



*Notaria Tercera del Cantón Guaranda*  
*Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez*  
 Notario



...rio

Nº ESCRITURA 20210201003P01342

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR:

SILVANA GABRIELA SAYAY PARCO y  
 ANDREA ANTONELA LEDESMA VARGAS

INDETERMINADA

DI: 2 COPIAS L.L.

Factura: 001-001-000010065

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día veintitrés de agosto del dos mil veintiuno, ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen las señoritas SILVANA GABRIELA SAYAY PARCO soltera, domiciliada en el Cantón San Miguel y de paso por esta ciudad de Guaranda, celular 0994779175, correo electrónico es [silvanasayay83@gamil.com](mailto:silvanasayay83@gamil.com); y ANDREA ANTONELA LEDESMA VARGAS soltera, domiciliada en esta ciudad de Guaranda, celular 0987974798, correo electrónico es [andrealedesma04@gmail.com](mailto:andrealedesma04@gmail.com), de ocupaciones estudiantes, por sus propios y personales derechos, obligarse a quienes de conocerles doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruidas por mi el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertidas de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración Bajo Juramento declaran lo siguientes "Previo a la obtención del título de Ingenieras en Administración Para Desastres y Gestión de Riegos, manifestamos que el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "RIESGOS VOLCÁNICOS ENFOCADOS A LA AFECTACIÓN AL SECTOR AGRÍCOLA DE LA PARROQUIA COTALÓ PERTENECIENTE A LA PROVINCIA TUNGURAHUA", es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autoras". Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad, la misma que la hago para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a las comparecientes por mi el Notario en unidad de acto, aquella se ratifica y firma conmigo de todo lo cual doy Fe.

SILVANA GABRIELA SAYAY PARCO

CC 0250407083

ANDREA ANTONELA LEDESMA VARGAS

CC. 1726819244

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA





**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**  
**ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y**  
**GESTIÓN DE RIESGO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN**  
**DEL TÍTULO DE INGENIERÍAS EN ADMINISTRACIÓN PARA**  
**DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO**

**TEMA**

**RIESGOS VOLCÁNICOS ENFOCADOS A LA AFECTACIÓN**  
**AL SECTOR AGRÍCOLA DE LA PARROQUIA COTALÓ**  
**PERTENECIENTE A LA PROVINCIA TUNGURAHUA.**

**AUTORES**

**ANDREA ANTONELA LEDESMA VARGAS**

**SILVANA GABRIELA SAYAY PARCO**

**TUTOR**

**ING. GLORIA IÑIGUEZ**

**GUARANDA – ECUADOR**

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>8</b>
<b>CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO EMITIDO POR EL TUTOR(A) .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	18
1.3    OBJETIVOS.....	18
1.3.1    Objetivo general .....	18
1.3.2    Objetivos Específicos.....	18
1.4    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5    LIMITACIONES .....	21
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
2.2    BASES TEÓRICAS .....	1
2.2.1    Concepto y partes de un volcán.....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
2.2.2    Formación de los volcanes .....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
2.2.3    Volcanes en el Ecuador .....	26
2.2.4    Edificios y tipos de volcanes.....	26

2.2.5	<i>Actividad Eruptiva</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.6	<i>Tipos de Erupciones Volcánicas</i> .....	26
2.2.7	<i>Peligro Volcánico</i> .....	31
2.2.8	<i>Peligro Volcánico en el Ecuador</i> .....	33
2.2.9	<i>Riesgo Volcánico</i> .....	34
2.2.10	<i>Riesgo Volcánico en el Ecuador</i> .....	37
2.3	EL VOLCÁN TUNGURAHUA Y SU PROCESO ERUPTIVO.....	38
2.3.1	<i>Historia geológica</i> .....	40
2.3.2	<i>Descripción histórica de la actividad eruptiva</i> .....	42
2.3.3	<i>Cronología de los Períodos de Actividad Eruptiva del Tungurahua</i> .....	43
2.4	CARACTERIZACIÓN DE LOS PELIGROS VOLCÁNICOS.....	55
2.4.1	<i>Gases Volcánicos</i> .....	55
2.4.2	<i>Caída de Piroclastos</i> .....	56
2.4.3	<i>Flujos Piroclásticos</i> .....	59
2.4.4	<i>Flujos y domos de lava</i> .....	63
2.4.5	<i>Lahares (flujos de lodo y escombros)</i> .....	66
2.4.6	<i>Avalancha de escombros</i> .....	70
2.4.7	<i>Sismos volcánicos</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5	ESTILOS DE ACTIVIDAD HISTÓRICA ERUPTIVA DEL TUNGURAHUA.....	72
2.6	PELIGROS POTENCIALES DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.....	73
	<i>Zona de mayor peligro</i> .....	73
	<i>Zona de peligro intermedio</i> .....	74
	<i>Zona de menor peligro</i> .....	74
2.7	METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE TIERRAS RURALES MAGAP – SIGAGRO.....	75
2.7.1	<i>Susceptibilidad a Peligro Volcánico</i> .....	75
2.8	CARACTERIZACIÓN FÍSICO - TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DE COTALÓ.....	81

2.8.1	<i>Ubicación Geográfica</i> .....	81
2.8.2	<i>Aspectos Históricos</i> .....	82
2.8.3	<i>División Aspectos Política Administrativa</i> .....	83
2.9	COMPONENTE BIOFÍSICO .....	84
2.9.1	<i>Geomorfología</i> .....	84
2.9.2	<i>Geología</i> .....	87
2.9.3	<i>Hidrografía</i> .....	90
2.9.4	<i>Factores Climáticos</i> .....	92
2.9.5	<i>Suelos</i> .....	93
2.9.6	<i>Capacidad de Uso del Suelo</i> .....	95
2.9.7	<i>Uso de Suelo y Cobertura Vegetal</i> .....	96
2.10	COMPONENTE SOCIOCULTURAL .....	98
2.10.1	<i>Análisis demográfico</i> .....	98
2.10.2	<i>Grupos Étnicos</i> .....	100
2.10.3	<i>Educación</i> .....	101
2.10.4	<i>Salud</i> .....	103
2.11	COMPONENTE ECONÓMICO PRODUCTIVO.....	104
2.11.1	<i>Población Económicamente activa (PEA)</i> .....	105
2.11.2	<i>Uso de Tierras y Sistemas de Producción</i> .....	106
2.12	COMPONENTE DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS.....	106
2.12.1	<i>Cobertura de Agua Potable</i> .....	107
2.12.2	<i>Cobertura de Alcantarillado</i> .....	107
2.12.3	<i>Cobertura de Energía Eléctrica</i> .....	108
2.12.4	<i>Cobertura de Desechos Sólidos</i> .....	108
2.12.5	<i>Acceso a la Vivienda</i> .....	108
2.12.6	<i>Tenencia de la Propiedad o Vivienda</i> .....	109

2.12.7	<i>Acceso al servicio de Telecomunicaciones</i> .....	110
2.12.8	<i>Vialidad y Transporte</i> .....	110
2.12.9	<i>Red de Riego</i> .....	111
2.12.10	<i>Seguridad</i> .....	112
2.13	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS (GLOSARIO).....	112
2.14	SISTEMAS DE VARIABLES .....	120
2.14.1	<i>Variable Independiente</i> .....	120
2.14.2	<i>Variable Dependiente</i> .....	121
<b>CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....</b>		<b>122</b>
3.1	NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	122
3.2	DISEÑO .....	123
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	125
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	126
3.4.1	<i>Fuente secundaria</i> .....	126
3.4.2	<i>Fuente primaria</i> .....	128
3.5	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS (ESTADÍSTICOS UTILIZADOS), PARA CADA UNO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	129
	<i>Procesamiento</i> .....	129
	<i>Análisis, técnicas e instrumentos</i> .....	129
3.6	ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA .....	131
	<i>Presentación de Resultados</i> .....	134
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....</b>		<b>135</b>

4.1	RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 1 .....	135
4.1.1	<i>Gases volcánicos</i> .....	136
4.1.2	<i>Caída de ceniza</i> .....	138
4.1.3	<i>Flujos Piroclásticos</i> .....	140
4.1.4	<i>Flujos y domos de lava</i> .....	142
4.1.5	<i>Lahares (flujos de lodo)</i> .....	144
4.1.6	<i>Avalancha de escombros</i> .....	146
4.2	RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 2.....	148
4.3	RESULTADOS SEGÚN OBJETIVO 3.....	153
	<i>Actividades agrícolas de la zona</i> .....	153
	<i>Afectación del sector agrícola por peligros volcánicos</i> .....	162
	<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>179</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	179
5.2	RECOMENDACIONES .....	180
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>181</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>188</b>

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud especialmente a mi madre que ha estado apoyándome en todas mis decisiones, permitiéndome llegar a cumplir hoy,

una de mis grandes metas, gracias a que siempre me ha inculcado el trabajo duro.

De igual manera a todas las autoridades y personal que trabajan en la Universidad Estatal de Bolívar fundamentalmente a la Escuela de Administración para Desastres y Gestión de Riesgo, por ser los principales promotores de sueños, consejos, valores principios y especialmente por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la formación profesional.

Andrea Antonela Ledesma Vargas

Agradezco a Dios por permitirme llegar a cumplir uno de mis grandes sueños que es, ser profesional.

Agradezco también a mis padres por siempre haber estado en este camino largo de mi vida apoyándome económicamente y moralmente, por ser personas a las cuales amo y admiro mucho.

Agradezco enteramente a la Universidad Estatal de Bolívar, a la Escuela Administración de Desastres y Gestión del Riesgo la cual me supo brindar buenos conocimientos los cuales debo poner en práctica en mi vida profesional.

