del campo y sobretodo una evaluación de las pendientes tanto longitudinales como laterales, del suelo que están compuestas, del material que puede ser movilizado, de la vegetación y de los

posibles deslizamientos que pueden ocurrir para que de esta manera se pueda identificar los lugares de mayor amenaza.

Fotografía # 5 *Alud de flujo de lodo y de escombros en provincia de Azuay – Ecuador*



Fuente: (Marín)

CAPITULO III

3.1) GENERALIDADES DEL CANTON CAYAMBE

El cantón Cayambe está ubicado al noreste de la provincia de Pichincha, Ecuador. Sus límites geográficos comprenden al norte, la provincia de Imbabura, al oeste el cantón Pedro Moncayo, el Distrito Metropolitano de Quito limita con el cantón al suroeste, la provincia de Napo al sureste y la provincia de Sucumbíos al este. Cuenta con una superficie de 1.182 km² y alrededor de 85.795 habitantes.

El cantón Cayambe, se caracteriza por ser muy productivo, por sus excelentes productos lácteos, carnes, cebollas, granos y paspas, entre otros. Pero sobre todo, es reconocido mundialmente por su producción agrícola de flores. A nivel culinario es famosos por los bizcochos, hechos de harina de trigo, que se sirven con chocolate caliente y queso de hoja. Por el otro lado, también se lo reconoce por su variedad de eventos sociales folclóricos de renombre que fomentan la afluencia del turismo.

Esta determinación geográfica da la principal riqueza a este cantón, donde su fértil suelo se extiende por sus valles y montañas. Pero el atractivo más importante es el nevado Cayambe, que es la tercera elevación más alta del país (5.790 msnm), cuyo nombre significa gran montaña de los muchachos y es visitado durante todo el año por miles de turistas nacionales y extranjeros. Esto le permite tener gran cantidad de ríos fluyentes que ayudan al consumo humano y al riego de los cultivos.

De esta manera, la ubicación del cantón le ha permitido que sea un principal a portador tanto en la economía como al turismo de la provincia de Pichincha.

La siguiente información que se menciona y analiza, fue previamente investigada en el folleto “Organizando el Futuro del Cantón”, Quinta Edición, editado el 26 de noviembre del 2008, con el auspicio del Municipio del Cantón Cayambe y en el censo de población y de vivienda INEC en el 2010.

3.1.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

El cantón Cayambe es uno de los ocho cantones que conforman la provincia de Pichincha, se encuentra a 65 km de la ciudad de Quito, capital del Ecuador, y está atravesado por la línea Ecuatorial.

Cuenta con una superficie de 1.182km², donde se encuentran tres parroquias urbanas: Ayora, Cayambe y Juan Montalvo y cinco parroquias rurales: Ascázubi, Cangahua, Otón, Santa Rosa de Cusubamba y Olmedo.

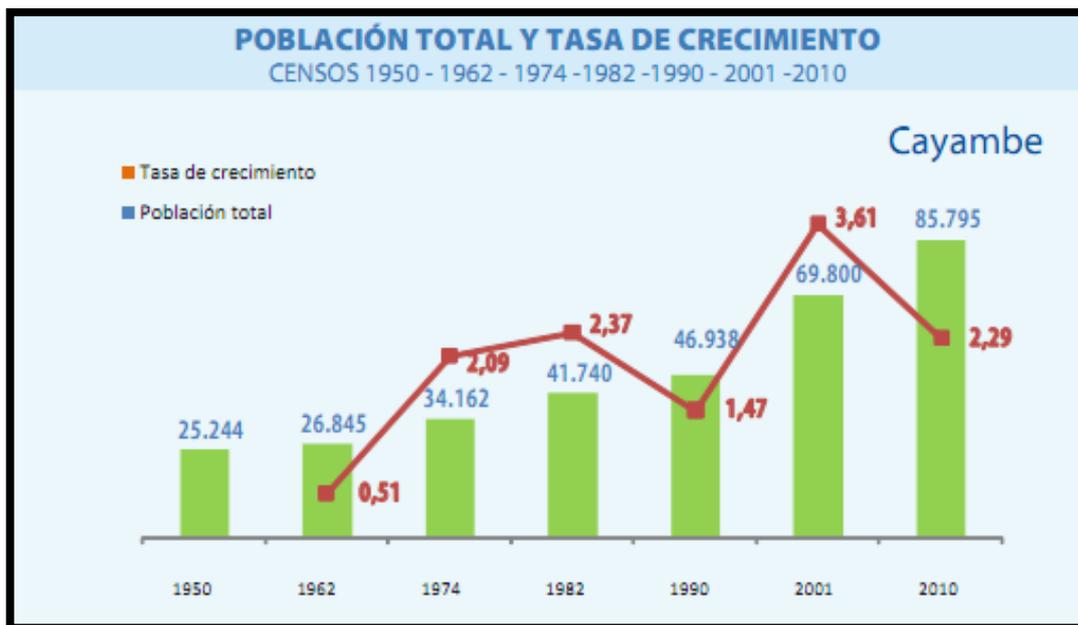
Su capital la ciudad de Cayambe se encuentra dentro de la parroquia de Cayambe, geográficamente se encuentra en 00° 2'6' Latitud Norte y 78° 9'12' longitud Oeste en una altura 2.830m sobre el nivel del mar y se caracteriza por estar ubicada en una fértil planicie en las faldas del nevado Cayambe.

3.1.2 POBLACIÓN

El cantón de Cayambe tiene una población total de 85.795 habitantes donde hay 43.828 habitantes mujeres y 41.967 habitantes hombres. Su tasa de crecimiento es de 2,29 desde el 2001, según los datos obtenidos por el censo de población y de vivienda INEC en el 2010. Como se puede ver, en el cantón Cayambe se encuentra repartida su población con el 51,08% de habitantes mujeres y el 48,92% de habitantes hombres, donde el 45.49% de la población es urbana y el 54.51% es rural. Dentro del cantón, la parroquia principal es Cayambe, y esta cuenta con 50.829 habitantes, ósea el 59.24% de la población del cantón, y el 76.78% de la población de la parroquia es urbana y el 23.22% de la población de la parroquia es rural.

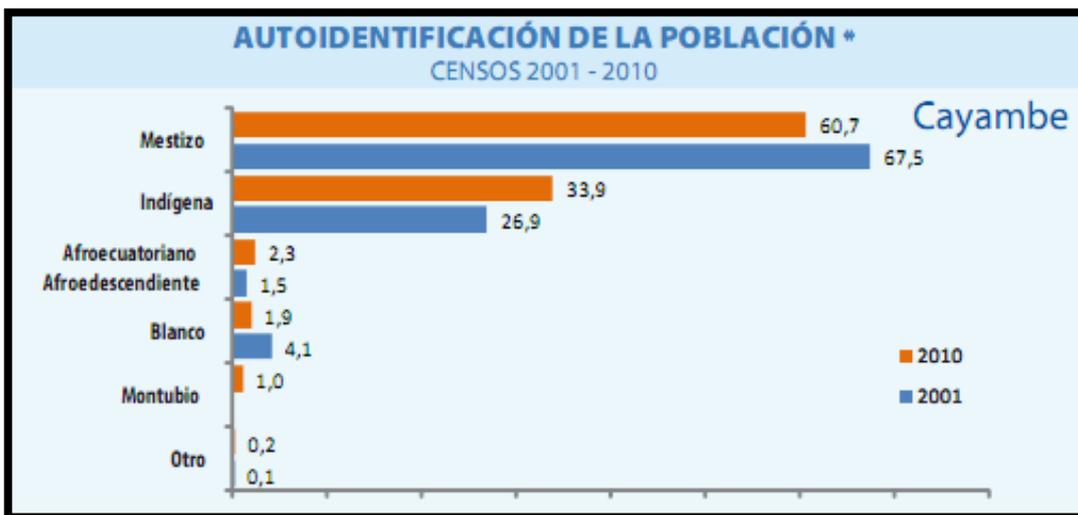
En las siguientes figuras se puede observar los datos estadísticos obtenidos del censo en el 2010. Se presenta la población total y la tasa de crecimiento, la auto-identificación de la población y cifras sobre la población, la educación, la tecnología, la vivienda y la equidad, que nos permite tener una idea sobre la sociedad de este cantón.

Figura # 2 Población total y tasa de crecimiento del cantón Cayambe



Fuente: (INEC)

Figura # 3 Auto identificación de la población del cantón Cayambe



Fuente: (INEC)

Figura # 4 Censo del cantón Cayambe

Población		Educación		Tecnologías	
Edad media de la población	26,4	Analfabetismo >= 15 años	11,1	% Analfabetismo digital >= 10 años	28,1
% personas con cédula ciudadanía	71,7	Promedio de años de escolaridad >= 10 años	8,2	% personas utilizaron celular	59,8
% ocupados con seguro general ⁽¹⁾	38,8	Cobertura del sistema de educación pública	80,5	% personas utilizaron computadora	33,8
% personas con seguro de salud privado	8,3	% hogares con niños/as que ⁽²⁾ no asisten a un establecimiento	3,8	% personas utilizaron internet	26,7

(1) Con respecto al total de personas ocupadas (2) Niños/as de 5 a 14 años

Vivienda		Equidad	
% hogares en viviendas propias y totalmente pagadas	45,9	% discapacitados que asisten a un establecimiento educación especial	8,4
% hogares que tratan el agua antes de beberla	56,4	% niños/as < de 5 años en programas del gobierno	0,0
Promedio de focos ahorradores en la vivienda	3,0	% discapacitados que trabajan en el sector público	0,3
% viviendas con servicios básicos públicos ⁽³⁾	51,6	% adultos/as mayores jubilados	8,0

(3) Incluye: luz eléctrica, agua, escusado y eliminación de basura por carro recolector

Fuente: (INEC)

3.1.3 ECONOMÍA

El cantón Cayambe basa su actividad económica y productiva en actividades dedicadas a la agricultura, ganadería, el comercio y en gran nivel la floricultura debido a su fértil suelo y a su ubicación geográfica donde hoy en día ocupan alrededor de 900 hectáreas, siendo unos de los principales cantones productores y exportadores de flores.

Dentro de la agricultura se destacan como principales productos los de ciclo corto, destinados al consumo y al comercio, tales como: maíz suave y duro, fréjol, cebada, trigo, papa, y hortalizas como zanahoria, col, alcachofas, apio, berenjena, brócoli, coliflor, espinaca, lechugas, pimiento, rábano, remolacha, perejil entre otros.

Se cultivan en menor escala: arveja, habas, pepino, espárragos, cebolla. También se siembra alfalfa pero para ser utilizado como alimento para animales de granja: chanchos,

gallos, gallinas, patos, cuyes, conejos. Mientras que en la producción pecuaria, existe ganado de carne y leche; que permite que las industrias como: Nestlé, Miraflores, González y otras más pequeñas, procesen productos lácteos como el queso, yogurt, la leche en polvo, manjar de leche, entre otros.

Hay que recalcar, que hay alrededor 130 fincas en la zona, enfocadas en las diferentes producciones pero que primordialmente generan trabajo ayudando de esta manera a los habitantes de la zona.

En la zona también existen otras actividades industriales, como la compañía “Molinos La Unión” que produce harina de trigo y fideos, o empresas que fabrican adoquines y ladrillos empresas enfocadas en muebles de madera; Pero cabe recalcar que una de las principales actividades son las pequeñas industrias familiares, que se dedican a la elaboración de bizcochos con queso de hoja, los cuales son muy famosos en la zona y atrae a mucho turismo.

3.1.4 COMUNICACIÓN

Se puede decir que la comunicación del cantón es relativamente completa pero la sociedad está atrasada, ya que dentro de la tecnología avanzada se encuentra: enlaces vía satélite para la televisión, teléfonos celulares, internet, que han surgido al alcance de la señal que existe hoy en día en el país. Esto permite a los pobladores conectarse con el país y el resto del mundo. La telefonía está servida por Andinatel.

Gracias al censo nacional dado por el INEC en el 2010, el 59.8% de la población utiliza teléfonos celulares, el 33.8% de la población utiliza computadora y el 26.7% de la población utiliza Internet, con lo cual se concluye que en cuestión de la utilización de la tecnología el cantón está atrasado.

Por otro lado, con lo que respecta a la comunicación por radio el cantón cuenta con 3 emisoras: Ecos de Cayambe, Apuritos Radio y Radio Mensaje de Cayambe, que ofrecen una programación de noticias tanto locales, nacionales como internacionales, así como programación de música y de entretenimiento.

3.1.5 SALUD

En el cantón Cayambe solamente existe un hospital público ubicado en la ciudad de Cayambe, “Hospital de Cayambe Raúl Maldonado Mejía”. Pero tanto en la ciudad de Cayambe, como en el resto de ciudades y pueblos principales del cantón existen casas comunales que ofrecen servicios de ayuda y también hay varios centros privados. Lo que determina que los habitantes del cantón tengan servicios de salud muy pobres y en casos extremos nulos, pues el único hospital que hay no puede facilitar la ayuda a toda la población de un cantón, sin mencionar que este hospital no tiene la última tecnología con lo que respecta a la medicina, por lo que en este aspecto este cantón sigue siendo totalmente subdesarrollado.

En cuanto a las casas comunales, muchas veces estos no tiene certificados del ministerio de salud y la gente que trabaja ahí no tienen títulos en el área, lo que genera que la gente con problemas de salud sea tratada por gente sin experiencia y que en ocasiones la mala atención y la inexperiencia en cierto caso puede terminar con la vida del paciente.

Por el otro lado, los centro privados, tiene un alto precio por lo cual la mayoría de la población no puede abastecer esos gastos al igual que los seguros de salud privado, gracias al censo nacional dado por el INEC en el 2010, se conoce que en el cantón Cayambe solamente 7.084 personas tienen seguro privado, de los cuales 5.522 pertenecen a la parroquia de Cayambe.

Hay que mencionar que en cuestiones de salud el cantón de Cayambe no está bien preparado, no proporciona una adecuada atención a sus habitantes con problemas de salud, lo cual es un tema de suma importancia ya que en algún momento de emergencia no se podrá afrontar la cantidad de problemas que se generarían con la población tanto en los casos de niños como en los de los adultos.

3.1.6 EDUCACIÓN

Desde épocas antiguas se ha sabido que la calidad que se tenga en la educación hacia la niñez y la juventud, se convierte en un parámetro principal para demostrar el grado de desarrollo que se tiene en un pueblo.

El cantón Cayambe cuenta con escuelas, colegios e institutos tanto públicos como privados, centros de capacitación y/o profesionalización para poder enfocarse en carreras específicas. Las escuelas y colegios se encuentran en pueblos con cierto grado de urbanización y organización por lo general en todos los pueblos urbanos y en la mayoría de los pueblos rurales. Mientras que las instituciones privadas y los centros de capacitación profesional, se encuentran en la capital del cantón en la ciudad de Cayambe.

Gracias al censo nacional dado por el INEC en el 2010, se sabe que el índice de analfabetismo en el cantón de Cayambe es el 11.1% y en la parroquia de Cayambe es el 6.85%.

Mientras que los niveles de instrucción más altos al que la población asiste o asistió hasta el 2010, se lo puede observar en la siguiente tabla, donde claramente se ve que el nivel de estudio al que la mayoría de la gente llega es el de primario.

Tabla # 5 Censo del nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió en la parroquia de Cayambe

AREA # 170250		CAYAMBE		
Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió	Casos	%	Acumulado %	
Ninguno	2,094	4.62	4.62	
Centro de Alfabetización/(EBA)	475	1.05	5.67	
Preescolar	567	1.25	6.92	
Primario	16,869	37.22	44.14	
Secundario	10,713	23.64	67.78	
Educación Básica	4,343	9.58	77.36	
Bachillerato - Educación Media	3,314	7.31	84.67	
Ciclo Postbachillerato	429	0.95	85.62	
Superior	5,417	11.95	97.57	
Postgrado	222	0.49	98.06	
Se ignora	878	1.94	100.00	
Total	45,321	100.00	100.00	

Fuente: (INEC)

Se conoce en que en el cantón de Cayambe los centros educativos no tiene la infraestructura adecuada ni a los maestros preparados y por ende la educación que se recibe no es la mejor, es por esto que en muchos casos las familias deciden emigrar a otros lugares por el futuro de una educación o en otros casos solamente los hijos son enviados a otras ciudad (por lo general la ciudad de Quito) para que de esta manera puedan obtener

una mejor educación y salir adelante en un futuro. Mientras que en otros casos los jóvenes por la falta de la economía en los hogares se ven forzados a abonar los estudios y deben empezar a trabajar a cortas edades.