Silvana Gabriela Sayay Parco



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a mi madre por darme la vida, por ser quien me guio en las buenas y malas, aunque tuviéramos diferencias de opiniones y sobre todo por nunca cortarme las alas. A todos los profesores que participaron en mi formación académica.

Gracias porque todos me enseñaron que el trabajo duro sin importar el tiempo que tome, todo se obtiene si de verdad se quiere.

Andrea Antonela Ledesma Vargas

Este proyecto le dedico a Dios por haber hecho posible uno de mis grandes sueños sabiéndome guiar en lo largo de mi vida universitaria.

A mis padres por su sacrificio y esfuerzo por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad y darme siempre sus palabras de aliento las cuales no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre ser perseverante y cumpla con mis ideales.

A mi amada hija por ser mi fuente de inspiración para poder salir adelante, a mis hermanas por ser mi mayor inspiración y deseo de superación de vida.

Silvana Gabriela Sayay Parco

**CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO EMITIDO  
POR EL TUTOR(A)**

## **TÍTULO O TEMA**

RIESGOS VOLCÁNICOS ENFOCADOS A LA AFECTACIÓN AL SECTOR  
AGRÍCOLA DE LA PARROQUIA COTALÓ PERTENECIENTE A LA PROVINCIA  
TUNGURAHUA.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de investigación se fundamenta en realizar una descripción y análisis de los “Riesgos volcánicos enfocados a la afectación del sector agrícola en la parroquia Cotaló, perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua”, cuyo objeto principal radica en determinar los peligros volcánicos asociados al proceso eruptivo del volcán Tungurahua y el impacto ocasionado en el sector agrícola.

Por lo antes descrito con la finalidad de dar a conocer la influencia de la actividad volcánica y el impacto producido en la agricultura propia de la zona, la investigación se fundamenta en la recolección, análisis y sistematización ordenada de documentos, registros históricos, estudios, informes y noticias sobre el comportamiento del Tungurahua a través del tiempo, lo que nos permitió conocer y comprender sus características propias eruptivas, descritas en su ambiente natural y determinar los principales peligros volcánicos producto de su proceso histórico eruptivo; además del impacto producido sobre la agricultura en la parroquia Cotaló.

El presente documento consta de cinco capítulos:

**El Capítulo I.-** se describe y explica la problemática existente sobre el riesgo volcánico latente en el territorio ecuatoriano, las características propias naturales de los fenómenos volcánicos y el impacto producido en su entorno; profundizando y detallando la actividad histórica del volcán Tungurahua y el impacto producido en el sector agrícola de la parroquia Cotaló.

El planteamiento de los objetivos mediante la determinación, descripción, identificación y análisis de los peligros volcánicos y los daños producidos en la agricultura de la zona de estudio.

La justificación donde se establece la argumentación, relevancia y la importancia del tema investigado y sus limitaciones.

**El Capítulo II.-** el desarrollo del marco teórico que comprende los antecedentes donde se detalla los eventos históricos del proceso eruptivo del volcán Tungurahua y el impacto ocasionado por los productos volcánicos.

Las bases teóricas donde se establecen el conjunto de conceptos, teorías y metodologías sobre los riesgos volcánicos; información que nos permite sustentar y comprender la problemática planteada

El glosario mediante la presentación de un listado de palabras con sus respectivas definiciones; cuyo objeto radica en facilitar la lectura y comprensión.

El sistema de variables que nos permite evaluar, establecer parámetros de medición y la relación sobre las características y parámetros investigados.

**El Capítulo III.-** el marco metodológico establece el nivel de investigación el mismo que nos permite conocer, entender, descomponer y hacer un análisis ordenado y sistemático sobre los peligros volcánicos y la relación con los daños ocasionados en los cultivos.

El diseño utilizado que se fundamenta en registros, estudios y documentos sobre actividad histórica eruptiva del volcán Tungurahua.

La población basada en el censo realizado por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo (INEC), del año 2010 y la muestra obtenida mediante la fórmula de muestreo aleatorio simple.

Las técnicas y recolección de datos mediante fuentes secundarias, especialmente de estudios e informes emitidos por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y las fuentes primarias con la observación directa, visitas de campo y aplicación de encuestas.

Técnicas y procesamiento de datos mediante la utilización de software informático como Word, Excel y el sistema de información geográfica ARCGIS 10.5.

**El Capítulo IV.-** la presentación de los resultados obtenidos en base a los objetivos, donde se realiza el análisis de los peligros volcánicos producto de la actividad histórica del Tungurahua, la identificación de áreas susceptibles y el impacto ocasionado en sector agrícola de Cotaló.

**El Capítulo V.-** se establece las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos.

El documento de investigación también presenta mapas temáticos lo que nos permite visualizar y representar el territorio de forma espacial con datos cartográficos investigados y realizados con el sistema de información geográfica ARCGIS 10.5.

## INTRODUCCIÓN

Las erupciones volcánicas en nuestro país son un fenómeno natural con alto poder destructivo, cuyo reconocimiento e importancia del riesgo volcánico se ha establecido con base al fuerte impacto que han ocasionado sobre el territorio, la ausencia de políticas de prevención, la falta de un adecuado ordenamiento territorial y los diferentes los niveles de vulnerabilidad de las poblaciones.

En el Ecuador se contabiliza 84 volcanes que abarcan el arco volcánico continental y forman parte de la zona norteña, estableciéndose como el tercer país con mayor cantidad de volcanes en el mundo, de los cuales 27 son potencialmente activos, los mismos que han tenido intensa actividad en el pasado mediante la expulsión de fenómenos volcánicos como flujos de lava, piroclásticos, lahares, avalanchas, caída de ceniza, basálticos y emisión de gases, producto de frecuentes erupciones en su mayoría explosivas, los mismos que causaron muertes, problemas de salud, daños y pérdida en la infraestructura, grave afectación al sector ganadero y agrícola, interrumpiendo el desarrollo de las poblaciones aledañas a los colosos que por lo general se dedican a la agricultura como principal medio de vida; esto debido a la riqueza de los suelos. (Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos, 2009)

Cotaló se establece como una población con un alto nivel de exposición a peligros volcánicos debido a “la presencia del volcán Tungurahua y su frecuente actividad con períodos eruptivos que han conllevado meses y años, constituyéndose como una zona de alto riesgo, muy susceptible y vulnerable al impacto de estos fenómenos naturales,

principalmente en las comunidades de Cusúa y Chacauco”. (Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos, 2009)

El Tungurahua es un estrato volcán andesítico compuesto

Con una altura de 5020 msnm, el mismo que ha presentado cuatro erupciones históricas en los años: 1640 con la emisión de flujos piroclásticos, lava y ceniza; 1773 donde se produjo la emanación de lava, nubes ardientes, piroclásticos, lahares y flujos de lodo; en 1886 expulsó gases, abundante ceniza, flujos piroclásticos, lavas y bombas basálticas; 1916 – 1918 expulsión de gases, ceniza, lapilli, bombas incandescentes, lahares, flujos de lodo, piroclásticos y flujos de lava; mientras que en su último período eruptivo con 17 años de actividad establecido entre 1999 – 2016 se caracterizó por presentar explosiones estrombolianas, vulcanianas, emisiones subcontinuas de gas y ceniza, flujos piroclásticos, fumarolas y actividad hidrotermal; dichos fenómenos provocaron daños catastróficos incuantificables en las poblaciones aledañas y cercanas al volcán; entre ellas la parroquia Cotaló que es nuestra zona de estudio, la misma que constantemente ha sido gravemente afectada por estos peligros volcánicos. (Le Penneec, y otros, 2005)

Es así que en el presente trabajo de investigación en base a los datos y registros históricos sistematizados sobre las erupciones del volcán Tungurahua se establece los diferentes tipos de fenómenos volcánicos asociados a la actividad histórica – reciente del Tungurahua describiendo sus características propias, peligros y el impacto producido.

Es importante mencionar que la fertilidad de los suelos ha sido uno de los principales factores para el desarrollo agrícola de la parroquia



Cotaló, caracterizada por la siembra de maíz, fréjol, haba, cebolla blanca, tomate riñón, quinua, granadilla, col, calabazo, ocas, mellocos, cultivos de papas y frutas como el capulí, claudia, tomate de árbol y moras; en muchos de los casos actividades heredadas, estableciendo a la agricultura como una de las principales fuentes de sustento económico, a través de la generación de ingresos y fuentes de trabajo desde épocas muy antiguas. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

También debemos conocer y comprender la dinámica territorial de la parroquia Cotaló, lo que nos permite contextualizar las características ambientales del espacio geográfico donde se asienta la población, relacionado con la interacción y aprovechamiento de los recursos naturales, organización, infraestructura, servicios, institucionalidad, actividades desempeñadas como medios de vida y sustento de la economía en torno al desarrollo de la localidad; además de que nos permite conocer sus vulnerabilidades, fortalezas, capacidades y su nivel de resiliencia ante el fenómeno volcánico.

La representación de las unidades ambientales detalladas en el presente trabajo de investigación; así como los peligros volcánicos, a través de mapas temáticos que facilitan su entendimiento y visualización espacial del territorio.

La identificación de áreas susceptibles a peligros volcánicos del Tungurahua mediante la elaboración de un mapa que nos permite establecer los niveles de peligrosidad medio y alto de la zona de estudio como resultado del análisis de la información documental y cartográfica emitida por el **IGEPN – STGR** y la metodología de valoración de tierras rurales realizados por el **MAGAP 2018**.