3.1.7 CLIMA

El cantón Cayambe se ubica en la región Sierra del Ecuador, específicamente en el valle interandino de la cordillera central del norte del Ecuador (Cordillera Real). Por lo que se puede encontrar zonas desde los 2700msnm hasta los 5790 msnm que corresponde a la altura del volcán Cayambe, el tercer volcán más alto del Ecuador.

Por esta característica geográfica, el cantón cuenta con diferentes ecologías así como variación de climas por las diferentes temperaturas.

El clima de la región se lo divide en tres etapas, la primera etapa, que tiene una altura entre los 3500 y 5790 msnm, es nevado, es decir, con temperaturas máximas de 5 °C y mínimas de -5°C; Se da la humedad relativa mayor al 85% y precipitaciones anuales entre 1000 a 1250 mm donde predomina el páramo.

La segunda etapa, tiene una altura entre los 3000 y 3500 msnm, es ecuatorial frío de alta montaña, es decir con temperaturas máximas de 15 °C y mínimas de 0 °C pero la temperatura media anual es de 5 a 9 °C; Se da la humedad relativa mayor al 80% y precipitaciones anuales entre 750 a 1000 mm.

La tercera etapa, tiene una altura entre los 2700 msnm y los 3000 msnm, se encuentra la zona oriental y occidental, con un clima más cálido y semihúmedo, es decir con una temperatura media de 12 a 20 °C, una mínima de 5 °C y una máxima de 25 °C; Se da la humedad relativa de 65 a 85% y precipitaciones entre 500 a 750mm.

No existen las cuatro estaciones pero en general se puede decir que la estación seca comprende los meses: de junio a septiembre y de diciembre a enero en cambio la estación húmeda comprende los meses: de febrero a mayo y de octubre a noviembre.

3.1.8 RECURSOS HÍDRICOS

En el cantón Cayambe existe gran cantidad de vertientes, que en gran parte es gracias al nevado Cayambe, ya que desde las faldas de su glaciar nacen dos sistemas fluviales, el uno con dirección al Occidente y el otro con dirección al Oriente, que posteriormente estos van a desembocar en otros ríos y así continuamente. Su principal aporte es para el riego de cultivos y para el pasto para el ganado que enriquece el suelo de la zona.

Por otro lado, con lo que respecta a los recursos hídricos para la población, gracias al censo de la población y vivienda 2010, se ha consultado ciertos aspectos con fines de interés para este estudio información solamente de la parroquia de Cayambe.

Se pudo conocer que el porcentaje de hogares que no tratan el agua antes de beberla en la parroquia de Cayambe es el 44.60%.

Por otro lado el porcentaje de las viviendas que tiene diferentes tipos de servicio higiénico o escusado para la parroquia de Cayambe se lo puede observar en la siguiente tabla.

Tabla # 6 Tipo de servicio higiénico o escusado de las viviendas en la Parroquia de Cayambe

AREA # 170250		CAYAMBE		
Tipo de servicio higiénico o escusado	Casos	%	Acumulado %	
Conectado a red pública de alcantarillado	10,528	80.48	80.48	
Conectado a pozo séptico	1,182	9.04	89.52	
Conectado a pozo ciego	492	3.76	93.28	
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	217	1.66	94.94	
Letrina	78	0.60	95.54	
No tiene	584	4.46	100.00	
Total	13,081	100.00	100.00	

Fuente: (INEC)

La procedencia principal del agua recibida por las viviendas en la parroquia de Cayambe se lo presenta en la siguiente tabla.

Tabla # 7 Tipo de procedencia principal del agua recibida por las viviendas en la Parroquia de Cayambe

AREA # 170250		CAYAMBE		
Procedencia principal del agua recibida	Casos	%	Acumulado %	
De red pública	11,088	84.76	84.76	
De pozo	173	1.32	86.09	
De río, vertiente, acequia o canal	1,718	13.13	99.22	
De carro repartidor	5	0.04	99.26	
Otro (Agua lluvia/albarrada)	97	0.74	100.00	
Total	13,081	100.00	100.00	

Fuente: (INEC)

Y por último, el tipo de eliminación de la basura de las viviendas de la parroquia de Cayambe se lo puede observar en la siguiente tabla.

Tabla # 8 Tipo de eliminación de la basura de las viviendas en la Parroquia de Cayambe

AREA # 170250		CAYAMBE		
Eliminación de la basura	Casos	%	Acumulado %	
Por carro recolector	11,541	88.23	88.23	
La arrojan en terreno baldío o quebrada	260	1.99	90.21	
La queman	1,122	8.58	98.79	
La entierran	104	0.80	99.59	
La arrojan al río, acequia o canal	12	0.09	99.68	
De otra forma	42	0.32	100.00	
Total	13,081	100.00	100.00	

Fuente: (INEC)

Con estos datos, se puede decir que el 84.76% de la población de la parroquia de Cayambe cuenta con los servicios de la red pública del agua pero solamente el 80.48% tiene conectado sus servicios higiénicos a la red pública de alcantarillado. Mientras que el 13.13% de la población utiliza el agua de los ríos, vertientes o canales para el uso diario, pero tanto el 1.66% de la población descarga sus servicios higiénicos por los ríos, quebradas o lagos y el 0.09% de la población elimina su basura por los ríos o canales. Esto nos indica claramente que el agua de los ríos en la parroquia de Cayambe son ríos contaminados y el

13.13% de la población está consumiendo estas aguas sumado al 44.60% de la población que no trata el agua antes de beberla, significa que es un alto riesgo de peligro para la salud de esta población.

3.1.9 SUELOS

Los suelos del cantón Cayambe están formados por sedimentos volcánicos lógicamente relacionados con antiguas explosiones del volcán Cayambe. Se conoce que el suelo está conformado principalmente por arenas, limos y en ciertas partes se ha encontrado cangahua que es de color negro por la gran cantidad de materia orgánica que por las bajas temperaturas no se descompone rápidamente.

Generalmente en toda la región del cantón se encuentra un suelo muy fértil y muy rico que ha permitido que la producción agrícola y ganadera surja, con excepción de las zonas que se encuentra cangahua a pocas profundidades o por las condiciones topográficas donde existen gran cantidad de pendientes.

En las zonas altas del cantón existe muchos kilómetros de páramo el cual es de suma importancia para la región ya que este almacena y regula el agua que nace en las faldas de glaciario del nevado Cayambe y que posteriormente fluyen a través de los ríos para luego utilizar el agua para los sistemas de riego. (Hofstede y Mena)

Los suelos característicos del cantón Cayambe por su ubicación y características son:

- **Suelos Hc:** de textura fina, compuestos de limos, arcilla, arena y minerales, de color negro.
- **Suelos Db:** negros profundos (más de 1m) de textura arenosa fina con presencia de limos.
- **Suelos Cp:** derivados de cenizas volcánicas con textura dura, seca y muy negros.
- **Suelos Cn:** negros a pardos de textura seca arcillosa y arenosa y dura.
- **Suelos misceláneos:** arenosos derivados de materiales volcánicos, en áreas secas sin cultivar.

3.1.10 VEGETACIÓN

La vegetación y el uso del suelo, dentro del cantón Cayambe, están directamente relacionados con las diferentes altitudes y las condiciones del clima.

- **La Formación Vegetal Arbórea:** está formado por especies propias de la zona o mezclas de especies forestales, como los páramos y los matorrales.
- **La Vegetación Arbustiva:** localizada generalmente en relieves fuertes como matorrales o vegetación que nacen entre las rocas.
- **Los Cultivos:** existe una amplia variedad por la calidad del suelo y por lo general se dan en los valles y en faldas del volcán. Predomina el maíz, la cebada, el trigo y las hortalizas; mientras que en frutales hay cítricos, aguacate y tomate de árbol.
- **Vegetación Herbácea:** está presente en todo el cantón, pero primordialmente son los páramos los cuales resisten las bajas temperatura y a vientos helados. Dentro de ellos se encuentran los pajonales y las almohadillas. El pasto natural domina en toda la zona que es utilizado para alimentar al ganado y de la misma manera también es cultivado para el mismo fin.

También se observan áreas sin vegetación por la gran cantidad de rocas y pendientes existentes.

3.1.11 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

En el cantón Cayambe a través de la historia y de los siglos, los procesos tectónicos y volcánicos han tenido y tienen un importante papel, cuyos impactos formaron la topografía que hoy en día tiene este cantón. La combinación de estos dos procesos, ha dado lugar a los elementos geomorfológicos que hoy existen como son los valles, las quebradas, las laderas, las pendientes precipitadas y sobretodo la geomorfología del volcán el cual es característico por sus domos, crestas y escarpes.

El volcán Cayambe (Latitud 00°1.72' Norte; Longitud 77°59.13' Oeste; altura 5.790m), es un volcán activo que se encuentra en la parte norte de la Cordillera Real de los Andes Ecuatorianos y está ubicado a 15km al Oriente de la ciudad de Cayambe. Es un gran

volcán sólido, con formas angulosas en sus alturas, con fuertes pendientes, formando así varias cumbres en sus faldas, siendo la principal la cumbre máxima occidental que tiene una altura de 5.790msnm y una cumbre secundaria Oriental con una altura de 5.487msnm. Sobre los 4.800msnm, el volcán está cubierto por un casquete glaciar que cubre un área de alrededor 22 km² y con un espesor de 30 a 50m en la cumbre como se puede observar en la siguiente fotografía.

Fotografía # 6 *Volcán Cayambe*



Fuente: (Ministerio del Turismo del Ecuador)

Hay que mencionar que el volcán está constituido por la parte occidental denominado “Viejo Cayambe”, el cual corresponde al antiguo volcán que hoy en día se lo considera extinto; Mientras que la mitad oriental se lo llama “Nevado Cayambe” que incluye el domo de la cumbre máxima y que corresponde al joven volcán, el cual se lo considera potencialmente activo.

La topografía actual del volcán se edificó en el hueco de una gran caldera, la forma alargada y puntiaguda de su cima es alcanzada de varias erupciones. Esta edificación se ha caracterizado por su formación como por ser destructivo ya que por las erupciones ha permitido la construcción de su topografía mediante los flujos de lava y los domos que

luego han sido destruidos por la inestabilidad de los suelos y del glaciar llevando con ello al colapso de partes de lo que se formó.

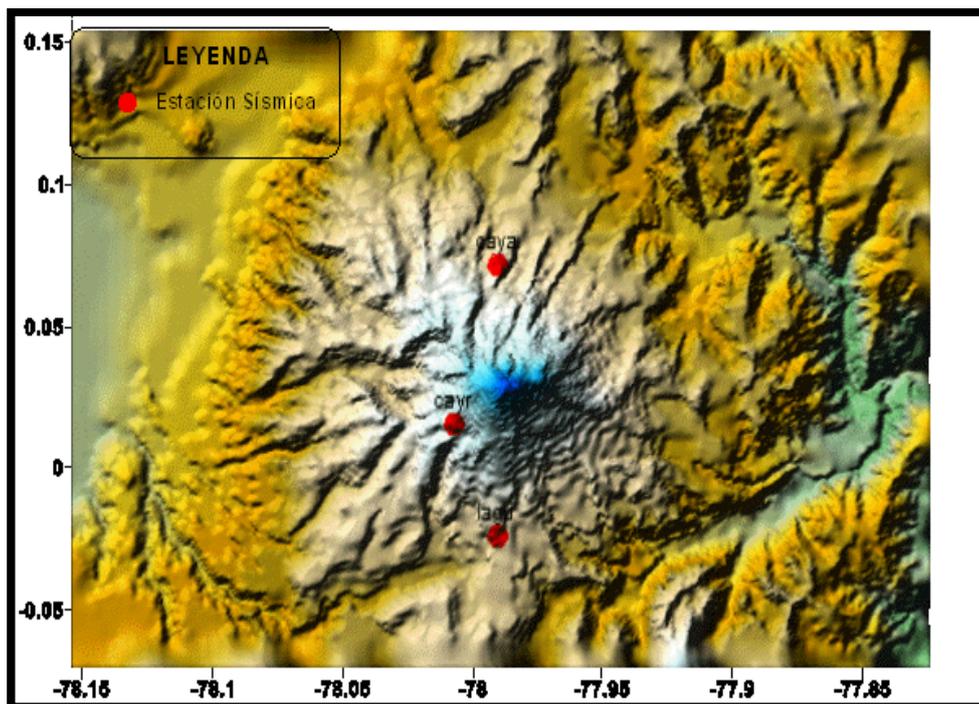
Hoy en día se pueden evidenciar lo anteriormente dicho, observando el suelo de la ciudad de Cayambe y la estructura de las quebradas existentes en las faldas del volcán que están conformadas por depósitos de avalancha y de flujos de escombros y que a través de los millones de años se han formado los ríos Blanco, Granobles, Pisque, Guachalá, San Pedro y el Salado.

3.1.11.1 Riesgo de Sismos Volcánicos

Existen casos de erupciones volcánicas donde antes de ocurrir la explosión no hay ningún tipo de aviso previo con lo que respecta a sismos. Mientras que existen casos donde si hay previos avisos antes de que ocurra una erupción, estos avisos pueden ser de años, meses o días donde es posible detectar muchos sismos pequeños en las cercanías o en el cono mismo del volcán. Se dice que son sismos pequeños ya que estos no son ni sentidos por las poblaciones aledañas y generalmente eso es lo que ocurre siempre, la reactivación de un volcán no produce sismos de grandes magnitudes. Pero a pesar de aquello tiene un gran significado y una gran ayuda para los científicos ya que el poder detectar sismos pequeños les ayuda a entender mejor los procesos magmáticos que están ocurriendo en el interior del volcán y de esta manera con éxito tratar de adelantarse a posibles erupciones ya sean fuertes o pequeñas.

Con lo que respecta al volcán Cayambe, este está monitoreado desde el año 1987 por tres estaciones sísmicas y una línea de control de la deformación del flanco norte. La primera estación, se instaló en 1987 y está ubicado en el flanco norte – occidental, la segunda se instaló en el 2001 y está ubicada cerca del refugio en el flanco sur – occidental y la tercera se instaló en el 2003 y está ubicada en el flanco sur.

Figura # 5 Red de monitoreo del volcán Cayambe



Fuente: (Villalva, Torres y López)

Con esta ayuda desde el año 2000 se ha detectado un aumento en el número de sismos ocasionados por el volcán, no han sido de gran peligro ya que la mayoría de estos han sido demasiado pequeños como para ser sentidos, pero en dos ocasiones los sismos si fueron sentido, su magnitud fue mayor a 4 en la escala de Richter, estos fueron sentidos en el sector Refugio y en los pueblos asentados en las faldas del volcán. Pero se ha podido concluir gracias al monitoreo y a los estudios realizados en la historia que es poco probable de que pueda ocurrir un sismo con magnitudes altas como para generar daños graves en las ciudades y pueblos aledaños al volcán.(Samaniego, Eissen y Monzier)

3.1.11.2 Riesgos Volcánicos

Lo más peligroso que puede ocurrir durante o después de una erupción volcánica del Nevado Cayambe para las zonas aledañas son: la emisión de los gases, los flujos del material piroclástico (ceniza, fragmentos de roca y piedra pómez) por colapso de domos y los flujos de lodo y escombros por fusión del casquete glaciar y por lluvias; ya que pueden ocurrir las siguientes consecuencias:

- **Un domo de lava:** puede volverse inestable por la gran cantidad de pendientes existentes en el volcán, ocasionando de esta manera un colapso del domo y generando flujos piroclásticos de bloques y ceniza que descenderían por las pendientes del volcán.
- **Material piroclástico:** este pudiera ser de pequeños o grandes tamaños, los fragmentos de grandes tamaños caerían cerca del volcán, mientras que los pequeños subirían a grandes alturas en las columnas eruptivas y serían expandidos por el viento a varias distancias del volcán, cubriendo áreas con una capa de varios milímetros o centímetros de ceniza. Estos flujos piroclásticos son extremadamente peligrosos por su gran y amplia movilidad y temperatura, que la gente que llega a ser afectada por estos flujos tiene muy pocas posibilidades de sobrevivir ya que inmediatamente afecta a la respiración y a la vista.
- **Los flujos de lodo y escombros:** se forman cuando las masas de materiales como la ceniza, los depósitos glaciares, los escombros de flujos piroclásticos y avalanchas de rocas, se mezclan con el agua y por el peso y la magnitud se movilizan por la fuerza gravedad laderas abajo, siguiendo los drenajes de los ríos existentes. Por lo cual, debido a su alta velocidad y densidad, estos flujos pudieran mover y arrastrar objetos de gran tamaño y peso.
- **Las avalanchas de escombros:** son grandes deslizamientos que pueden ocurrir en un sector de un volcán, producidos por la inestabilidad de los flancos y del suelo del mismo. En el caso del volcán Nevado Cayambe, que presenta fuertes pendientes en todos sus flancos y un gran desnivel entre la cumbre y las zonas circundantes, la ocurrencia de avalanchas serían posible y dada la magnitud y violencia de estas, todo lo que se encuentre en su camino sería destruido.