## CAPÍTULO I

### 1.1 Planteamiento del Problema

Según los registros de la actividad del volcán Tungurahua, en erupciones históricas, algunos de los productos emitidos por el mismo son los flujos de lodo y ceniza; los cuales mediante un proceso de descomposición que conlleva muchos años; es decir a largo plazo, benefician los suelos haciéndolos más firmes y fértiles; razón por la cual dentro de las actividades desarrolladas por los habitantes de las zonas aledañas sobresale la agricultura. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

Pese a las consecuencias catastróficas inmediatas y a mediano plazo los pobladores asumen el nivel de riesgo al ocupar estas zonas, ejecutando actividades agrícolas como principal fuente de trabajo y sustento.

Es así que la parroquia Cotaló al encontrarse cercana a las faldas del volcán Tungurahua presenta altos niveles de vulnerabilidad ante los daños por la emisión de magnos volúmenes de gases, ceniza, cascajo, rocas incandescentes, flujos de lava y demás material piroclástico, los mismos que sobrepasan barreras topográficas quemando y sepultando cultivos y a su vez contaminado e inutilizando por varios meses el suelo.

También es importante mencionar la inadecuada planificación territorial con la escasa gestión prospectiva, correctiva y reactiva del riesgo al igual que la falta de recursos en los gobiernos locales para atender posibles emergencias.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cuál es el grado de afectación de la actividad eruptiva del volcán Tungurahua en la agricultura de la parroquia Cotaló ubicada en la provincia Tungurahua durante el proceso eruptivo histórico – reciente?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Determinar el grado de afectación de los riesgos volcánicos enfocados al sector agrícola de la parroquia Cotaló.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar datos existentes de peligros volcánicos como indicadores cualitativos.
- Determinar las áreas de susceptibilidad ante peligros volcánicos.
- Identificar la afectación ocasionada en el sector agrícola durante el proceso eruptivo del volcán Tungurahua.

#### **1.4 Justificación de la Investigación**

La realización del presente estudio se fundamenta en la parroquia Cotaló, perteneciente al cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, cuya ubicación geográfica, la consolidación de las comunidades y el desarrollo de actividades agrícolas en las faldas Tungurahua, ha provocado que sus pobladores enfrenten de manera creciente los impactos producidos por peligros volcánicos producto de la intensa actividad histórica – reciente de la mama Tungurahua, la misma que es catalogada como un “fenómeno natural que ha sobrepasado la capacidad de respuesta de la localidad, con eventos catastróficos de gran magnitud, entre ellos la pérdida parcial o total de los diferentes tipos cultivos desarrollados en la zona y el deterioro de la capacidad productiva del suelo, interrumpiendo el funcionamiento y desarrollo de la población”. (DEMORAES & D’ERCOLE, 2001)

Es necesario reconstruir la historia eruptiva del volcán Tungurahua, lo que nos permite conocer los períodos de actividad, la secuencia de los eventos producidos, el comportamiento, el tipo de erupción, la magnitud, y los productos volcánicos expulsados; uno de los principales peligros de mayor recurrencia es la caída de ceniza que han cubierto pastos, quemado sembríos de maíz, sementeras de trigo, cebada y cultivos de ciclo corto, registrados en eventos como la del “año de 1986 donde la agricultura fue afectada por mucho tiempo debido a la acumulación de ceniza, tierra y cascajo depositada en Cotaló con casi un metro de espesor; en el mes de agosto del año 2006 con la caída de cascajo de dos centímetros de diámetro afectando las comunidades de Chacauco, Pillate y la zona de Cotaló, con efectos devastadores en los cultivos”. (Instituto Geofísico - Escuela Politecnica Nacional)

Otro fenómeno son los flujos piroclásticos evidenciado en el año de 1918 con el descenso de una nube ardiente por algunas de las quebradas,

entre ellas la de Cusúa, quemando toda la vegetación de los bordes y arrasando con sementaras y demás cultivos que encontraron a su paso, cuya pérdida agrícola fue incalculable; además de que los terrenos quedaron incultivables por la cantidad de materiales volcánicos depositados. (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

La formación de lahares que bajaron por la quebrada de Cusúa generado por la presencia de bancos de “nieve acarrearón piedras y materiales volcánicos que arrasó con la vegetación y sembríos en las comunidades próximas al volcán como es el caso de Cusúa y Chacaucó; en el año 2000 se presentaron frecuentes flujos de lodo generado por las lluvias”. (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2014)

Los gases volcánicos emanados por el volcán en su mayoría son de vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los mismos que al adherirse a la ceniza y mezclarse en el aire ha producido lluvias ácidas que han causado daño en la agricultura quemando el follaje de las plantas y contaminados suelos.

Por lo antes mencionado fue importante realizar la zonificación del riesgo mediante la elaboración mapas que nos permita representar, conocer y visualizar la extensión del territorio afectado por los productos volcánicos generados durante la actividad eruptiva; además de construir posibles escenarios de riesgos y establecer niveles de peligrosidad, relacionando la intensidad, magnitud y frecuencia del fenómeno natural fundamentado en estudios, registros históricos e información cartográfica - geoespacial y el análisis de las condiciones de vulnerabilidad de los elementos expuestos, en nuestro caso la agricultura; obteniendo como resultado mapas de peligros volcánicos y la representación de las áreas de susceptibilidad. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2008)

Es así que el presente proyecto de investigación: **“Riesgos volcánicos enfocados a la afectación del sector agrícola en la parroquia Cotaló”** tiene como base primordial dar a conocer el peligro potencial de los fenómenos volcánicos asociados a la frecuente actividad del Tungurahua y el gran impacto catastrófico ocasionado en la agricultura de la zona; cuyo análisis del contenido nos permita determinar y tomar acciones correspondientes a la gestión prospectiva, correctiva y reactiva del riesgo a fin de proteger a la población y medios de vida expuestos, estableciendo condiciones de vida más seguros mediante una adecuada planificación del territorio que minimice el daño en las actividades agrícolas de la zona; además de la concientización y reconocimiento por parte de los pobladores del eminente peligro al que están expuestos.

### **1.5 Limitaciones**

La elaboración de la presente investigación presenta las siguientes limitaciones:

- Parvedad de registros de antecedentes sobre la investigación en alusión al efecto o impacto en la agricultura.
- Falta de acceso a información cartográfica, solamente se dispone del geoservidor de acceso libre del Sistema Nacional Información (SIN) a una escala semidetalle.
- El confinamiento por la emergencia sanitaria que atraviesa el país retrasa el levantamiento de información. Cabe recalcar que a pesar de las dificultades encontradas se logró adquirir dicha información para la ejecución del presente proyecto de investigación.
- Deslizamientos de tierra que afectaron a las vías dificultado el acceso a la parroquia.

- Desinterés por parte de los encuestados para brindar información.

## CAPÍTULO II

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

El volcán Tungurahua considerado uno de los centros volcánicos más activos de nuestro país es uno de los más monitoreados, estudiados y documentados debido a sus procesos de actividad eruptiva a través de la historia, con una zona de influencia principal en el territorio de los cantones Pelileo, Baños, Patate, Mocha, Quero, Cevallos, Tisaleo y los cantones Guano y Penipe de la provincia Chimborazo, afectadas por la caída de ceniza, que dependiendo de la magnitud de la erupción tiene un alcance importante hasta las provincias de Bolívar, Guayas, Manabí y parte de la Amazonía.

La afectación directa de los peligros volcánicos del Tungurahua se refleja en las pérdidas de los cultivos, pastos, ganado, aves, viviendas, daños en los servicios básicos, infraestructura industrial y vial.

Generalmente el proceso eruptivo histórico – reciente se ha caracterizado por la variación de su tipo de actividad entre estromboliana – vulcaniana y se resume en cinco episodios comprendidos en los años de 1640 - 1641, 1773 - 1782, 1886, 1916 - 1918 y el último período entre 1999 – 2016.

Los fenómenos volcánicos que ocurrieron en los períodos de actividad reciente son los siguientes:

**Tabla 1**

*Eventos Eruptivos Recientes*

AÑO	DESCRIPCIÓN
1999	Erupción tipo estromboliana con emisiones de ceniza, materiales incandescentes, explosiones magmáticas y generación de lahares.
2000	Flujos de lodo asociado a la presencia de fuertes lluvias.
2001	Explosiones, importantes emisiones de ceniza y flujos de lava.



AÑO	DESCRIPCIÓN
2002	Actividad estromboliana con emanaciones continuas de ceniza.
2003	Bramidos, explosiones con grandes volúmenes de ceniza, bloques incandescentes y flujos de lava.
2004	Actividad estromboliana, emisión de continua de gases, ceniza y fuentes de lava.
2005	Actividad tremórica con emisiones casi permanentes de gases, vapor y poca ceniza.
2006	Actividad estromboliana caracterizada por presentar bramidos, cañonazos, explosiones, bloques incandescentes, proyecciones basálticas, ceniza, cascajo (2 cm de diámetro), flujos piroclásticos y fuentes de lava.
2007	Explosiones, cañonazos, emisión de material incandescente, gases, ceniza y fuente sostenida de lava.
2008	Emisiones frecuentes de gases, bloques, ceniza, flujos piroclásticos y lahares.
2009	Emanaciones de vapor y ceniza.
2010	Explosiones tipo vulcanianas con expulsiones de gases, ceniza, piroclastos, flujos de lava, flujos piroclásticos y flujos de lodo.
2011	Expulsiones variables de ceniza, flujos piroclásticos y generación de lahares.
2012	Actividad estromboliana con carga variable de ceniza y generación de flujos piroclásticos.
2013	Actividad estromboliana tipo fuente de lava, explosiones de rocas incandescentes, gases, ceniza, cascajo (diámetro de 5cm); además se generaron flujos piroclásticos.
2014	Fuerte explosión cargada de ceniza y flujos piroclásticos.
2015	Explosiones acompañadas de bramidos, emisión de gases y bajo contenido de ceniza.
2016	Intensa caída de ceniza, lapilli, piroclásticos (entre 2 y 64 mm de diámetro), proyectiles basálticos, avalanchas calientes y flujos piroclásticos.

**Fuente:** Datos obtenidos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

Según Valencia, Jenny (2010) el mapa de afectación por la erupción del 16 de agosto del 2006 realizado por SIGAGRO nos indica los daños alcanzados en niveles de desastre, alto y medio, que afectaron aproximadamente 1142926,1 ha, descritas en el siguiente cuadro:

**Tabla 2***Afectación por uso de suelo*

<b>Uso de la tierra</b>	<b>Desastres (ha)</b>	<b>Alto (ha)</b>	<b>Medio (ha)</b>	<b>Afectación Total (ha)</b>
Cultivos	3568,7	11611,88	426817,61	441998,19
Pastos	5704,42	5142,06	432229,33	443075,81
Páramos	455,08	2186,09	108657,5	111298,67
Bosque	60,59	263,92	80737,14	81061,65
Vegetación Arbustiva	79,95	13,23	58506,31	58599,49
Matorral	3691,74	124,78	0	3816,52
Otros usos	2701,18	374,54	0	3075,72
<b>Total</b>	<b>16261,66</b>	<b>19716,5</b>	<b>1106947,9</b>	<b>1142926,05</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del SIGAGRO (2006).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

Se menciona que las parroquias y comunidades asentadas en las cercanías del volcán y zonas consideradas de alto riesgo han mantenido las actividades agrícolas como principal medio de subsistencia, patrimonio y empleo a través del tiempo, las mismas se han caracterizado por su legado establecido a través de generaciones desde los primeros asentamientos humanos, desarrollando cultivos de maíz, sementeras de trigo, cebada, papas, mellocos, quinua, haba, frejol, granadilla, col, calabaza, cebolla blanca y frutas como tomate de árbol, capulí, moras, claudia y durazno; los mismos que han sufrido serias afectaciones en cada uno de los procesos eruptivos del volcán Tungurahua llegando incluso a niveles de pérdidas totales en suelos y sembríos.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Volcanes en el Ecuador

Ecuador posee aproximadamente más de 250 volcanes, la mayoría extintos como el Panecillo, el Corazón, Pasochoa, los mismos son el producto de las subducciones de diferentes placas oceánicas ya desaparecidas; los casi veinte volcanes activos del Ecuador son el resultado del producto de la subducción de la placa oceánica de Nazca debajo de las placas continentales del caribe y América del Sur. “Las cuatro cadenas de volcanes en nuestro país denominados: Cordillera Volcánica occidental, ejemplo el Chimborazo, Guagua Pichincha, Atacazo y Quilatoa; Cordillera Volcánica del Callejón Interandino, ejemplo Imbabura, Cusín, Ilaló y Mojanda; Cordillera Volcánica Oriental o Real, ejemplo el Tungurahua, Cotopaxi, Sangay, Antisana y Cayambe; cordillera Volcánica Subandina, como ejemplo el Reventador y Sumaco”. (Toulkeridis, 2013)

A continuación, mostramos una breve descripción del volcán Tungurahua.

**Tabla 3**

*Volcán Tungurahua.*

Volcán	Altura m.s.n.m.	Clasificación	Provincia
Tungurahua	5.023	En erupción	Tungurahua

**Fuente:** Adoptado de Ministerio del Ambiente (2016).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

### 2.2.2 Tipos de Erupciones Volcánicas

Los tipos de erupciones volcánicas dependen de la actividad por la cual un volcán expulsa materiales volcánicos hacia la atmósfera como lava, gases, productos piroclásticos y volátiles; los mismos dependen fundamentalmente del tipo de explosividad ya sea violenta o no, delimitada por factores como la temperatura, composición, profundidad, la

viscosidad y la presión de los elementos disueltos en el magma; cuyos productos son depositados sobre la corteza de la tierra.

En base a su actividad se clasifican en:

**Erupciones explosivas.** Se caracterizan por la liberación violenta de gases y ceniza cuyas columnas eruptivas pueden llegar a superar los 30 km de altura sobre el nivel del cráter, generan grandes cantidades de ceniza y basálticos; estas se producen cuando la viscosidad y el contenido de la sílice es muy elevado además de que el magma retiene una gran cantidad de gases provocando un aumento de la presión interna que da lugar a las explosiones.

Cuando la chimenea del volcán está bloqueada por un tapón de lava hace que las erupciones sean aún más violentas, expulsando a la atmósfera rocas, polvo, gases y material piroclástico hasta de 20 km de altura, cargado de grandes volúmenes de material que viajan varios cientos de metros por segundo y que son esparcidos por el viento; este tipo de actividad también genera lluvias de ceniza, flujos piroclásticos, lahares y flujos de escombros.  
(Maldonado, 2018)

**Erupciones efusivas.** Se caracterizan por la emisión o expulsión del magma volcánico en estado muy fluido y con pocos gases, por lo que sale al exterior en forma de lava o roca fundida y se va esparciendo lentamente, no presentan tanta cantidad de gases como las erupciones explosivas por lo que son menos violentas y no emiten piroclastos; además los flujos de lava generados varían en forma, grosor, longitud y ancho, dependiendo del tipo de lava, su composición y su densidad; también estos eventos emiten coladas de gran fluidez que pueden alcanzar varios kilómetros de longitud.

En base a los mecanismos más destacados del proceso eruptivo se clasifican en:

**Erupciones magmáticas.** Se producen cuando el magma emerge a la superficie ya sea en forma de lava, flujos piroclásticos, piedra pómez y se divide en hawaiana, islándica, estromboliana, vulcaniana, pliniana y peleana.

***Erupción hawaiana.*** Adquieren el nombre en base a la actividad de los volcanes de Hawái, se caracteriza por ser una erupción efusiva de lavas muy fluidas tipo basalto con bajo contenido de gas y ceniza; además sus episodios son tranquilos poco explosivos y suelen comenzar por la formación de una grieta en el terreno del cual surge una cortina de magma incandescente o bien de varias fuentes de magma muy próximas entre sí.

Maldonado (2018), establece que la emisión de lava puede recorrer decenas de kilómetros desde su fuente antes de enfriarse; estas pueden ser emitidas por el cráter o por fisuras en los flancos del volcán y durar horas o incluso días, formando montículos de escoria alrededor de los centros de emisión; por otro lado las lavas líquidas forman lagos en el cráter en volcanes de baja altura y de gran diámetro en su base.

***Erupción estromboliana.*** Adquieren el nombre del volcán Stromboli y se caracterizan por ser explosivas pero pequeñas donde las lavas son fluidas y los gases se desprenden de forma abundante y violenta; los fragmentos de lava fundida son expulsados a cientos de metros del cráter. Además se menciona que los materiales emitidos son de composición básica como bombas, escoria y poca cantidad de ceniza, con una columna eruptiva que puede alcanzar entre 1 a 15 km de altura; la lava desciende por los barrancos y laderas, pero no llega a tantas distancias como en las erupciones Hawaianas. Otra característica son las explosiones rítmicas, las cuales están separadas por períodos menores de un segundo hasta varias horas y se asocian con pequeños lagos de lava, que pueden acumularse en los conductos del volcán y también formar conos de ceniza y escoria con alturas de 100 hasta 200 metros.

***Erupción vulcaniana.*** Su nombre proviene del volcán Vulcano en las islas Lípári; son erupciones breves, violentas y relativamente pequeñas, desprenden grandes cantidades de gases de un magma poco fluido que se consolida con rapidez; el magma viscoso es de composición intermedia (dacita, andesita o riolita).

Estas erupciones son explosiones poderosas, expulsan tefra, lapilli, grandes cantidades de ceniza caliente, gases y proyectiles basálticos que pueden viajar a más de 350 metros por segundo y elevarse algunos kilómetros en el aire, acompañado de una columna eruptiva de 3 a 20 kilómetros de altura en forma de nube semejante a un hongo o seta; además se establece que el comienzo de una actividad vulcaniana es la creación de un domo, formando flujos piroclásticos; al inicio se dan explosiones de poca duración (minutos a horas), expulsando bloques y bombas por la presión de los gases del magma viscoso que explota el tapón de lava; luego de esto la erupción es más tranquila y continua; también pueden ser repetitivas aumentando su explosividad y durar días, meses o años. (Maldonado, 2018)

***Erupción pliniana o vesubiana.*** Su nombre se debe al relato que hizo el joven Plinio sobre la erupción del Vesubio, que ocurrió en año 79 d.C. Se caracterizan por ser las más violentas y grandes de todos los tipos de erupciones; son extremadamente destructivas ya que pueden colapsar la cima del volcán y formar una caldera; liberan enormes cantidades de energía asociadas a magmas muy viscosos (dacita y riolita) causados por la fragmentación del magma gaseoso.