Se tiene un registro, que en las erupciones pasadas del volcán Cayambe han ocurrido los diferentes escenarios anteriormente expuestos en diferentes momentos de la historia del volcán dejando como consecuencias numerosas muertes y graves daños en la salud tanto en personas como en animales, pérdidas de hogares y tierras así como daño considerables en los cultivos.(Samaniego, Eissen y Monzier)

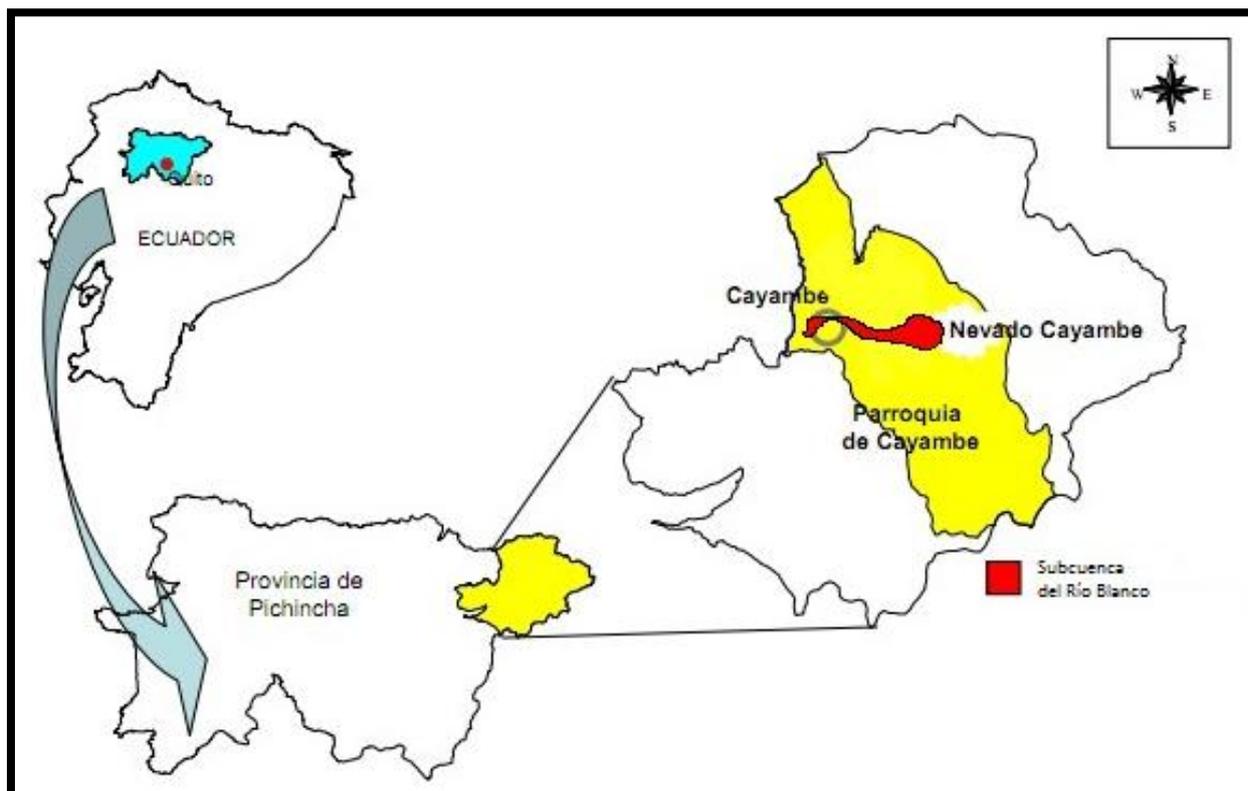
3.2) SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO

3.2.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

El área de estudio se localiza en la provincia de Pichincha, en la capital del cantón Cayambe, la ciudad de Cayambe, sus límites van desde el río Blanco al norte, la quebrada de Yasnán al sur, al occidente el río Granobles y por el Oriente el nevado Cayambe.

El río Blanco nace en las faldas del nevado Cayambe llamándose Río Blanquito a la altura de 4.560msnm con una longitud de 6,17 km, mantiene una dirección alargada este-oeste hasta tomar el nombre del Río Blanco en la altura de 3.580msnm con una longitud de 14,93 km, avanza hasta cruzar la ciudad de Cayambe en la cota 2.700msnm y desemboca en el Río Granobles.

Figura # 6 *Ubicación de la zona de estudio*



3.2.2 BASE DE LA SUBCUENCA

Como se mencionó anteriormente, el agua de la subcuenca hidrográfica del río Blanco nace de las nieve del nevado Cayambe continuando por el río Blanquito para luego adquirir el nombre de rio Blanco y posteriormente ser una subcuenca del río Granobles luego de haber cruzado la ciudad de Cayambe. Estas aguas son aprovechadas a lo largo de toda la subcuenca tanto para los riegos de pastos para cultivos, como para ganadería, plantaciones y para la vida humana propia.

Fotografía # 7 *Volcán Cayambe*



Fuente: (Valeria Ordóñez)

Para poder describir y explicar de mejor manera las características de la subcuenca se la divide en, subcuenca alta, media y baja.

La subcuenca alta se caracteriza por la gran cantidad de nieve anulando de esta manera la vegetación, abundantes precipitaciones y la circulación de los viento por las bajas temperaturas que oscilan entre los -2°C y 5°C .

En la subcuenca media alrededor de los 3.100 msnm, mejora la temperatura entre los 5°C y 9°C, donde se encuentran muchos relieves que permiten la crecida de bosques, la vegetación de páramo y uno que otro sector con pastos para la ganadería.

En la subcuenca baja, se encuentran zonas de bosques de eucalipto, vegetación normal, cultivos de la zona que son permitidos por las temperaturas entre 12°C y 20°C y las instalaciones de viviendas de la población.

Fotografía # 8 *Base de la subcuenca alta del río Blanco*

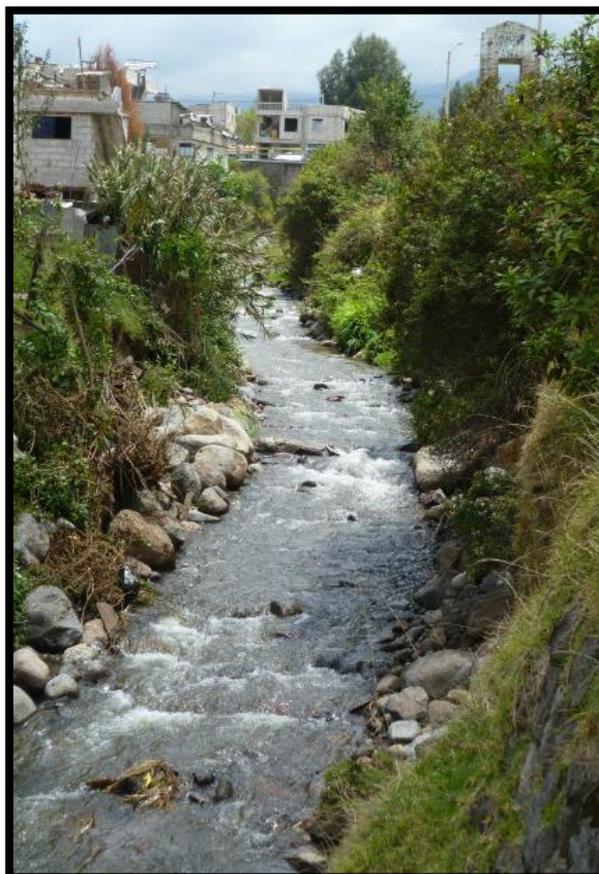


Fuente: (Compañía de guías de montaña)

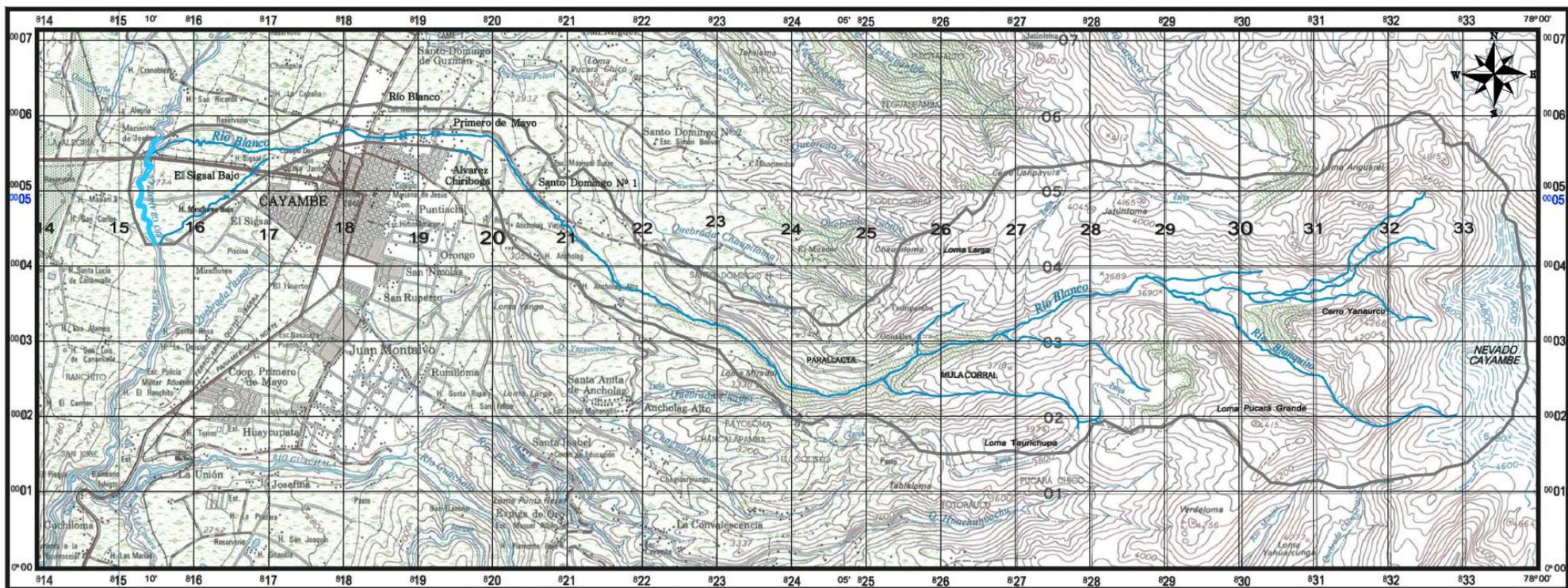
Fotografía # 9 *Base de la subcuenca media del río Blanco*



Fotografía # 10 *Base de la subcuenca baja del río Blanco*



Mapa # 1 Mapa base de la subcuenca del río Blanco



SIMBOLOGÍA	
	Límite área de estudio
	Vía
	Río
	Curva de Nivel

Escala 1 : 50 000
 Fuente: Mapa base, Hoja Cayambe, escala 1:50 000, del IGM.

(Anexo # 1 Mapa base de la subcuenca del río Blanco)

3.2.3 MAPA GEOLÓGICO

Con la ayuda del mapa geológico, se puede conocer las características geológicas de los suelos existentes en la subcuenca; se sabe que la subcuenca corresponde a la época Cuaternaria, debido a una explosión volcánica del Cayambe, ya que se observa dos zonas de unidades geológicas bien marcadas.

La primera se ubica en la subcuenca baja y media, está conformada por piroclastos, aglomerantes, sedimentos de lava y brechas volcánicas. Específicamente en esta zona, se encuentra tres tipos de depósitos del holoceno (última y actual época geológica del periodo Cuaternario), los depósitos coluviales son deformaciones en las bases de las laderas transportados ya sea por el movimiento de material suelto o por la erosión y van junto a aguas no canalizadas que en esta caso están conformados por arena y cangahua.

El otro depósito son los laharíticos que se encuentran con escombros de material volcánico, como ceniza y rocas redondas a angulosas de tamaño variable y su ubicación principal es en la subcuenca baja.

Y por último el depósito con mayor extensión es la cangahua, que tiene un espesor uniforme que está formada por ceniza y rocas volcánicas y se encuentra primordialmente en la subcuenca media.

La segunda zona se ubica en el lecho del río Blanco en la subcuenca media y en la subcuenca alta, en esta zona se encuentra depósito glacial formado por una morrena la cual es una cordillera de till (material glacial no estratificado) originada por los deslizamientos de los glaciales desde grandes alturas que arrastran los materiales y se van depositando a las orillas del lecho del río formando así estas cordilleras.

Fotografía # 11 *Depósito lahárítico en la subcuenca baja del río Blanco*

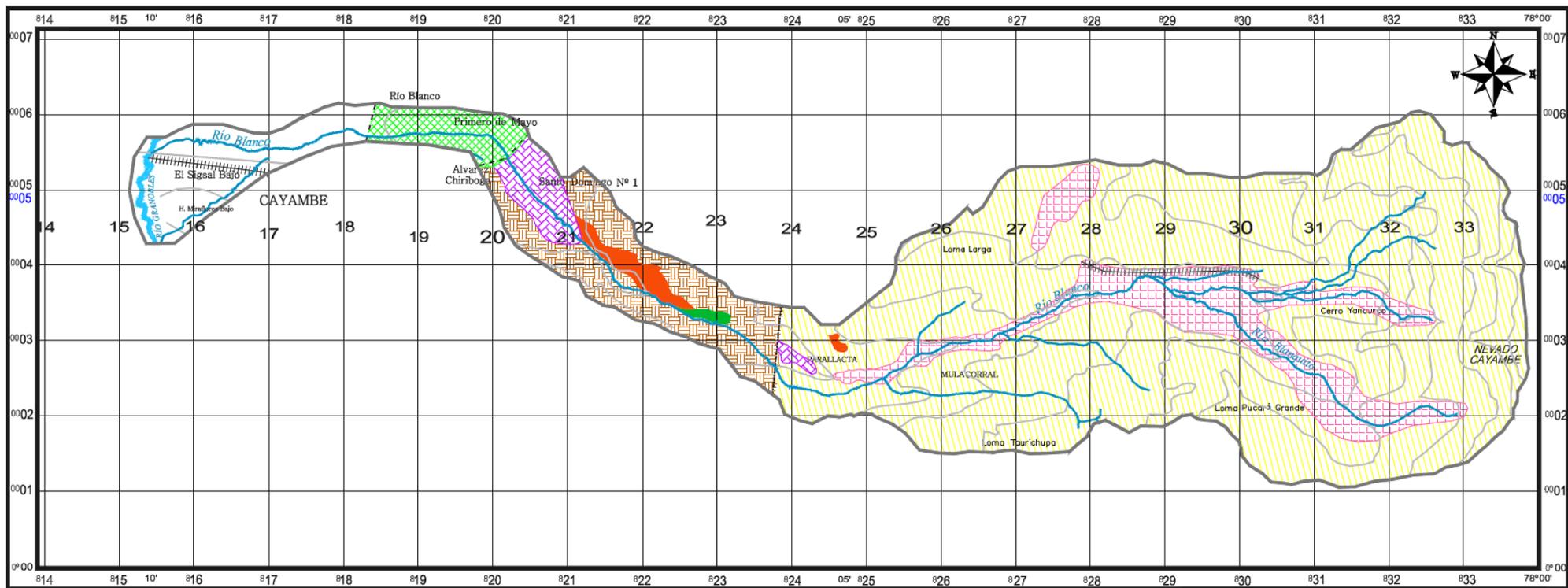


Fotografía # 12 *Formación de rocas en el volcán Cayambe sobre restos de una morrena glacial prehistórica*



Fuente: (Ecuador Ciencia)

Mapa # 2 Mapa geológico de la subcuenca del río Blanco



SIMBOLOGÍA	
	Límite área de estudio
	Río

Escala 1 : 50 000

LEYENDA			
	Depósito coluvial		Contacto
	Terraza indiferenciada primera		Contacto inferido
	Terraza indiferenciada primera - segunda		Falla inferida
	Depósito Laharítico		Escarpa erosional
	Depósito Glacial		
	Ceniza, ce (Cangahua)		
	Piroclastos de pómez, pr		
	Andesita, n (Volcánicos del Cayambe)		
	Lava, lv del Cayambe)		
	Andesita porfírica, no		

(Anexo # 2 Mapa geológico de la subcuenca del río Blanco)

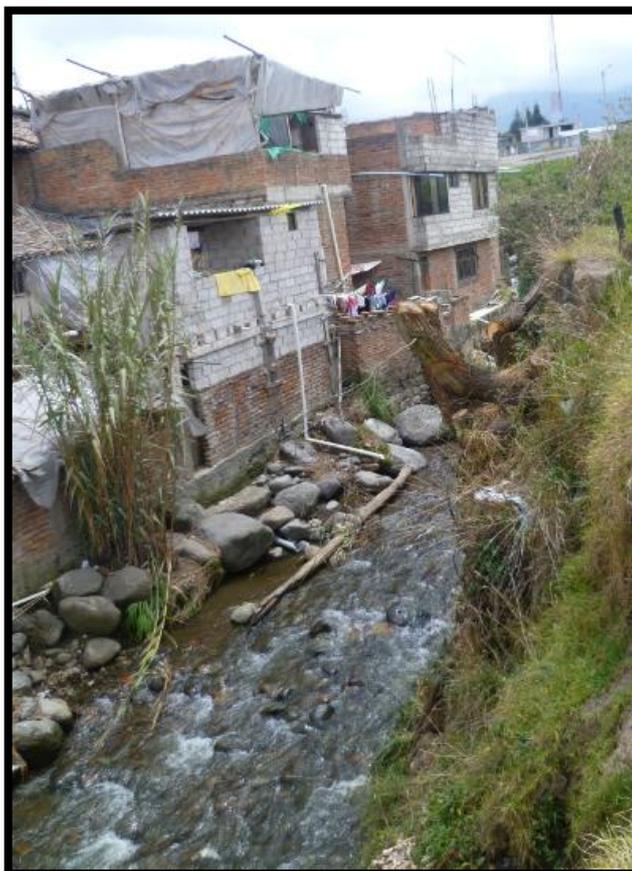
3.2.4 MAPA GEOMORFOLÓGICO

El mapa geomorfológico, es un mapa temático el cual es una representación gráfica de un área concreta de la superficie terrestre, continental u oceánica que nos presenta las formas de los relieves de la zona según su naturaleza, el tamaño y sus relaciones con la estructura y su dinámica que nos permite determinar el tipo de relieve que se tiene y de esta manera presentarlo en estos tipos de mapas.