Estas erupciones logran crear columnas en forma de un hongo

Compuestas de gases volcánicos (azufre, cloro) y vapores de agua que alcanzan hasta 50 km de altura y pueden dispersarse o volar a cientos o miles de millas del volcán; además producen caídas de cenizas, proyectiles balísticos, escorias, flujos piroclásticos; luego de la erupción la cámara magmática queda parcialmente vacía, motivo por el cual el volcán posteriormente puede entrar a un periodo de inactividad. También se establece que sus efectos son devastadores ya que destruyen todo a su paso, afectando extensas superficies de terreno. (Maldonado, 2018)

**Erupción peleana.** Adquiere su nombre a partir de la erupción de 1902 de la Montaña Pelada. Este tipo de actividad eruptiva produce lava muy viscosa que se solidifica rápidamente formando un domo en el cráter cuya presión en el interior (ocasionada por la acumulación de los gases) provoca una erupción explosiva, violenta e intermitente con la presencia de rupturas o grietas laterales por donde arroja la lava; además “causan el colapso de domos, dando lugar a la formación de flujos piroclásticos o nubes ardientes con temperaturas de 500°C que alcanzan velocidades de 100 a 200 kilómetros por hora”. (Maldonado, 2018)

**Tabla 5**

*Índice de Explosividad Volcánica*

VEI	Volumen (km <sup>3</sup> )	Altura columna (km)	Descripción	Tipo	Fase Explosiva (horas)	Inyección	
						Troposfera	Estratosfera
0	Fumarolas	0,1	No explosiva	Hawaiana	< 1		
1	< 0,00001	0,1 - 1	Pequeña	Stromboliana		Mínima	
2	< 0,0001	1 - 5	Moderada		1 - 6		NO
3	< 0,001	3 - 15	Media	Vulcaniana		Media	
4	< 0,01		Grande		6 - 12	Grande	Posible

5	< 0,1		Muy Grande	Pliniana		Siempre
6	< 1	10 - 25	Severa			
7	< 10		Violenta			
8	< 100	> 25	Terrible	Ultrapliniana	> 12	Importante
9	> 100					

**Fuente:** Tomado de los Ángeles Llinares, Ortiz, & Marrero (2004).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

### 2.2.3 Peligro Volcánico

Se considera peligro volcánico al proceso o actividad eruptiva que “representa una amenaza potencial en la vida de los seres humanos y los bienes materiales, cuyos eventos ocurren en un determinado período de tiempo, afectando a una determinada superficie del territorio, especialmente en zonas cercanas y próximas a un volcán”. (González Cárdenas, 2006)

Entre otros de los elementos expuestos tenemos la vegetación, los componentes ambientales como los recursos hídricos y los medios de vida contextualizados en actividades como la agricultura, la ganadería, la avicultura, la floricultura y el turismo; los mismos que resultan gravemente afectados.

En lo que corresponde a los materiales volcánicos producto de un evento eruptivo, muchos vulcanólogos los clasifican en:

**Peligros volcánicos primarios o directos.** Están relacionados directamente con la actividad del volcán, correspondientes a caída de tefra (lapilli y ceniza), proyectiles basálticos (bombas), flujos de lava, flujos piroclásticos (oleadas piroclásticas), avalancha de escombros (colapso parcial del edificio volcánico), lahares (flujos de lodo), deslizamientos, gases volcánicos y sismos.



**Peligros secundarios o inducidos.** Se presentan como consecuencia o interacción de los peligros primarios con los elementos del entorno del volcán; aquí encontramos inundaciones, tsunamis, efectos atmosféricos como la disminución de la luz solar, lluvias ácidas, descenso de temperaturas, contaminación de manantiales y aguas subterráneas.

**Tabla 6**

*Factores de peligro y tipo de daño*

<b>Factores de peligro</b>	<b>Tipo de daño</b>
Proyección de bombas y escorias	Daños por impacto, incendio
Caída de piroclastos	Recubrimiento por cenizas, colapso de estructuras, daños a la agricultura y daños a instalaciones industriales
Dispersión de cenizas	Problemas en tráfico aéreo y falta de visibilidad
Lavas y domos	Daños a estructuras, incendios y recubrimiento por lavas
Coladas y Oleadas Piroclásticas (Nubes ardientes)	Daños a estructuras, incendios y recubrimiento por cenizas
Lahares	Daños a estructuras, arrastres de materiales, recubrimiento por barros
Colapso total o parcial del edificio volcánico	Daños a estructuras, recubrimiento por derrubios, avalanchas y tsunami inducido
Deslizamiento de laderas	Arrastres de materiales, recubrimiento por derrubios y daños a estructuras
Gases	Envenenamiento, contaminación aire y agua
Onda de choque	Rotura de cristales y paneles
Terremotos y temblores volcánicos	Colapso del edificio volcánico, deslizamiento de masas y daños a estructuras
Deformación del terreno	Fallas y daños a estructuras
Variaciones en el sistema geotérmico de acuíferos	Cambios en la temperatura y calidad del agua
Inyección de aerosoles en la estratosfera	Impacto en el clima, efectos a largo plazo y/o a distancia

**Fuente:** Tomado de los Ángeles Llinares, Ortiz, & Marrero (2004).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

#### **2.2.4 Peligro Volcánico en el Ecuador**

Según DEMORAES & D'ERCOLE (2001), clasifica la amenaza volcánica en una escala de 0 a 3 a nivel cantonal, los mismos que se describen a continuación:

**Grado 3.** Corresponden a los cantones con mayor peligro volcánico, los mismos se encuentran total o parcialmente en zonas directamente amenazadas por los volcanes considerados más peligrosos para los asentamientos humanos: Cotopaxi, Tungurahua y Guagua Pichincha. Las amenazas pueden ser lahares, flujos piroclásticos y/o caída de ceniza.

**Grado 2.** Pertenecen a los cantones con un peligro volcánico relativamente alto; estos se encuentran en los alrededores de los volcanes que tuvieron una actividad histórica y que representan todavía amenazas potenciales: Reventador, Sangay, Quilotoa, Antisana, Cayambe y el volcán La Cumbre en las islas Galápagos.

**Grado 1.** Encontramos los cantones con peligro volcánico relativamente bajo; se ubican en los alrededores de volcanes que no tuvieron erupciones históricas. Algunos de ellos, según el Instituto Geofísico del EPN, son potencialmente activos: Chimborazo, Sumaco, Pululahua, Imbabura y Cotacachi.

**Grado 0.** Se encuentran los cantones con bajo peligro volcánico, cuya ubicación esta fuera de la zona de concentración de los volcanes.

**Tabla 7***Zonas de peligro volcánico en el Ecuador*

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

**Fuente:** Tomado de DEMORAES & D'ERCOLE (2001).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

La zona de mayor peligro volcánico está conformada por los cantones de las provincias de la Sierra Centro, Sierra Norte y del Napo, detallados en la siguiente tabla:

**Tabla 8***Peligro volcánico en el Ecuador por provincia*

<b>Código</b>	<b>Cantón</b>	<b>Provincia</b>	<b>Región</b>	<b>Nivel de Peligro</b>
1802	Baños	Tungurahua	Sierra	3
1807	Pelileo	Tungurahua	Sierra	3

**Fuente:** DEMORAES & D'ERCOLE (2001).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**2.2.5 Riesgo Volcánico**

Según de los Ángeles Llinares, Ortiz, & Marrero (2004),

El riesgo volcánico podría definirse como la expectativa de que ciertos eventos produzcan un impacto negativo sobre los elementos antrópicos expuestos de un área; por tanto, si el hombre o sus infraestructuras no están presentes, no habría riesgo; este análisis se realiza a partir del estudio de eventos ocurridos en el pasado y extrapolados al periodo actual con la asignación de parámetros utilizados para cuantificar el

riesgo final; de acuerdo con los conocimientos actuales, el problema del análisis del riesgo se enmarca en un ámbito probabilístico que debe unirse al estudio determinista del fenómeno; de esta manera el riesgo tendrá siempre un valor numérico que podrá calcularse a partir de las fórmulas empleadas según la metodología utilizada y su cuantificación viene determinada por el cálculo previo de la peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, siendo el primero el resultado del producto de los tres finales:

$$\text{Riesgo} = \text{peligrosidad} * \text{vulnerabilidad} * \text{exposición}$$

Dónde:

**Peligrosidad.** Es la probabilidad de que un lugar, en un intervalo de tiempo determinado, sea afectado por un evento peligroso, el mismo engloba aquel conjunto de eventos que se producen en un volcán y pueden provocar daños a personas o bienes expuestos, estableciendo que la historia eruptiva de un volcán es un factor importante a la hora de determinar su peligrosidad volcánica, al permitirnos definir de forma aproximada su estado actual o más reciente y prever su comportamiento en el futuro.

Los mapas de peligro expresan el grado de probabilidad de que uno de los fenómenos volcánicos (coladas de lava, caída de piroclastos, lahares, etc.) afecte un lugar concreto en un determinado intervalo de tiempo.

**Exposición.** Representa el valor de los bienes sujetos a posibles pérdidas, siendo su valor cero cuando no hay ningún bien presente en el área afectada por un fenómeno natural.

**Vulnerabilidad.** Es el porcentaje esperado de daño (pérdida) que van a sufrir los bienes expuestos si ocurre el evento y se expresa en porcentajes del valor total del elemento en riesgo. Este valor, al ser un concepto estadístico, hay que calcularlo para todos los

elementos similares (igual tipo de construcción, de cultivo, etc.), por ello se prefiere definir una escala de daños de tres niveles: ligero, moderado y grave.

Otros de los factores es el periodo de retorno; consiste en el tiempo estimado para que ocurra una nueva erupción; estableciendo que una erupción es la culminación de un largo proceso que se inicia con la generación de magmas, su ascenso, su posible almacenamiento en cámaras magmáticas y su salida a la superficie; todo este mecanismo es claramente repetitivo, de tal forma que los tiempos entre erupciones se repiten de forma casi constante, pero con las lógicas fluctuaciones derivadas de su propia complejidad. Así, cuando en una región ha ocurrido un número elevado de erupciones y están bien datadas, es posible calcular el periodo de retorno mediante métodos estadísticos; en general, las erupciones muy violentas tienen periodos de retorno de varios miles de años, mientras que las erupciones menos explosivas son más frecuentes, con periodos de pocas decenas de años. (de los Ángeles Llinares, Ortiz, & Marrero, 2004)

Por lo anteriormente descrito se establece que el daño causado por una erupción volcánica depende en primer lugar del tipo y magnitud de la erupción, de la distancia entre el elemento de riesgo y la fuente origen de peligro, de la topografía, del viento y de otras variables meteorológicas, de la vulnerabilidad y finalmente de todas aquellas medidas que se hayan tomado por parte del hombre para mitigar en lo posible el riesgo (alarmas, sistemas de vigilancia, planes de evacuación, etc.).

Es así que consideramos a los riesgos volcánicos como el resultado de un fenómeno natural fuera del control humano y que no pueden ser evitados, establecidos por los peligros volcánicos con todos sus características, distribución, vulnerabilidad de las poblaciones e infraestructura, la producción y los medios ambientales dispuestos alrededor de un volcán; cuya información puede representarse en mapas convencionales donde se considera cada

uno de los aspectos, datos, características eruptivas y su variabilidad en el tiempo; este proceso se realiza y se representa mediante sistemas de información geográfica en base a información histórica de los peligros volcánicos, datos levantados en campo, datos topográficos a una escala adecuada y la distribución de la población, cuyo análisis nos permite establecer la zonificación del riesgo y su representación en mapas detallados donde se identifique las áreas vulnerables a peligros volcánicos ya sea a nivel de municipios o poblaciones individuales; cuya elaboración correcta ayuda a planificar el uso y manejo del suelo y así reducir el nivel de exposición de la infraestructura y la pérdida de vidas humanas, a través del establecimiento de normas adecuadas y su estricto cumplimiento.

### ***2.2.6 Riesgo Volcánico en el Ecuador***

El territorio Ecuatoriano presenta una de las más altas concentraciones de volcanes activos del todo el mundo, alrededor de áreas de alta densidad poblacional que se ha ido estableciendo y creciendo con el tiempo.

A continuación se describe algunos de los volcanes que han tenido una intensa actividad histórica reciente con fuertes impactos:

**Volcán Tungurahua:** el 16 de agosto del 2006 se produce una actividad estromboliana, expulsando bloques incandescentes que alcanzaron alturas de 500 a 1000 m, la generación de flujos piroclásticos que descendían por los flancos nor - occidental y occidental, lo que produjo la acumulación de material que enterró varias viviendas de un piso y se represó el río Chambo en el sector de Chacauco, la caída de cascajo con un diámetro de 2 cm que alcanzó 15 km de distancia, depositándose en los sectores de Manzano, Cotaló, Chacauco, Puela, Ulba, Pillate, Runtún, Loma Grande, Baños, el Pingue y Guadalupe; la intensa caída de ceniza provocó efectos devastadores en los sembríos, pastizales, ganado e infraestructura.

Los periodos de actividad volcánica en nuestro país han provocado efectos devastadores en las poblaciones aledañas a los colosos; estos ha contribuido a potenciar la necesidad de desarrollar políticas públicas, normas de prevención y alerta temprana con la socialización y participación de las poblaciones mediante distintos programas y estudios sobre los riesgos asociados a la actividad de los volcanes que constituyen nuestro territorio nacional, basados en la reconstrucción histórica eruptiva que permita conocer el comportamiento de un volcán; además de establecer modelos de prevención de erupciones futuras y construir probables escenarios de riesgo; además el fortalecimiento de acciones preventivas a nivel de los gobiernos locales y parroquiales en temas de planificación territorial, delimitación y zonificación del riesgo, instalación de sistemas de alerta temprana y campañas educativas comunitarias.

### **2.3 El volcán Tungurahua y su Proceso Eruptivo**

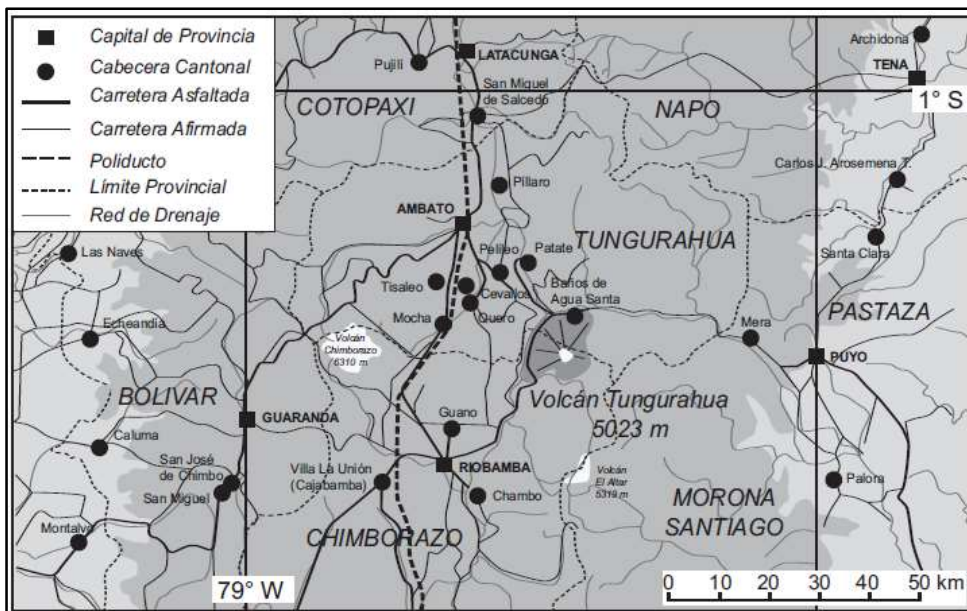
El Tungurahua es un estrato-volcán andesítico compuesto, ubicado en la Cordillera Real del Ecuador, en las coordenadas latitud 01° 28' Sur; longitud 78° 27' Oeste, a 120 km al sur de Quito, 33 km al sureste de Ambato y tan sólo a 8 km al Norte de la ciudad de Baños.

Es un edificio volcánico de 5020 m de altura con un diámetro basal de 16 km, un cráter de aproximadamente 300 m de diámetro y 100m de profundidad, caracterizado por su forma cónica, el gran relieve existente entre su cráter (3200 m), las acentuadas pendientes de los flancos (30 - 35°) y una densa vegetación subtropical que cubre todos los flancos del cono especialmente a los 2000 y 3800 m de elevación; además en la parte oriental de la cima persiste un glaciar residual (menor a 0,01 km<sup>3</sup> de hielo). (Le Pennec, y otros, 2005)

El cono volcánico del Tungurahua alcanza un diámetro de 14 kilómetros en su base y se encuentra drenado por varias quebradas que finalizan al sur y sureste en el río Puela, al occidente en el río Chambo y al norte y noreste en el río Pastaza. Adicional, los valles profundos de los ríos Vazcún y Ulba descienden directamente de la cumbre del volcán y cortan el flanco norte y nororiental del mismo, hasta desembocar en el río Pastaza.

**Figura 17**

*Ubicación y área de influencia del volcán Tungurahua*



**Fuente:** Tomado de Le Penec, y otros (2005).

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



### **2.3.1 Historia geológica**

El volcán Tungurahua constituye la edificación de tres volcanes sucesivos conocidos como Tungurahua I, II y III, de los cuales los dos primeros fueron parcialmente destruidos por grandes deslizamientos; es decir, un colapso sectorial cuyos “vestigios de este antiguo periodo de actividad que corresponden al Tungurahua I y II se observan en los flancos norte, oriental y sur del volcán”. (Hall, Robin , Beate, Mothes , & Monzier , 1999)

El viejo edificio volcánico Tungurahua I.- Levantado sobre el basamento metamórfico de la Cordillera Real, es representado por las grandes superficies inclinadas del flanco norte, llamadas Runtún y Pondoá; así como, por las lavas de los flancos sur y oriental del volcán.

Dataciones radiométricas estiman que este edificio se conforma por la acumulación de los productos volcánicos de erupciones sucesivas ocurridas entre 770 000 y 350 000 años geológicos antes del presente; este edificio sufrió un gran deslizamiento acompañado de una explosión que destruyó parcialmente el edificio. La avalancha de escombros relleno el valle del Chambo formando terrazas donde están hoy en día asentados los pueblos de Penipe, San José de Chazo, La Providencia, Guanando, Pillate y Cotaló. (Le Pennec, y otros, 2005)

El cono intermediario Tungurahua II.- Surge de un período de reposo y de erosión importante, actualmente se encuentra representado por una serie de flujos de lava ubicados en la parte superior del flanco sur del complejo, y por otros flujos de lava en los valles del Patate y Ulba.

Con base en evidencias geomorfológicas y dataciones radiométricas, se infiere que este período de actividad tiene lugar entre 30

000 y 3 100 años geológicos antes del presente. Una erupción explosiva ha sido datada alrededor de 11 200 años geológicos antes del presente, cuando las escorias y cenizas cubrieron la zona de Guano y Riobamba; finalmente hace 3100 años aproximadamente este edificio sufrió un gran colapso en su flanco occidental, debido probablemente a las fuertes pendientes de este antiguo volcán y a la intrusión de un volumen de magma dacítico en el edificio volcánico, generando una caldera de avalancha fácilmente reconocible hoy en día especialmente en el flanco sur, así como un importante depósito de escombros que constituye las planicies de Cotaló y Pillate. (Le Pennec, y otros, 2005)

El Tungurahua III.- Consiste en un cono aproximadamente simétrico, con pendientes de 30-35°, cuyo cono joven rellena aproximadamente la caldera de avalancha formada en el flanco occidental por el último gran deslizamiento; además la incipiente erosión ha excavado solamente pequeñas quebradas de 10 a 60 m de profundidad en este cono.