Por lo tanto, para poder realizar el mapa geomorfológico de la subcuenca del río Blanco, se debe estudiar sus relieves dividiendo la subcuenca en sus tres partes.

La subcuenca baja: a lo largo de esta, se encuentra habitado por la población, a las orillas del río. Como se puede observar en la fotografía. Visitando el lugar se puede observar claramente que existe presencia de terrazas de acumulación en el fondo del río, de sedimentos fluvio volcánicos tanto planas como cóncavas. Al mismo tiempo se encuentra bolones, gravas, arenas, ceniza volcánica de color gris amarillento disectada por el río Blanco y piedras de gran tamaño así mismo relacionado con las explosiones volcánicas.

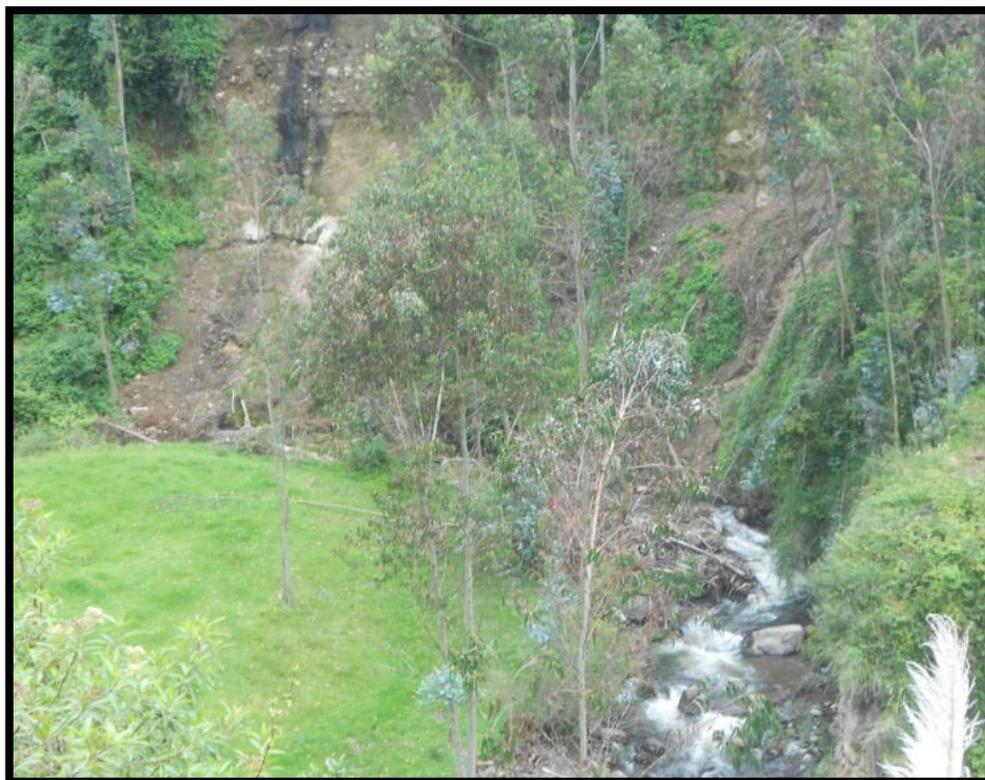
Fotografía # 13 *Subcuenca baja del río Blanco*



La subcuenca media: al inicio es semejante a la subcuenca baja pero se encuentran pendientes rectilíneas con un ángulo mayor a 40° que en ocasiones llega al lecho del río. Posteriormente la subcuenca, en la vertiente media, tiene un cambio drástico donde básicamente se puede observar pendientes suaves por lo general cóncavas, con un ángulo entre 12° a 25° ; pero si se encuentra alteraciones en los suelos a causa de los desplazamientos arcillosos ocasionados por la gravedad y por la debilitación del suelo por el contacto con el hielo o con aguas heladas, precipitando la arcilla en forma de finas capas y facilitando el deslizamiento, este proceso se lo llama como solifluxión.

Otro proceso que está presente en esta subcuenca por las mismas razones del suelo arcilloso y las aguas heladas es el de reptación el cual consiste en el desplazamiento del suelo, provocado por la inestabilidad de taludes y de la gravedad. Luego casi al final de la subcuenca media, en la vertiente alta se encuentra gran cantidad de paredes rocosas, de la misma manera rectilíneas y convexas con un ángulo mayor a 45° .

Fotografía # 14 *Subcuenca media del río Blanco*



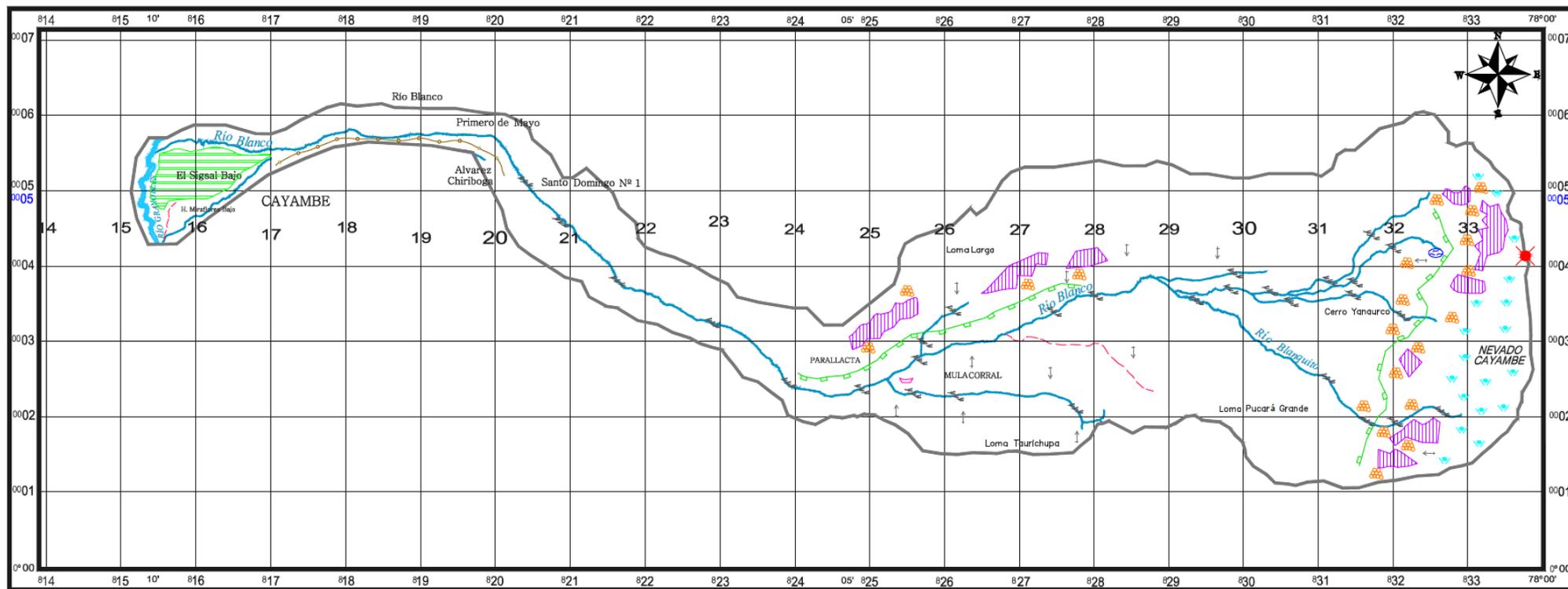
La subcuenca alta: en esta subcuenca se puede encontrar gran cantidad de paredes rocosas y de la misma manera un sin número de pendientes rectilíneas convexas que ocasionan deslizamientos activos. En la parte baja de la subcuenca alta se encuentra cobertura vegetal de páramo y algunas zonas con bosques pero consecutivamente en la parte media y alta de la subcuenca alta se encuentran grandes cantidades de nieves perennes.

Fotografía # 15 *Subcuenca alta del río Blanco*



Fuente: (Ministerio del Turismo del Ecuador)

Mapa # 3 Mapa geomorfológico de la subcuenca del río Blanco



SIMBOLOGÍA	
	Límite área de estudio
	Río

Escala 1 : 50 000

LEYENDA			
	Ruptura de pendiente		Inclinación
	Pared de roca		Reptación
	Cráter activo		Solifluxión
	Nieves perennes		Superficie de aplanamiento
	Lago temporal		Cauce sin agua
	Terraza de acumulación		Deslizamiento activos

(Anexo # 3 Mapa geomorfológico de la subcuenca del río Blanco)

3.2.5 MAPA DE SUELOS

Para poder tener un correcto análisis del suelo se consultó en la Soil Taxonomy of United States Department of Agriculture (USDA), la cual es la taxonomía de suelos para el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos. En donde se encuentra una clasificación de los suelos en varios niveles por parámetros y propiedades.

En el mapa de suelos de la subcuenca del río Blanco se puede observar que en la subcuenca baja se tiene dos tipos de suelo.

El suelo Hc (Andic Argiudolls), que tienen “*un espesor total de 18 cm o más, dentro de los 75 cm de la superficie del suelo mineral, una fracción de tierra-fina con una densidad aparente de 1.0 g/cm³ o menos, medida a una retención de agua a 33 kPa, y porcentajes de Al más ½ Fe (por oxalato de amonio) de más de 1.0*” (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; Servicio de Conservación de Recursos Naturales). Físicamente se puede observar que son suelos finos, negros profundos, compuestos de limos, arenas y poca arcilla, también están compuestos de minerales por lo cual son suelos que se encuentra cultivados.

El segundo tipo de suelo es el suelo misceláneo, es decir sin condición de suelo propiamente dicho, pero ocupa el mayor territorio dentro de nuestra zona de estudio, es localizado alrededor del río Granobles y al final de la subcuenca baja, y se puede observar que es caracterizado para grandes pendientes lo cual provoca que no puedan existir cultivos.

En la cueca media, al inicio se puede observar en parte el suelo tipo misceláneo y el Hc explicados anteriormente, y tres tipos de suelos más. El suelo tipo Cm (Cangahua), con un espesor de 12 cm o más, a una profundidad más de 40 cm. Su textura es dura y de color negro, está compuestos de minerales por lo cual son suelos que se encuentra cultivados y hay bastante vegetación a pesar de la existencia de pendientes.

El segundo tipo de suelo es el Cn (Cangahua), con un espesor de 10 cm o más, a una profundidad más de 40 cm. Su textura es dura, de color negro y seca, está compuestos de minerales por lo cual son suelos que se encuentra cultivados y hay bastante vegetación a pesar de la existencia de pendientes que provocan erosión.

El tercer tipo de suelo es el Cp (Cangahua), con un espesor de 10 cm o más, a una profundidad más de 20 cm. Su textura es dura, de color negro y muy seco, está compuestos

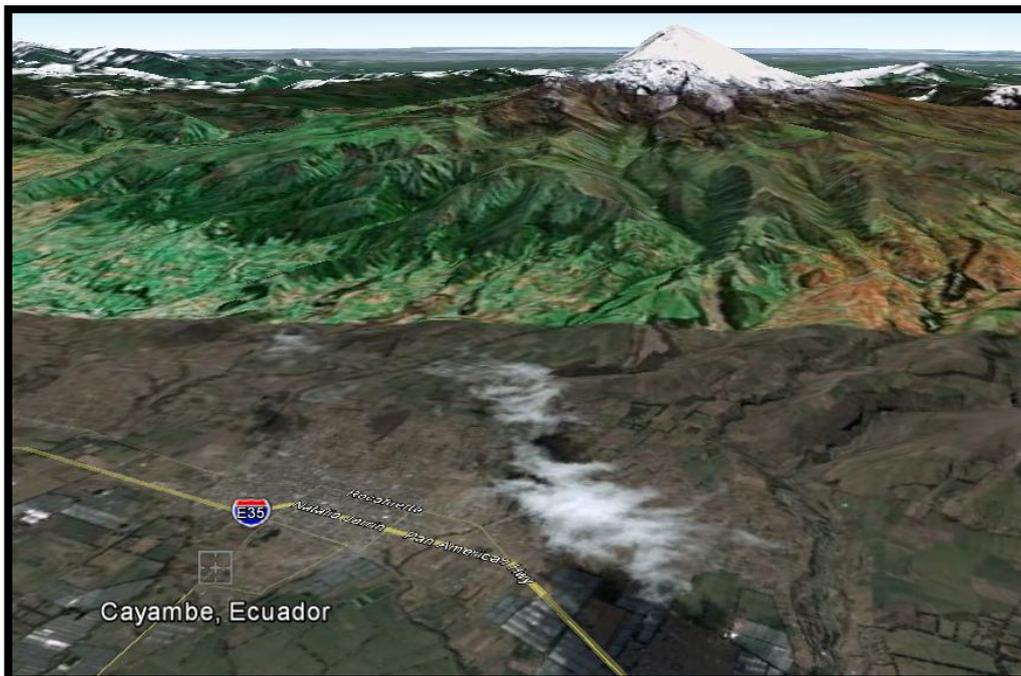
de pocos minerales por lo cual son suelos que se encuentra cultivados pero no en gran cantidad y de la misma manera hay poca vegetación causada también por la gran cantidad de pendientes existentes que provocan erosión.

En la subcuenca alta hay suelos de tipo misceláneo. Cn y Db (Dystric Cryandept) que son característicos por su temperatura baja, menor a 10°C y se encuentran a una profundidad de 50cm. Su textura es fina y de color negro, está compuesto de limos, minerales y derivados de cenizas volcánicas, por lo cual son suelos que se encuentran con pastos de páramo y pastos para el ganado siempre restringidos por la nieve y las bajas temperaturas.