Se caracteriza por una actividad eruptiva regular, con una erupción de importancia moderada o fuerte cada dos siglos aproximadamente. “La actividad durante los últimos 3 100 años se ha caracterizado por la generación de flujos de lava, flujos piroclásticos y flujos de escombros, así como moderadas cantidades de material piroclástico lanzado al aire por el volcán y depositado principalmente sobre los flancos y sobre la región al occidente, noroccidente y suroccidente del volcán”. (Le Pennec, y otros, 2005)

En la siguiente tabla se presenta algunas de las erupciones mayores del volcán Tungurahua en los últimos mil años.

**Tabla 9***Erupciones Históricas del Volcán Tungurahua*

<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>
Primero o segundo siglo del segundo milenio a. C.	Existencia de una intrusión de magma dacítico en el flanco Oeste que provoca el colapso del Tungurahua II. Explosión lateralmente dirigida y gran columna de pómez y ceniza. Existen evidencias de asentamientos humanos con probables víctimas.
Primeros siglos del Primer Milenio a.C.	Emisión de potentes flujos de lava, uno llega al pie del volcán en el sector de Cusúa y sigue el río Chambo y Pastaza hasta la Pampa, y otro sale de la planicie de Pondoá, se acumula en Juive Chico, y se extiende en el sector de Baños, siguiendo el río Pastaza hasta Agoyan y Río Verde.
Siglo III o IV a.C.	Gran caída de escoria hacia el Suroccidente del volcán con voluminosos flujos piroclásticos que viajan hasta Penipe y Matus.
Entre el Segundo siglo a.C. y el Tercer siglo d. C.	Fuerte caída de pómez cubre el sector Suroccidental del volcán y nubes ardientes muy móviles entran en los valles de los ríos Patate y Pastaza.
Séptimo siglo d.C.	Abundantes escorias, lapilli y cenizas caen en toda la región del volcán y grandes flujos piroclásticos se emplazan en los sectores de Vazcún, Las Juntas, y en toda la parte Oeste y Suroeste del edificio.
Octavo siglo d.C.	Erupción mayor con una gran caída de pómez en todo el sector Occidental del volcán y hasta el Chimborazo, grandes flujos piroclásticos viajaron del valle de Vazcún aguas arriba en los valles de los ríos Patate y Chambo hasta 16 km del cráter. Se evidencian poblaciones muy afectadas con víctimas probables.
Siglo VIII o IX d.C.	Caída de escoria gruesa hacia el Occidente con nubes ardientes que llenan varias quebradas del sector de Chontapamba, Puela y llegan Cahuaji. Posible flujo de lava en Chontapamba y poblaciones afectadas.
Siglo XIV d.C.	Nubes ardientes bajan en los sectores de Mandur, Chontapamba, Yuibug y un flujo de lava llega hasta el actual pueblo de Bilbao.

**Fuente:** Le Pennec, y otros (2005). (a.C. = Antes de Cristo; d.C = Después de Cristo)

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana. Descripción histórica de la actividad

eruptiva

De la historia eruptiva del volcán Tungurahua, se puede observar la presencia de dos tipos de erupciones:

**Tipo 1:** erupciones de magma diferenciado (Plinianas), caracterizadas por presentarse después de que el volcán ha permanecido en reposo durante un largo período y definidas por la emisión de grandes flujos piroclásticos.

**Tipo 2:** erupciones de magma básico (Estrombolianas), que ocurren después de un período corto de reposo (décadas). Este tipo de erupción se caracteriza porque los peligros volcánicos son asociados con la caída de ceniza, pequeños flujos piroclásticos y flujos de lava.

En la siguiente tabla se menciona las recientes erupciones presentadas por fecha, tipo y período de duración, donde las erupciones de tipo 2 tienen una frecuencia mayor de acaecimiento:

**Tabla 11**

*Tipo de erupciones recientes del volcán Tungurahua*

<b>Año de erupción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tiempo de duración</b>
1641	Tipo 1 Pliniana	-
1773 – 1782	Tipo 2 Estromboliana	9 años
1886	Tipo 1 Pliniana	5 meses
1916 - 1918	Tipo 2 Estromboliana	2 años, ocho meses
1999 - actualidad	Tipo 2 Estromboliana	13 años

**Fuente:** Aguilera & Dueñas (2007).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

### **2.3.2 Cronología de los Períodos de Actividad Eruptiva del Tungurahua**

Los libros, estudios, informes técnicos, artículos científicos y monitoreo del volcán Tungurahua, realizado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2005; 2006; 2014; 2016; entre otros), publicados en su página oficial, nos permite resumir cronologicamente la actividad eruptiva del coloso; estableciendos a continuación:

**Tabla 12**

*Cronología de eventos históricos*

<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>	<b>Consecuencias - Afectación</b>
<b>1534</b>	La caída de ceniza, donde algunos historiadores atribuyen esta erupción al volcán Cotopaxi Tungurahua, Mientras que otros al Cotopaxi.	-
<b>1557</b>	Presencia de ceniza emitida por el Tungurahua	-
<b>1640</b> <b>1641</b>	Fuerte erupción con emisiones de nubes de ceniza y nubes piroclásticas que viajaron alrededor de 16 Km aguas arriba en los valles de los ríos Chambo y Patate.	Destrucción de asentamientos humanos evidenciados por fragmentos de cerámica colonial encontrados en los sitios donde quedan vestigios de los depósitos.
<b>1644</b> <b>1645</b>	Emisión de ceniza	-
<b>1757</b>	Nubes de ceniza de escasa importancia	-
<b>1772</b>	Nubes de ceniza y flujos cortos de piroclastos, con una	-

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	reactivación de diez años.	
1773	<p><b>El 23 de Abril.</b> - Se presenta una gran erupción del Tungurahua con la emanación de enormes cantidades de piroclastos, ceniza, lapilli, flujos de lava y nubes ardientes, además la generación de lahares y flujos de lodo que arrastraron rocas y escombros por deshielo del casquete de nieve.</p> <p>Un gran flujo escombros descendió por el valle del río Vazcún y se extendió por los primeros asentamientos de la ciudad de Baños.</p> <p>Las corrientes de lava andesítica descendieron por el flanco Noroeste del cono hacia las áreas de Juive Grande, La Pampa y los ríos de Chambo y Patate donde formaron un dique que represo las aguas por varios días.</p> <p>Los flujos piroclásticos bajaron por el sector de Cusúa. La actividad se mantuvo hasta el año de 1782.</p>	<p>Desaparece el poblado Fundación Santo Domingo primer asentamiento de la ciudad de Baños.</p> <p>Desaparecen las riveras de los ríos y varias haciendas asentadas en los contornos del volcán.</p> <p>Dstrucción de caminos y puentes.</p> <p>Serías inundaciones.</p> <p>Incendios ocasionados por nubes ardientes.</p> <p>Dstrucción y pérdida total de los campos agrícolas.</p> <p>Muerte de ganado por millares.</p>
1776	<p><b>El 3 de Enero.</b> - Un enorme penacho de huma y ceniza sobre el volcán.</p>	-
	<b>El 22 de Octubre.</b> - Emisión de ceniza y humo.	Posible caída de ceniza en la Ciudad de Riobamba.
1777	Descenso de un flujo de lava por el lado norte.	-
1857	Nubes de ceniza cubren el cráter del volcán.	-
1859	Penacho de humo y llamas en la cima del volcán. Actividad fumarólica en el cráter.	-
1885	Emanación de ceniza por tres ocasiones, una columna de humo negro que se disipó por 30 minutos, gases y la creciente actividad fumarólica.	-
1886	<p><b>El 11 de Enero.</b> - Densas columnas de humo, se escuchó ruido subterráneo con la propagación de una columna de humo gris, ceniza, arena y escorias que alcanzaron 16000 metros de altura.</p> <p>Derrame de lava fragmentaria por el borde más bajo ubicado al Noroeste.</p> <p>Descenso de flujos de lodo, un flujo se precipitó violentamente por las pendientes del Norte y Noreste arrastrando bombas ocas y escombros por una parte del río Ulva y otro por el Vazcún.</p> <p>Otro flujo de lodo se proyectó por el Sur y Suroeste depositándose en el río Puela.</p> <p>Numerosos flujos piroclásticos por el flanco occidental por quebradas de Confesionario, Rea, Ingapirca y Cusúa, Las Juntas y Juive.</p> <p>Abundantes flujos piroclásticos entraron por el río Patate hasta el pueblo de Punapi, dejando brechas y escombros que represaron el río Patate.</p> <p>Tempestades eléctricas y represamiento de los ríos.</p> <p>Abundante caída de piroclastos en Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi.</p> <p>Lluvia de materiales volcánicos en Guano, San Andrés, Calpi, San Juan Chuquipogyo, etc.</p>	<p>Acumulación de ceniza depositada entre 10 y 15 cm de espesor, en Riobamba 1 cm y Mocha 4cm.</p> <p>Represamiento del río Patate por dos semanas que formo un lago de una extensión de 6 km.</p> <p>Represamiento del Río Chambo.</p> <p>Ceniza cubrió la ciudad de Ambato.</p> <p>En Cotaló se apreció casi 1 m de ceniza y cascajo.</p> <p>Incomunicación en la ciudad de Baños.</p>
	<b>El 12 de Enero.</b> - Continua lluvia de ceniza con la mayor acumulación en Cotaló.	Casi todos los habitantes de Baños abandonaron la ciudad.