Fotografía # 16 *Suelo tipo Hc y Cn, de la subcuenca media del río Blanco*

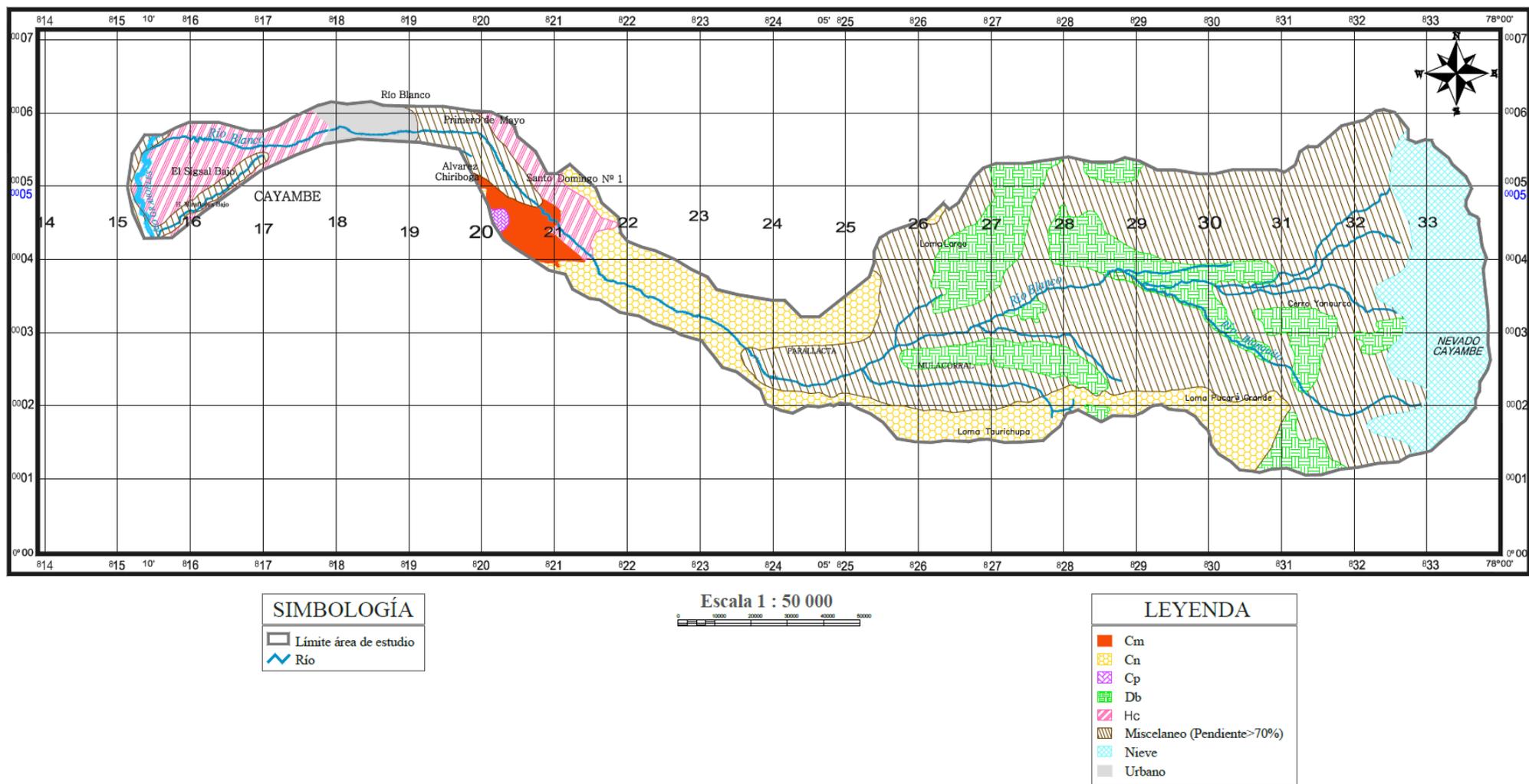


Fotografía # 17 *Vista panorámica del volcán Cayambe*



Fuente: (Google Earth)

Mapa # 4 Mapa de suelos de la subcuenca del río Blanco



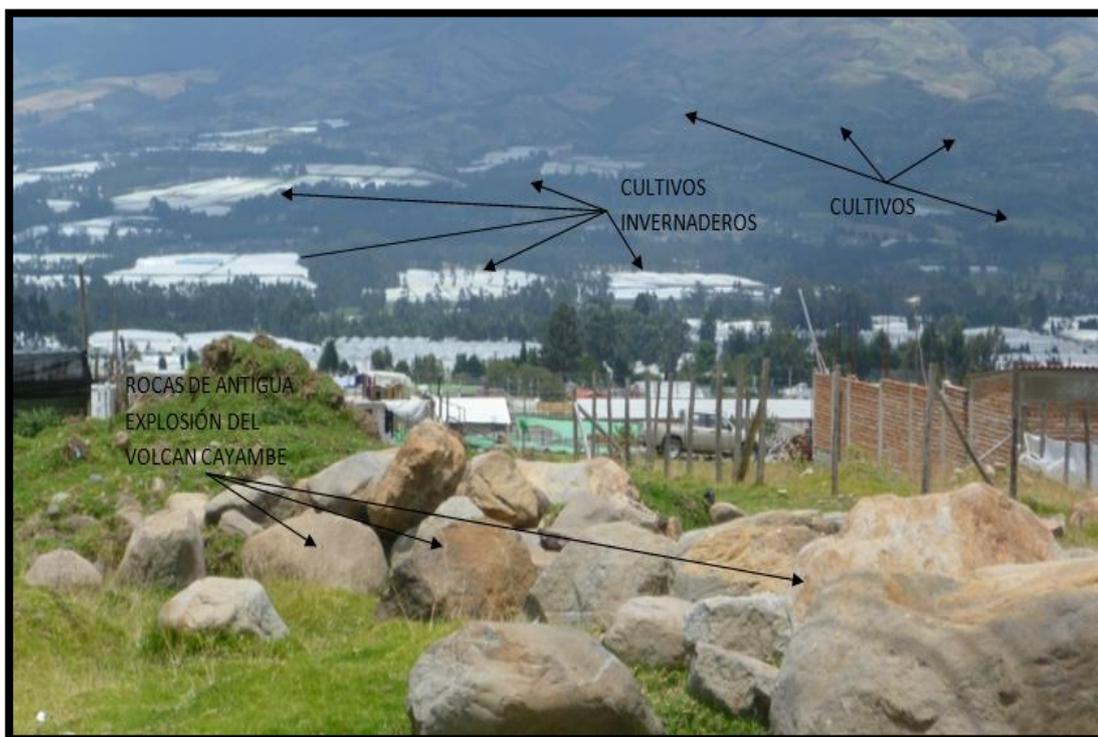
(Anexo # 4 Mapa de suelos de la subcuenca del río Blanco)

3.2.6 MAPA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

Analizando el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo se observa que en la subcuenca baja es una zona muy productiva ya que es muy rica en cultivos como maíz, cebada, trigo y gran variedad de hortalizas. Pero por otro lado en los últimos años se ha desarrollado en esta zona, con gran rapidez los invernaderos de flores, especialmente en el valle como se puede observar en la fotografía.

Hay que mencionar que una de las razones por la cual se ha podido dar este auge acelerado es gracias al tipo de suelo rico en minerales que existe en esta zona y por el alto coeficiente de escorrentía superficial por la impermeabilidad del suelo.

Fotografía # 18 Utilización del suelo en la subcuenca baja del río Blanco



En la subcuenca media de la misma manera, se encuentra gran cantidad de zonas con invernaderos de flores y cultivos de ciclo corto en grandes extensiones como granos, papas y cebollas. En las zonas con grandes precipitaciones o en las gargantas de los ríos, se encuentran bosques plantados, matorrales y zonas de cultivos pequeños como se puede observar en la siguiente fotografía.

Fotografía # 19 *Utilización del suelo en la subcuenca media del río Blanco*



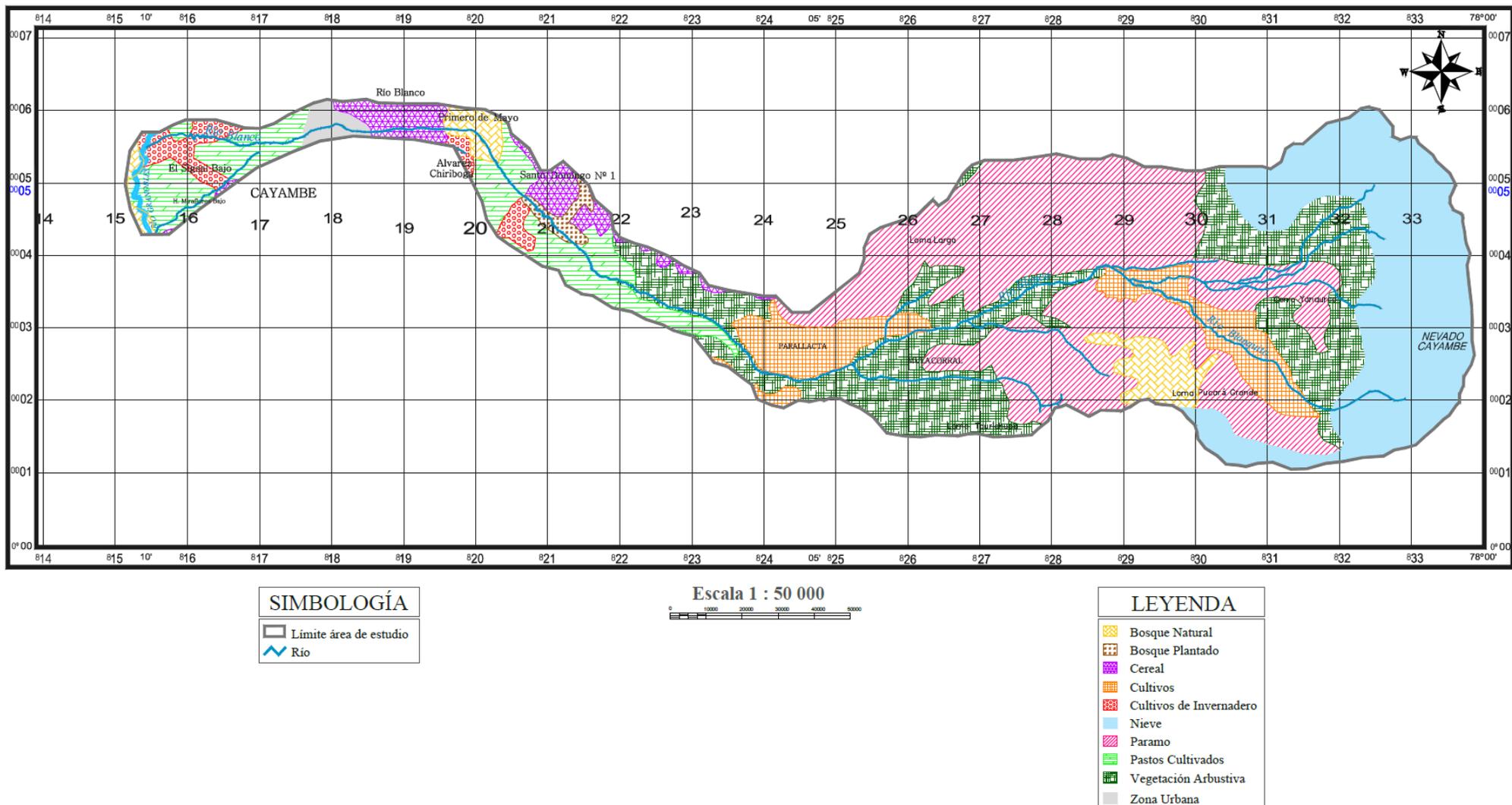
En la subcuenca alta el suelo principal es el páramo y el pasto por las temperaturas bajas y los vientos fríos. Pero también hay pajonales, rosetales, arbustales y humedales. También se hace presenta extensiones de bosques naturales, y en las pendientes fuertes y rocosas existe afloramientos mientras que en las pendientes suaves se puede encontrar pastos cultivados.

Fotografía # 20 *Utilización del suelo en la subcuenca alta del río Blanco*



Fuente: (Makimedia)

Mapa # 5 Mapa de la cobertura vegetal y uso de suelo de la subcuenca del río Blanco



(Anexo # 5 Mapa de la cobertura vegetal y uso de suelo de la subcuenca del río Blanco)

3.2.7 MAPA DE PENDIENTES

A lo largo de la subcuenca existe variedad de inclinaciones del suelo, desde la subcuenca baja hasta la subcuenca alta estas pendiente pueden variar desde 0% hasta 70%. De esta manera se ve que en la subcuenca baja, en la zona del valle se puede encontrar pendientes planas con 0% a 5%, el cual se caracteriza por condiciones excelentes para el cultivo del suelo ya que tiene una baja vulnerabilidad.

Posteriormente al inicio de la subcuenca media se tiene suelos ligeramente ondulados del 5% a 12%, donde ya es vulnerable ya que existe la presencia de flujos de escombros incitando a deslizamientos pequeños, pero a pesar de aquello este suelo es fértil y es cultivado. En la mitad y al final de la subcuenca media hay un aumento brusco de pendientes que van desde 25% a 50%, es un suelo escarpado y aquí es donde existe mayor cantidad de deslizamientos ya que el suelo es muy inestable.

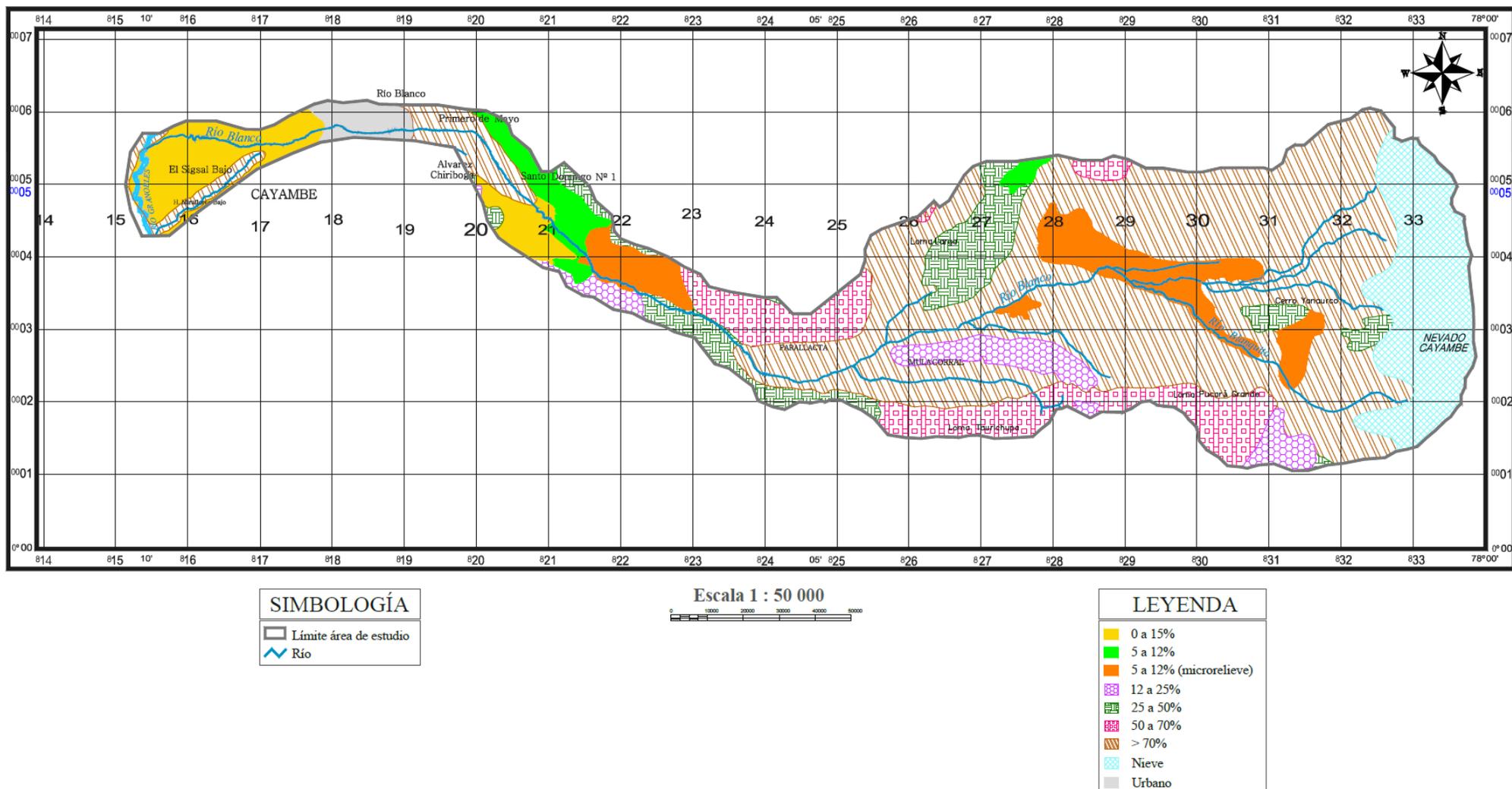
En la subcuenca alta se encuentran terrenos montañosos con pendientes mayores al 70% siendo está la zona más inclinada y con afloramiento rocoso, donde existe caída y colapso de escombros y en algunas situaciones avalanchas que caracterizan al suelo como vulnerable.

En la zona más alta de la subcuenca, en las faldas del Nevado se tiene nieve y hielo.

Fotografía # 21 *Subcuenca media del río Blanco pendientes desde 5% a 12%*



Mapa # 6 Mapa de pendientes de la subcuenca del río Blanco



(Anexo # 6 Mapa de pendientes de la subcuenca del río Blanco)

3.2.8 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES

Las precipitaciones es la forma de cómo el agua del cielo llega a la superficie terrestre, que puede ser mediante la lluvia, llovizna, nieve, granizo y aguanieve; Este proceso es generado por la nubes, cuando estas llegan a su punto de saturación, momento en el cual las gotas de agua aumentan de tamaño hasta que ellas mismas se precipitan por la fuerza de gravedad. La precipitación se mide en mm, que es igual al espesor de lámina de agua que se formaría con la precipitación de un litro de lluvia sobre 1m^2 . Es sumamente importante conocer este tema ya que la precipitación es una parte del ciclo hidrológico, el cual deposita el agua dulce en el planeta.

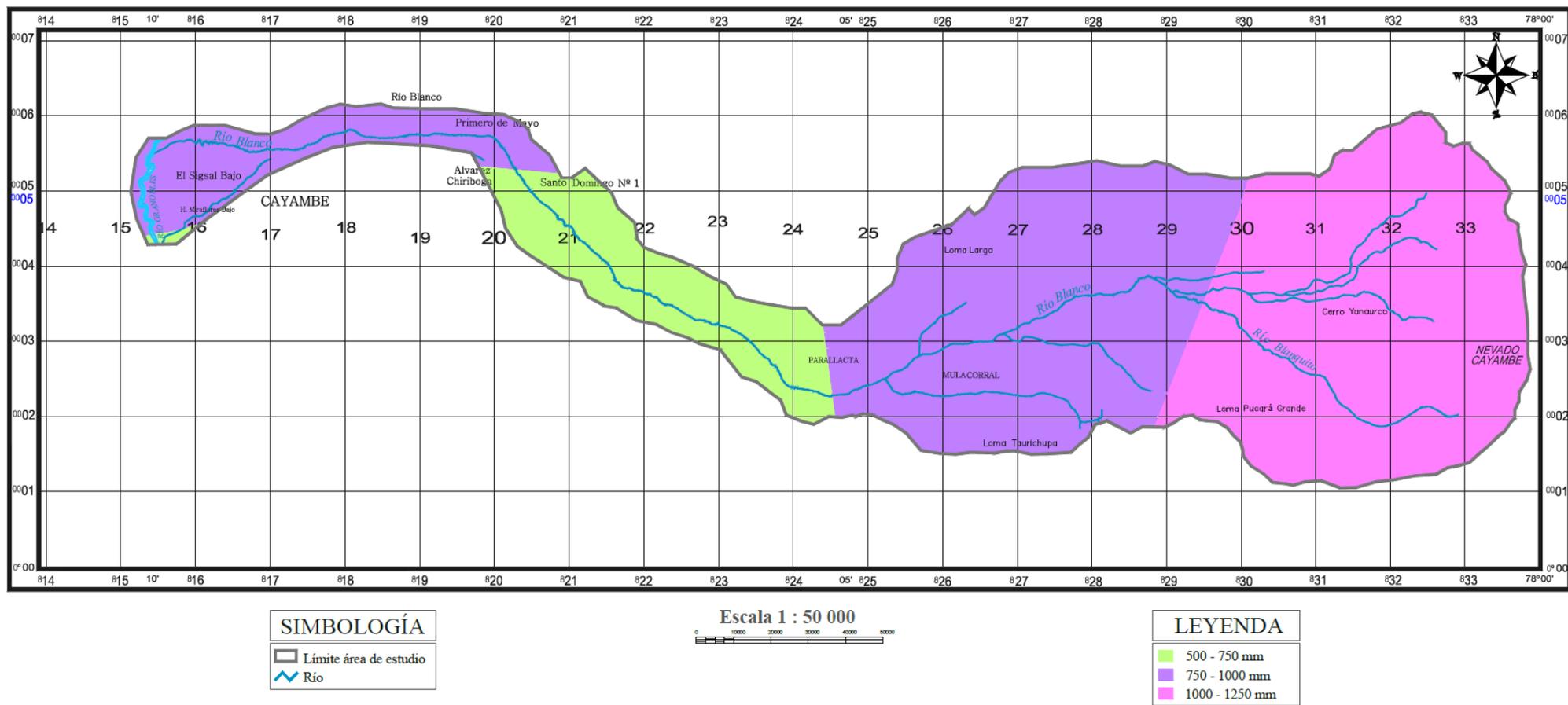
En nuestra zona de estudio existe gran cantidad de precipitaciones.

En la subcuenca baja se tiene una precipitación media anual de 750 a 1000mm. Mientras que en la subcuenca media se tiene menor cantidad de precipitaciones, con 500 a 750 mm de precipitación media anual. Al inicio de la subcuenca alta se tiene una precipitación media anual de 750 a 1000mm, pero los mayores valores se los encuentra en la subcuenca alta con 1000 a 1500 mm de precipitación media anual.

Fotografía # 22 *Precipitaciones de la subcuenca media y baja del río Blanco*



Mapa # 7 Mapa de la distribución de las precipitaciones de la subcuenca del río Blanco



(Anexo # 7 Mapa de la distribución de las precipitaciones de la subcuenca del río Blanco)

3.2.9 MAPA HIDROGEOMORFOLÓGICO

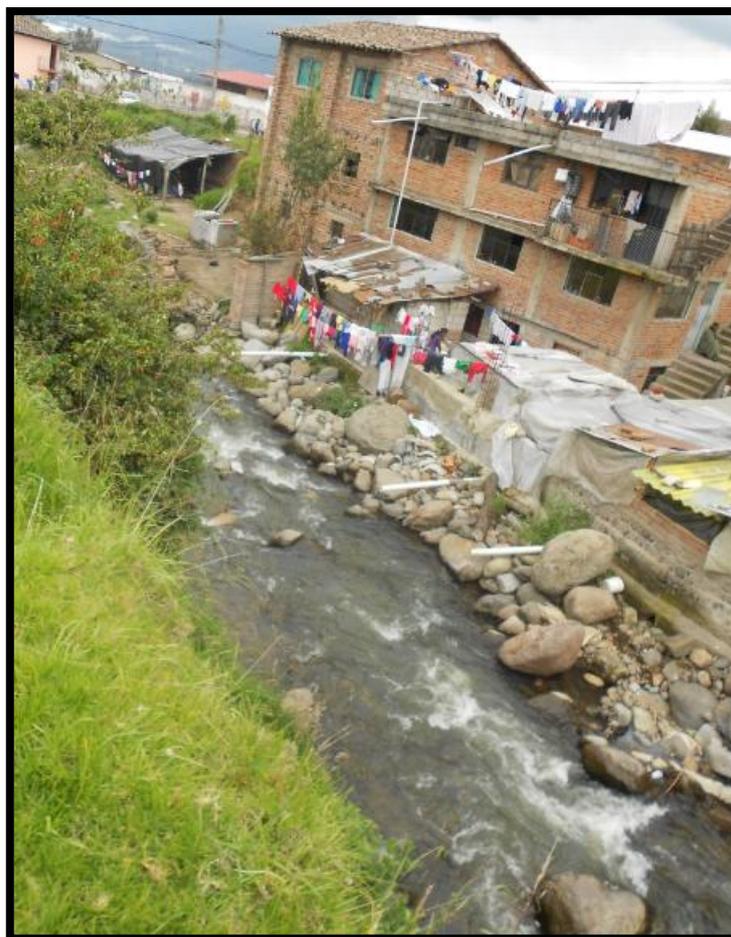
El mapa hidrogeomorfológico, es un mapa temático el cual es una representación gráfica de áreas concretas relacionadas con hidrografía de la superficie terrestre, nos presenta las formas de los relieves de la zona según su naturaleza, el tamaño y sus relaciones con la estructura y su dinámica.

Observando la geografía de la subcuenca del río Blanco se puede decir que es una red de tipo sub-dendrítico de aproximadamente 19km de largo y con un área de 39.337 km². Con lo que respecta a su altitud, nace en una altura de 4.560m en las faldas del nevado Cayambe como río Blanquito descendiendo por las laderas rocosas precipitadas en forma simétrica en donde se presenta gran cantidad de deslizamientos desplazados por la gravedad y que posteriormente son removidos aguas abajo por el río.

A una altura aproximada de 3.580m toma el nombre de río Blanco, luego alrededor de los 3.000 msnm parte de estas aguas son utilizadas para el riego de cultivos, invernaderos de flores y pastos para el ganado. Posteriormente atraviesa la ciudad de Cayambe donde se encuentra contaminado por dos fuentes, la población que habita a las orillas del río y las empresas que arrojan sus desechos al río, que al cruzar esta ciudad se convierte en el río Granobles.

Hay que mencionar que a través de las subcuenca alta y media existen gran cantidad de derrumbes debido a la cantidad de precipitaciones y la calidad del suelo que son parcialmente controlados por la cantidad de diferente tipo de vegetación que existe alrededor de toda la subcuenca incluido el lecho del río que generan que parte del movimiento de los materiales sean asentado en el fondo del río.

Fotografía # 23 *Contaminación de la población en la subcuenca baja del río Blanco por las aguas servidas*



Fotografía # 24 *Contaminación de la población en la subcuenca baja del río Blanco por los desechos y animales muertos*



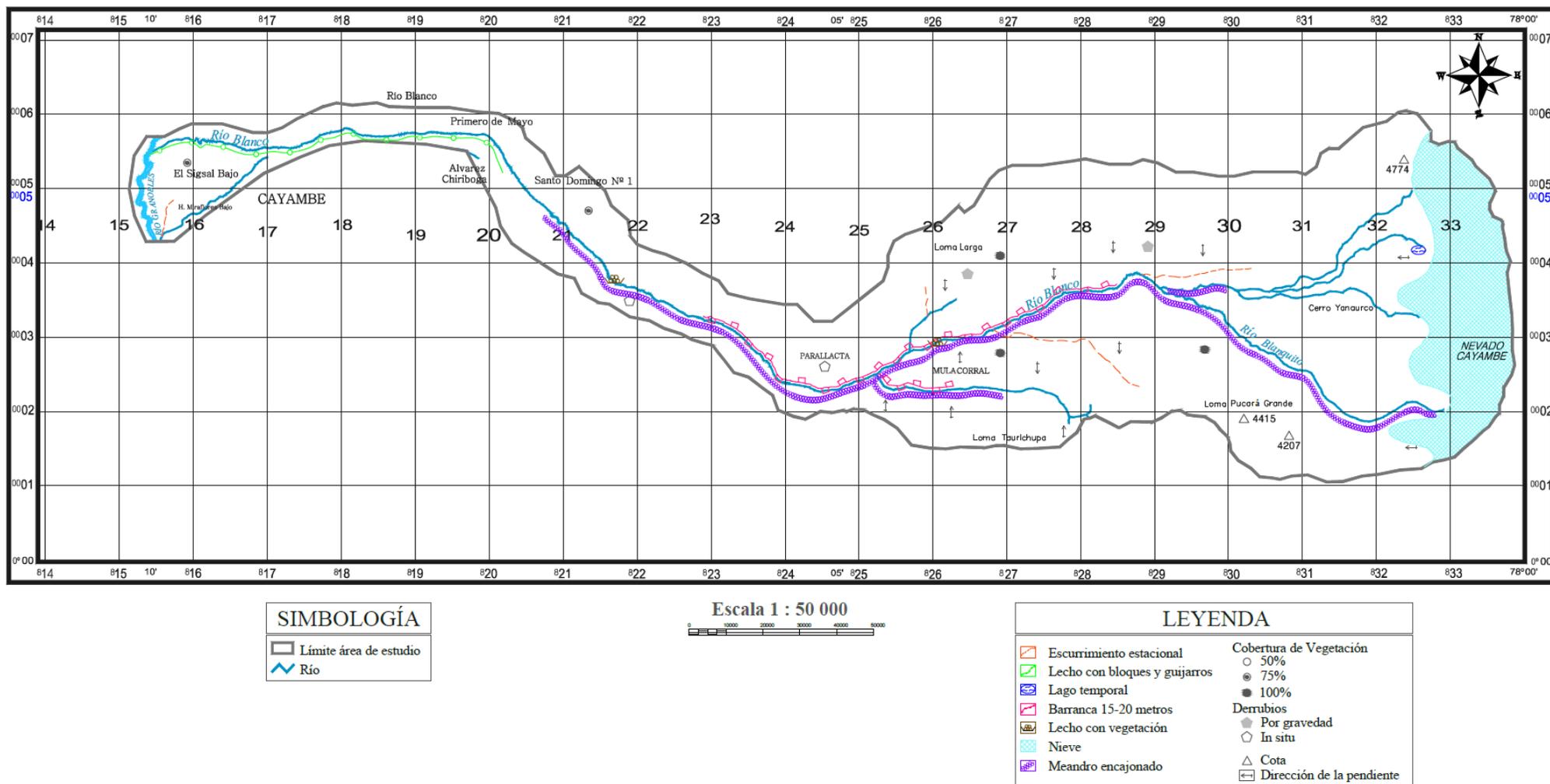
Fotografía # 25 *Contaminación de la población en la subcuenca baja del río Blanco por la utilización del agua*



Fotografía # 26 *Contaminación de empresas en la subcuenca baja del río Blanco*



Mapa # 8 Mapa hidrogeomorfológico de la subcuenca del río Blanco



(Anexo # 8 Mapa hidrogeomorfológico de la subcuenca del río Blanco)

3.2.10 MAPAS DE PELIGROS VOLCÁNICOS

Las posibilidades de erupción del volcán Cayambe no están eliminadas, sobre todo considerando que se ha registrado actividad en Diciembre del 2002 y en Agosto del 2003 (Instituto Geofísico, 2003). Por ello, es de suma importancia realizar un análisis sobre los riesgos negativos para los habitantes de la zona que podrían estar sometidos a esta amenaza si ocurriera una eventual erupción del volcán Cayambe enfocándonos en dos temas específicos, la caída de piroclastos y avalanchas de escombros y flujos piroclásticos y flujos de lodo.

Mediante el libro de “Los peligros volcánicos asociados con el Cayambe” y con la ayuda de los mapas geográficos de Cayambe, se puede hablar generalizando que si ocurriría una erupción volcánica del nevado Cayambe las consecuencias sería catastróficas no solo por los pueblos que se encuentran cerca del nevado, si no también, por la cantidad de ríos que nacen en las faldas del mismo y que ayudaría a drenar tanto la caída de piroclastos, como avalanchas de escombros y flujos de lodo.

Para tener una mejor idea del nivel de peligro que se tuviera, se debe conocer los ríos principales que nacen del nevado. El nevado se encuentra drenado por dos sistemas fluviales, el uno con dirección al Occidente el río Pisque y el otro el río Salado con dirección al Oriente.

Por el Occidente, al norte en las faldas nace el río La Chimba que luego toma el nombre de San José y posteriormente el río Granobles que queda a pocos kilómetros de la ciudad de Cayambe. Al Sur, nace el río Guachalá, el cual tiene gran cantidad de drenajes. Por la zona de los valles nace el río Blanquito que luego toma el nombre de río Blanco y que atraviesa la ciudad de Cayambe y desemboca en el río Granobles. La unión de los ríos Granobles y Guachalá se da al Sur de Cayambe, donde surge el río Pisque que posteriormente formará parte del río Guayllabamba.

Por otro lado, por el Oriente, al norte surge el río Azuela y al sur, nace el río Huataringo. La unión de estos dos ríos forma el río Salado, el cual fluye hacia la Amazonia para luego tomar el nombre de río Quijos y posteriormente el río Coca.

3.2.10.1 Mapa de Peligros Volcánicos: Caídas de piroclastos y avalanchas de escombros

Nunca se puede conocer a ciencia cierta la superficie que pudiera cubrir el material piroclástico en caso de una erupción de un volcán, ya que se ha da muchos casos donde este se extiende hasta cientos de kilómetros mientras que en otros casos solamente a pocos kilómetros. Esto depende principalmente de la dirección y velocidad del viento, el volumen que tenga el material expuesto, la intensidad de la explosión, la duración y la altitud alcanzada por la columna eruptiva.

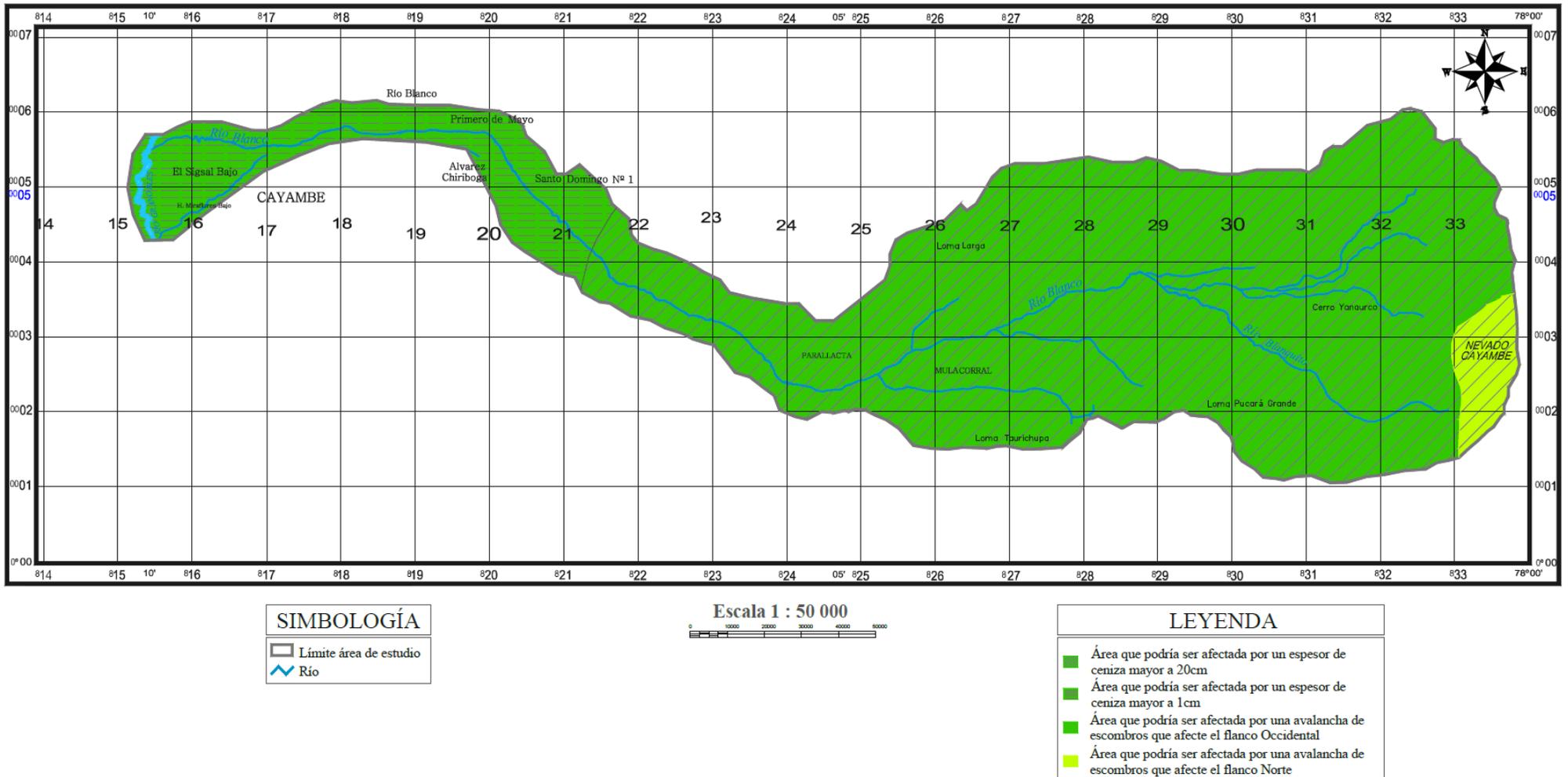
En el mapa de peligros volcánicos se presentan las áreas que tiene mayor probabilidad de ser afectadas por las caídas de piroclastos. Para este caso la elaboración del mapa de las caídas de piroclastos y avalanchas de escombros se ha basado en considerar que la explosión del volcán Cayambe sería con una intensidad moderada a grande.

En el mapa se puede observar que en el caso de una explosión de este tipo, el área que podría recibir ceniza cubre toda la subcuenca del río Blanco, y se podría considerar que hasta una altura de 3.800 msnm ósea en la subcuenca media y alta, se pudiera obtener un espesor igual o mayor a 20cm de ceniza mientras la población de Cayambe y la subcuenca baja del río pudieran recibir espesores de ceniza superiores a 1cm.

Hay que mencionar que espesores mayores a 1mm son peligrosos para la población ya que estos causan irritación en los ojos y en las vías respiratorias poniendo en sumo cuidado la salud del ser humano y no solamente eso, también causa problemas al ganado, destruyen la vegetación y cultivos, contaminan los ríos y reservorios de agua, daña los motores y si existe una caída en gran cantidad de ceniza que puede adquirir un peso considerable y ganar el peso de los techos de las casas derrumbándolos.

Sin mencionar en todo esto, el caso donde si la ceniza se mezclaría con el agua formarían una masa pesada que junto a los flujos de lodo arrasaría con lo que esté en su camino.

Mapa # 9 Mapa de las posibles caídas de piroclástos y avalanchas de escombros de la subcuenca del río Blanco



(Anexo # 9 Mapa de las posibles caídas de piroclástos y avalanchas de escombros de la subcuenca del río Blanco)

3.2.10.2 Mapa de Peligros Volcánicos: Flujos piroclásticos y flujos de lodo

Los flujos piroclásticos son mezclas a altas temperatura de fragmentos de rocas, de ceniza y gases emitidos por la explosión del volcán que tienden a descender por las laderas del volcán a grandes velocidades.

Los flujos de lodo son masas de materiales volcánicos no consolidados que pueden ser cenizas, hielo del glaciar, piroclastos, roca entre otros y están mezclados con el agua de los ríos o de lluvias. Donde posteriormente por la gravedad, fluyen laderas abajo a grandes velocidades llevando con ellos lo que esté en su camino y generalmente siguen el cauce de los drenajes existentes.

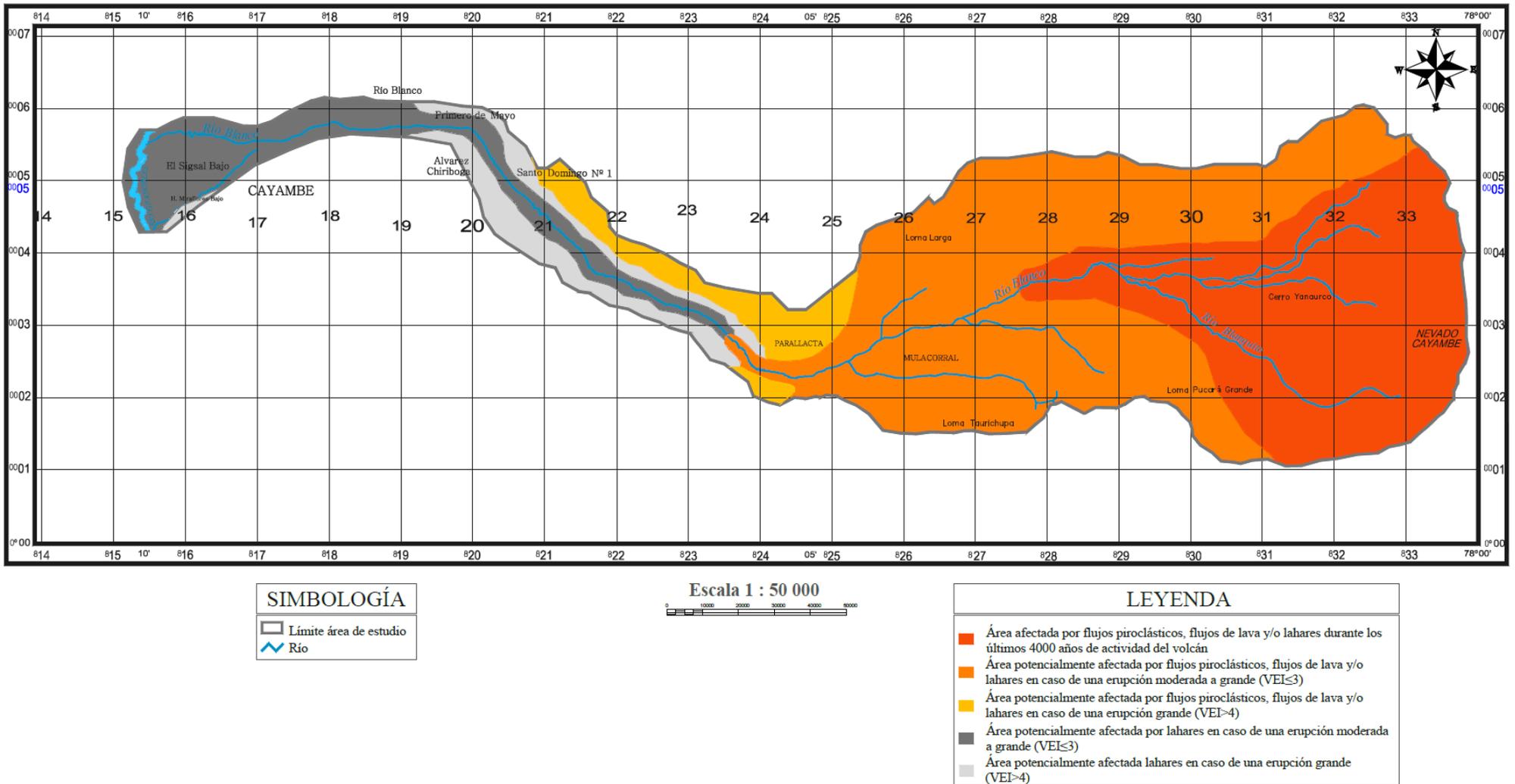
En el mapa se observar que la zona de color naranja intenso corresponde a la zona en la cual se han encontrado depósitos de flujos piroclásticos, flujos de lava y de lodo en los últimos 4.000 años de actividad del volcán por lo cual se puede concluir que la probabilidad de ocurrencia es bastante alta. Explicando de mejor manera, se considera que un evento con ese alcance, ha ocurrido en forma promedio, una vez cada dos siglos durante los 4.000 años por lo tanto la probabilidad de que ocurra no es muy lejana.

La zona de color naranja intermedio corresponde al área potencialmente afectada por flujos piroclásticos, flujos de lava y de lodo, en caso de una erupción moderada a grande.

Mientras que la zona de color amarillo fuerte, corresponde a una erupción grande, en donde se tuviera flujos de lava, de lodo y los flujos piroclásticos serían generados por el colapso de una columna eruptiva la cual está constituida por materiales ligeros que generarían una mayor expansión. Pero hay que mencionar que en la historia eruptiva del volcán Cayambe nunca ha ocurrido este tipo de erupción por lo cual la probabilidad es bastante baja.

Estos dos fenómenos son altamente peligrosos para los seres vivos. En el caso de los flujos piroclásticos, al tener contacto con ellos se puede sufrir de quemaduras o problemas respiratorios por la inhalación de los gases, mientras que en el caso de los flujos de lodo, este puede arrasar con lo que exista por las grandes velocidades. Por estas razones y por la imposibilidad de determinar lo que puede ocurrir, es por lo que hay que estar precavidos y conocer sobre el tema para saber cómo actuar.

Mapa # 10 Mapa de los posibles flujos de piroclásticos y flujos de lodo de la subcuenca del río Blanco



(Anexo # 10 Mapa de los posibles flujos de piroclásticos y flujos de lodo de la subcuenca del río Blanco)

3.2.11 MAPA DE RIESGOS NATURALES

Tras haber realizado y analizado los diferentes mapas sobre la subcuenca del río Blanco se puede concluir con el mapa de riesgos naturales en el cual se complementan cada uno de los mapas anteriormente vistos.

Para iniciar con el análisis se debe empezar desde las faldas del nevado donde como se explicó anteriormente es donde existe la mayor cantidad de deslizamientos por gravedad, por el tipo de suelo, por las pendientes rocosas tan inclinadas (mayores al 70%) y por las avalanchas de nieve. Gracias a la corriente y al volumen del río, permiten a los materiales de los derrumbes viajar por las laderas y a lo largo del río.

Todo esto es transformado en flujo de lodo y escombros (lahares) que consiste en rocas, arena, troncos, vegetación y todo tipo de material que se encuentre en el camino. Que son generalmente llevados o derrumbados por las precipitaciones o por el propio ser humano.

Fotografía # 27 Tala de árboles en la subcuenca baja del río Blanco



El gran peligro de los flujos de lodo y escombros, está básicamente determinado por la cantidad de precipitaciones o en otras palabras por el volumen de agua que aumenta

el cauce del río y permite que se aumente la velocidad del mismo y de esta manera que los materiales sueltos viajen con mayor facilidad.

La zona más afectada a estos sucesos, es la zona urbana y agrícola. La primera está ubicada en la subcuenca baja del río donde existe la concentración de las viviendas en las orillas del río, la segunda está ubicada al final de la subcuenca baja y en la subcuenca media donde la actividad de producción es primordial tanto agrícola como pecuaria.

Lo anteriormente dicho se lo puede comprobar mediante las siguientes fotografías tomadas del mismo sector en el mes de Septiembre del 2011 y en el mes de Febrero del 2012. En la primera fotografía se puede observar claramente el color lodoso del agua y una mayor cantidad de volumen del mismo mientras que en la segunda fotografía se puede observar que el color del agua es más transparente y existe menor volumen de agua, pero hay mayor suciedad, lo cual no se puede presenciar en la primera fotografía y se asume que es porque la corriente que existían era bastante fuerte por lo tanto se llevaba toda la suciedad aguas abajo.

Fotografía # 28 *Flujos de lodo de la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Septiembre 2011*



Fotografía # 29 *Flujos de lodo de la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Febrero 2012*



Por el otro lado, en las siguientes fotografías se puede observar la fuerza del agua y como esta afecta a las viviendas que se encuentran a las orillas del río. En la primera fotografía se puede observar que el muro esta por derrumbarse mientras que en la segunda fotografía se observa que una de las piedras que lo sostenía fue ya derrumbada y que el muro está más derrumbado que antes.

Fotografía # 30 *Fuerza del agua en la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Septiembre 2011*



Fotografía # 31 *Fuerza del agua en la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Febrero 2012*



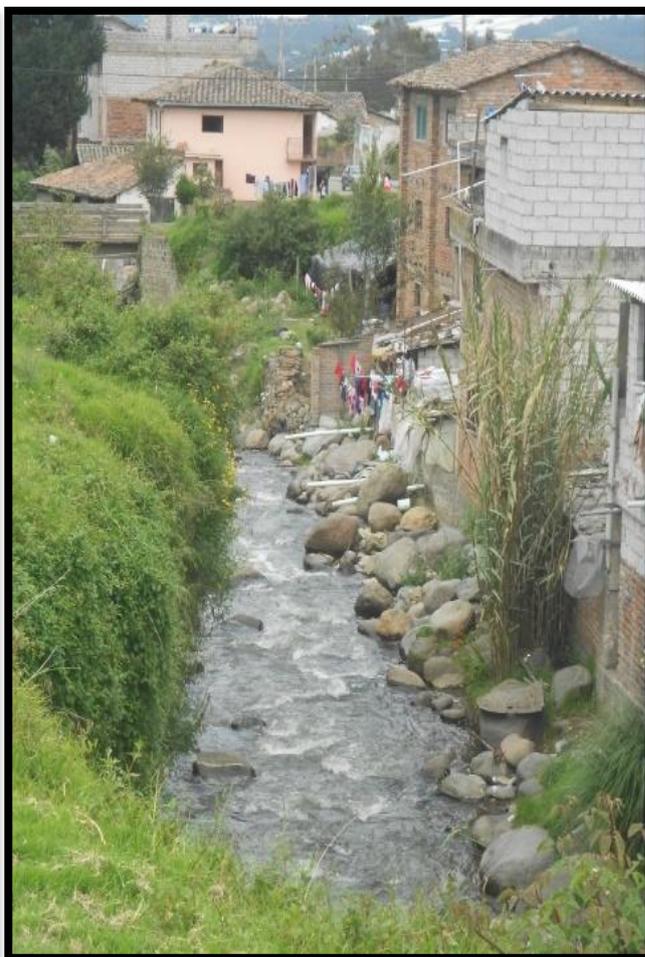
Uno de los peligros más latentes en la subcuenca baja del río Blanco está presente en la zona donde están las viviendas y las industrias a orillas del río y es ocasionado por la misma población ya que tanto las viviendas como las industrias desechan sus aguas residuales y desechos sin ser tratados al río.

Pero a pesar de aquello la ignorancia y la falta de educación provocan que la misma gente utilice el agua del río generando enfermedades y peligros para su salud al igual que utilizan el agua del río para riego para los cultivos que posteriormente son consumidos por ellos mismos o son enviados al resto de ciudades en el país e inclusive al exterior.

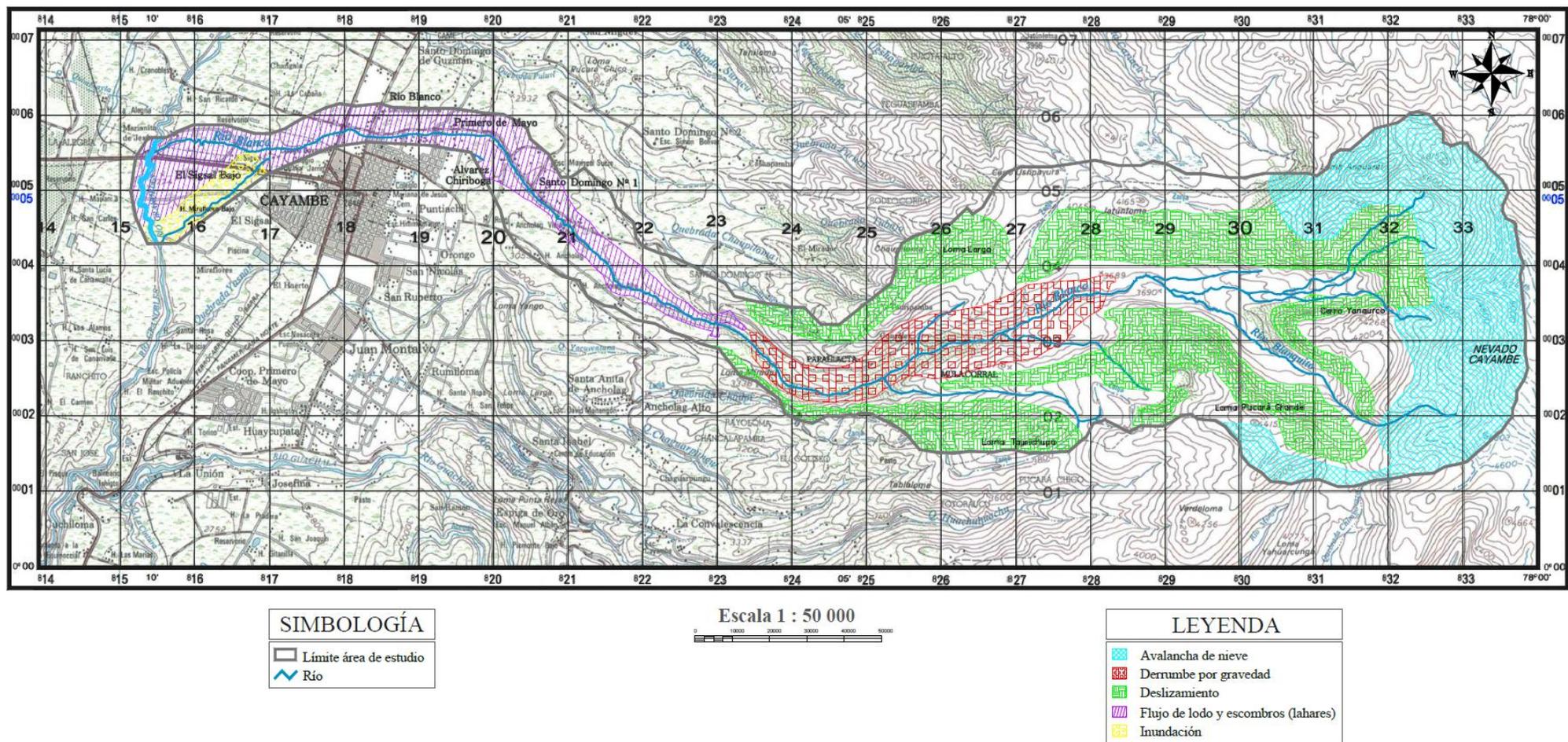
Fotografía # 32 Aguas servidas y de lluvia en la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Septiembre 2011



Fotografía # 33 Aguas servidas y de lluvia en la subcuenca baja del río Blanco en el mes de Febrero 2012



Mapa # 11 Mapa de riesgos naturales de la subcuenca del río Blanco



(Anexo # 11 Mapa de riesgos naturales de la subcuenca del río Blanco)

CAPITULO IV

4.1) CONCLUSIONES

- El Ecuador se encuentra ubicado en una zona caracterizada por su gran complejidad tectónica lo cual justifica plenamente el análisis de riesgos naturales en la subcuenca del río Blanco.
- Se define a la gestión de riesgos como el enfoque y la práctica sistemática de tratar la incertidumbre para disminuir los daños y las pérdidas potenciales en un desastre puede ocurrir.
- Actualmente en el cantón Cayambe existe una población de 85.795 habitantes con una tasa de crecimiento de 2.29 y solamente cuenta con un hospital ubicado en la ciudad de Cayambe.
- En la subcuenca del río Blanco luego del estudio nos hemos dado cuenta que no tiene la cobertura de todo los servicios básicos ni los de salud.
- Geológicamente, la subcuenca alta del río Blanco tiene depósitos glaciales formados por una morrena; la subcuenca media del río está conformada por piroclástos aglomerantes, sedimentos de lava y brechas volcánicas; mientras que en la zona baja se tiene cangahua lo cual es una ventaja para el escurrimiento superficial de las aguas que van hacia el fondo de los valles.
- Gracias al mapa geomorfológico, hemos podido concluir que en la parte baja y media existe la presencia de terrazas de acumulación en el fondo del río; En la parte alta se puede encontrar gran cantidad de paredes rocosas con pendientes rectilíneas cóncavas que ocasionan deslizamientos activos.
- Los suelos en la subcuenca del río Blanco son procedentes de cenizas volcánicas y se caracteriza generalmente por ser un suelo mineral de 75% de espesor muy apto para la agricultura.
- Con lo que respecta al uso y cobertura del suelo, se tiene que en la subcuenca alta del río Blanco predomina 100% el páramo debido al clima, mientras que en la subcuenca media y baja se observa gran cantidad de cobertura vegetal lo cual implica gran productividad agrícola especialmente de maíz, flores y ganadería que

genera todo tipo de productos lácteos y carnes. Hay que mencionar también que en la subcuenca baja existe una fuerte urbanización en las orillas del río.

- A lo largo subcuenca existe variedad de inclinaciones del suelo, desde la subcuenca baja hasta la subcuenca alta estas pendiente pueden variar desde 0 hasta el 70%.
- En la subcuenca baja se tiene una precipitación media anual de 750 a 1000mm mientras que en la subcuenca media se tiene menor cantidad de precipitaciones con 500 a 750mm de precipitación media anual.
- La posibilidad de erupción del volcán Cayambe no están eliminadas, sobre todo considerando que se ha registrado actividad en Diciembre del 2002 y en Agosto del 2003.
- Si ocurriera una erupción volcánica del nevado Cayambe las consecuencias sería catastróficas no solo por los pueblos que se encuentran cerca del nevado también por la cantidad de ríos que nacen en las faldas del mismo y que ayudaría a drenar tanto la caída de piroclastos, como avalanchas de escombros y flujos de lodo. Los riesgos implicados darían lugar a pérdidas sociales, económicas, físicas y ambientales que generarían una migración de los pueblos, una contaminación y por ende un desplome en la economía y así conflictos sociales y sobretodo de salud de la población.
- Tras todo el análisis de la subcuenca del río Blanco, se puede decir que los riesgos naturales en esta zona están relacionados definitivamente con la morfología y el clima que existe. Por lo tanto, al tener una subcuenca alta caracterizada por tener precipitaciones medias anuales entre 1000mm y 1500mm, pendientes mayores al 50%, depósitos glaciales donde el riesgo potencial son las avalanchas de nieve sobre los 4.400msnm y una vegetación de páramo y arbustiva, genera y facilita a tener un alto nivel de riesgo, enfocado especialmente en deslizamiento y derrumbes por gravedad, creando así, la amenaza principal de que se genere flujos de lodo y escombros que correrían aguas abajo hasta la subcuenca baja del río afectando potencialmente a las viviendas a orillas del río.

4.2) RECOMENDACIONES

- Sería recomendable emprender una campaña para todos los actores que están dentro de la subcuenca del río Blanco para concientizar sobre la importancia de cuidar el medio ambiente y de esta manera generar motivación para poder realizar estudios de investigación más avanzados en toda la zona de la subcuenca, pero especialmente en la subcuenca alta donde nace el mayor problema.
- Se debería trabajar en conjunto la población, el Municipio de Cayambe y expertos para inicialmente delimitar las zonas de más peligro en la subcuenca baja y así restringir en estas zonas los permisos de construcción en la orilla del río. Por otro lado también se deberá prohibir que tanto la tubería del agua potable como la tubería que conduce el agua para el riego de los cultivos, crucen por encima del río ya que esto implica un alto riesgo.
- Hoy en día no existe ningún tipo de planificación o manejos de recursos para contrarrestar la deforestación, la erosión del suelo, la desertificación, la frontera agrícola hacia la subcuenca alta; por lo que el Municipio de Cayambe debería implementar medidas para el cuidado de estos aspectos que solo generan una mayor posibilidad de deslizamientos del suelo.
- Se debería implementar una manera de comunicación para poder llegar a la población y de esta manera difundir información sobre los riesgos existentes y sobretodo sobre las maneras posibles de mitigación, de prevención y preparación ante las diferentes amenazas.
- Recomendaría que se realicen estudios de este tipo en otras cuencas hidrográficas debido a la importancia y a la ayuda que brinda este tipo de estudios en la prevención de riesgos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

Anaguano, N., y otros. Los sistemas y paisajes agrícolas predominantes en Cayambe y sus posibles influencias en la calidad de vida y el impacto ambiental. Ecuador: CEPEIGE: XIX Curso Internacional de Geografía Aplicada, 1991.

Ávila Esquivel, Vianney. Volcanes del Mundo. 2005. 06 de 11 de 2011
<http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_volcanes/index.htm>.

Ayala Carcedo, Francisco Javier. Riesgos Naturales. Barcelona: Editorial Ariel S.A., 2002.

Cardona, Omar Darío. Estimación Holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2001.

—. Estudios de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico. Planificación física y urbana en áreas propensas. Bogotá: Asociación Colombiana de ingeniería sísmica, boletín técnico AIS No.33, 1986.

—. Hazard, vulnerability and risk assessment. Unedited working paper. Skopje, Yugoslavia: Institute of earthquake engineering and engineering seismology IZIIZ, 1985.

Compañía de guías de montaña. Compañía de guías. 22 de 12 de 2003. 04 de 03 de 2012
<http://www.companiadeguias.com.ec/catalog/product_info.php?products_id=13&language=es>.

Coronado, Jaime. Politica Sociedad. 02 de 09 de 2011. 04 de 02 de 2012
<<http://politicassociedad.blogspot.com/2011/09/ecuador-el-agua-enciende-la-mecha.html>>.

Cruz de Howitt, Mario A. Riesgos por tsunami en la costa Ecuatoriana. 05 de 11 de 2011
<<http://www.ipgh.gob.ec/Recursos/Publicacion/Riesgos%20Tsunami%20Costa%20ecuatorialiana.pdf>>.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Claves para la Taxonomía de Suelos. Mexico: Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, 2006.

Diario Hoy. Diario Hoy. 03 de 04 de 2011. 04 de 02 de 2012 <<http://www.hoy.com.ec/wp-content/uploads/2011/04/josefina.jpg>>.

Ecuador Ciencia. Ecuador Ciencia. 17 de 12 de 2011. 13 de 01 de 2012 <<http://www.ecuadorciencia.org>>.

Escuela de Ingeniería de Antioquia. Escuela de Ingeniería de Antioquia. 09 de 12 de 2009. 04 de 02 de 2012 <http://fluidos.eia.edu.co/presas/tipos_presa/marcos/presa%20de%20terraplen/m_Teton_rraplen.htm>.

Esmeraldas News. «Esmeraldas News.» 08 de 02 de 2011. Esmeraldas News. 04 de 02 de 2012 <<http://esmeraldasnoticias.blogspot.com/2011/02/fuertes-lluvias-en-ecuador-dejan-al.html>>.

Estacio, Jairo. Programa regional andino para la reducción y mitigación de riesgos. Plan estratégico para la reducción del riesgo en el territorio ecuatoriano. Quito - Ecuador: SENPLADES, 2005.

Evans, John M., Howard Perlman y USGS. «USGS.» 17 de 01 de 2012. USGS. 04 de 02 de 2012 <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanishhi.html>>.

Expert Group Meeting. Natural disasters and vulnerability analysis. Genova; Suiza: Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator, 1979.

Google Earth. Google Earth. 08 de 04 de 2002. 13 de 01 de 2012 <http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm_campaign=es&utm_medium=ha&utm_source=es-ha-sk-eargen&utm_term=google%20earth>.

GTZ, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Manual Análisis de riesgo. Una base para la gestión del riesgo de desastres naturales. Eschborn: GTZ, 2001.

Hofstede, Robert y Patricio Mena. Los beneficios escondidos del páramo: servicios ecológicos e impacto humano. Universidad de Ámsterdam: Ecociencia, Instituto de Montaña, 2003.

INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2010. 04 de 01 de 2012

<http://www.inec.gov.ec/cpv/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=49&lang=es>.

Instituto Geofísico y Escuela Politécnica Nacional. Servicio nacional de sismología y vulcanología. 2010. 05 de 11 de 2011 <<http://www.igepn.edu.ec/>>.

Instituto oceanográfico de la armada del Ecuador. INOCAR. 05 de 11 de 2011

<<http://www.inocar.mil.ec/links.php?C=6&S=4&SbS=0&idC=4>>.

Kervern, Georges Yves. L'archipel du danger, introduction aux cindynique. Francia: Economica, 1991.

La Hora. La Hora. 24 de 01 de 2012. 04 de 02 de 2012

<<http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101272488/-1/COE%20declara%20la%20alerta%20amarilla%20.html>>.

Lavell, Allan y Manuel Arguello Rodríguez. Gestión de riesgo: un enfoque prospectivo. Tegucigalpa: PNUD, 2003.

Makimedia. Hotel Riviera Sucre. 2011. 14 de 01 de 2012

<http://www.rivierasucre.com/esp_caminata.html>.

Marín, Jaime. Extra. 13 de 12 de 2011. 04 de 02 de 2012

<<http://www.extra.ec/ediciones/2011/12/13/provincias/alud-afecta-3-viviendas-en-azuay/>>.

Ministerio del Turismo del Ecuador. Ecuador ama la vida. 10 de 08 de 2011. 12 de 01 de 2012 <www.ecuador.travel>.

Naciones Unidas. Conferencia mundial sobre la reducción de los desastres. "Informe de la conferencia mundial sobre la reducción de los desastres". Kobe, Hyogo, Japón: Naciones Unidas, 2005.

Naciones Unidas, EIRD/ONU. Vivir con el riesgo. "Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres". Ginebra, Suiza: Naciones Unidas EIRD, 2004.

Naciones Unidas, UNISD. Terminología sobre reducción del riesgo de desastres.

Estrategia Internacional para la reducción de desastres. Panamá: UNISDR, 2009.

Rivadeneira, Francisco, y otros. Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador. Quito - Ecuador: Corporación Editora Nacional, 2007.

Samaniego, Pablo, y otros. Los peligros volcánicos asociados con el Cayambe. Quito - Ecuador: Corporación Editora Nacional, 2004.

Tecnicatura Universitaria en Geoinformática. «Geomorfología aplicada.» Patrones de Drenaje. 14 de 01 de 2012

<http://geologia.unsl.edu.ar/materias/Geomorfologia_Aplicada/practicos/20xx/PATRONS_DE_DRENAJE.pdf>.

Valeria Ordóñez. «Cayambe.» 2012.

Villalva, Victor, Evelin Torres y Jaime López. Schlumberger Excellence in Educational Development.2005. 10 de 03 de 2012

<http://www.planetseed.com/files/uploadedfiles/Science/Student_Science_Journal/project_reports/ecuador_nov2005/Equipo_Cayambe/index.htm>.

ANEXOS