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	Presencia de tres a cuatro explosiones diarias. Los piroclastos se mezclaron con otros materiales volcánicos y bajaron por los flancos en forma de flujos.	Oscuridad completa en Riobamba y Guano.
	<b>El 14 de Enero.</b> - Abundante caída de piroclastos. Inmensa cantidad de arena gruesa, ceniza y piedras calcinadas. Vibraciones en Ambato. Detonaciones escuchadas hasta en Guayaquil.	Oscuridad en Penipe, Mocha. Dos víctimas en Puela. Grave afectación en las haciendas en un semicírculo de 25 leguas hasta Penipe. Destrucción de viviendas, sembríos, pastizales, minas y hornos de cal en Puela y Cotaló donde la agricultura y ganadería de la región fue afectada durante mucho tiempo y también la vida silvestre.
	<b>El 11 de Febrero.</b> - Columna de vapores de color rojizo y gris acompañado de bramidos. Emisión de un flujo de lava por el sector de Chontapamba, el cual se separó y arremetió contra el puente de Cusúa y relleno las playas de Chacaucó.	Perjuicios cuantiosos en los valles de Baños y Patate. Se represa el río e inunda y desaparece por completo la hacienda de Juviví Chiquito y parte de la de Juviví Grande. Desaparecen los caminos de acceso a Baños y a la provincia de Chimborazo. La destrucción de los puentes Lligñai, Lligua, Agoyán Río Verde Ariquito y Quilluyacu fueron destruidos y el del río Cusúa quedó cubierto por la corriente de lava. La abundante caída de materiales volcánicos causó serios daños en la influencia del volcán en un radio de 25 leguas.
	<b>El 12 de Febrero.</b> - Se forma una gran columna volcánica de aproximadamente 25 kilómetros. La emisión de lava fundida cubrió todos los flancos y quebradas del volcán que descendió a gran velocidad hacia Chontapamba. Se escucha una detonación espantosa. Se juntan las dos principales corrientes de lava en la confluencia de los ríos Cusúa y Patate y forman un dique de más de 30 metros de alto y un espejo de agua de más de 3 km de largo y 300 de ancho.	Las poblaciones más afectadas fueron Puela, Cotaló, Juviví Grande y Juviví Chiquito y sus alrededores. Cuantiosos los daños en los valles de Baños y Patate. El río Patate permaneció represado durante 15 días y al romperse el dique natural se incrementaron los efectos por la avalancha.
	<b>El 25 de Febrero.</b> - Emisión continua de lava con vapores e iluminación, uno de estos torrentes de fuego bajaba desde el borde del cráter a Cusúa.	-
	<b>El 25 de Febrero.</b> - Continuo derrame de lava por los flancos del volcán y así permaneció por varios días.	-
	<b>El 3 de Marzo.</b> - Formación de un río incandescente por corriente de lava continua perpendicularmente al Chambo en el punto de Cusúa.	-
	<b>El 21 de Abril.</b> - Últimas explosiones acompañadas por nubes suspendidas en la atmósfera y presencia de relámpagos	-
	<b>El 14 de Julio.</b> - Ruidos subterráneos y columnas de gas más o menos grandes.	-
1911	<b>El 05 de Marzo.</b> - Expulsión de una columna de humo, ceniza y gases.	La ciudad de Ambato se oscureció a consecuencia de la lluvia de ceniza.

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	Fuerte olor azufre.	
1916	<b>El 02 de Marzo.</b> - Columna de emisión constante de vapor y gases.	-
	<b>El 04 de Marzo.</b> - Se generaron intensos bramidos, violentos y prolongados truenos volcánicos. Emanación de gases y abundante ceniza acompañada de bombas incandescentes y relámpagos.	La parte occidental se oscureció. Los habitantes de las cercanías comienzan a emigrar.
	<b>El 05 de Marzo.</b> - Explosiones frecuentes con gases densos mezclados con material sólido. Se derrumba hacia el interior del cráter grandes bloques del borde	En Baños se produce la caída de piedras volcánicas y ligero olor azufre.
	<b>El 06 de Marzo.</b> - Generación de importantes caídas de ceniza. Continuo fragor subterráneo y explosiones. Eyección de piedras inflamadas y descenso de caudalosos lahares por todas las quebradas y ríos especialmente por el Suroeste.	En Puela se encuentra sembrada de arena. Lluvia de piroclastos en Penipe. Caída de ceniza en Riobamba.
	<b>El 07 de Marzo.</b> - Truenos, bramidos y nubes de gases de color gris amarillento.	Los campos del lado norte alrededor del volcán fueron cubiertos de ceniza y tierra. Riobamba se oscurece y el ferrocarril suspende los viajes. En Baños el olor azufre y vea se tornó asfixiante.
	<b>El 08 de Marzo.</b> - Eyección de torbellinos de humo negro, ceniza y arena. Descenso de aluviones por todas las quebradas. Lahar voluminoso por el arroyo de Vazcún que represa parcialmente el río Pastaza.	Formación de un alaguna en el río Pastaza de aproximadamente 200 m de largo. Desaparición de dos cascadas en el río Ulba. Oscuridad absoluta por un par de horas.
	<b>El 09 de Marzo.</b> - Se produce el aumento del diámetro del cráter de 300m a 800m. Densas nubes volcánicas por la parte occidental.	Penumbra en Pelileo. Destrucción del puente del río Ulba.
	<b>El 10 de Marzo.</b> - Se produce un fuerte cañonazo acompañado de un ligero temblor. Inmensa columna brillante en la base del cráter, acompañada de relámpagos y bombas que estallaban en el aire; lluvia de fuego que cubrió con un manto rojo los contornos del cráter. Emanación de gases, millares de bombas, nubes ardientes, ceniza y arena.	-
	<b>El 11 de Marzo.</b> - Columnas de gases y algunas bombas. Lluvia de lapilli de 10 mm de diámetro promedio en toda la región, aún bastante caliente.	La ceniza cubrió una inmensa área del territorio nacional, con cantidades variables, de acuerdo con la distancia y la dirección de los vientos.
	<b>El 12 de Marzo.</b> - Disminución de la actividad eruptiva	Los fuertes aguaceros presentados después de la erupción limpiaron la ceniza los campos por lo que el sector agrícola no fue tan afectado. La ganadería fue seriamente afectada.
	<b>El 14 de Marzo.</b> - A pesar de que le volcán se mantuvo en calma se evidencio un flujo de lava.	-

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	<b>El 16 de Marzo.</b> - Emanación de ceniza.	Abundante lluvia de ceniza en Baños y en menor cantidad en Ambato.
	<b>El 13 de Abril.</b> - Emisión de una gran columna de gases y humo de 15000 m de altura. Caída de ceniza y ligeros sismos.	Caída de Ceniza en Ambato.
	<b>El 18 de Noviembre.</b> - Inicio de un nuevo período eruptivo con emanaciones de material volcánico.	-
	<b>El 20 de Noviembre.</b> - Explosiones con eyección de lava y fuego por 36 horas consecutivas.	-
	<b>El 22 de Noviembre.</b> - Lluvia de fuego esparcida por el contorno del volcán.	-
1917	<b>El 19 de Diciembre.</b> - Bramidos espantosos.	Daños en los cristales de las ventanas de las casas.
	<b>El 25 de Diciembre.</b> - Eyección continua de fuego y piedras incandescentes.	-
	<b>El 30 de Diciembre.</b> - Se presentó una explosión violenta con presencia de fuego por 4 días consecutivos.	-
	<b>El 4 de Enero.</b> - Fuertes explosiones y grandes emisiones de ceniza y gases.	Abundante caída de ceniza en Cotaló. Estragos en las poblaciones de Baños, Puela, Penipe, Guanando y Puñapi, como la ruptura de ventanales.
	<b>El 5 de Enero.</b> - Bramidos y ruidos subterráneos con intervalos de 5 a 8 min con caída de tefra. Descenso de una nube ardiente por las quebradas de Cusúa y Chontapamba. Se generaron lahares que llegaron hasta los ríos Patate y Chambo.	-
	<b>El 13 de Enero.</b> - Emanación de una enorme cantidad de fuego envuelto en columnas de humo denso de color negro. Estruendos y estallidos de grandes piedras.	-
	<b>El 28 de Febrero.</b> - Fuertes erupciones con la presencia de nubes de ceniza.	La nube de ceniza oscureció la región durante tres días.
1918	<b>El 15 de Marzo.</b> - Explosiones de poca magnitud.	Sin consecuencias.
	<b>El 5 de Abril.</b> - El volcán arrojó una inmensa cantidad de lava por el lado occidental hacia el río Chambo acompañado de enormes trombas de humo de gran altura, columnas de fuego, piedras incandescentes y relámpagos. Grandes volúmenes de nubes ardientes que formaron torrentes de arena ardiente y flujos de lodo por sectores con bancos de nieve, descendieron por las quebradas de Juví, Cusúa y Chontapamba hasta los ríos Pastaza y Chambo. Gran derrumbe en la orilla opuesta del río Patata formando una gran represa. Formación de un inmenso lahar que bajo por el río Ulba. Columna de humo a una altura de 25 km con dirección hacia el este.	En Cashaurco, a 40 km del Tungurahua, se acumularon 2 kg/m <sup>2</sup> y en Zarayacu, a 120 km del Tungurahua cayó abundante ceniza muy fina. En Mocha la intensa lluvia de piedrillas de 1 a 2 cm de diámetro. Caída de piroclastos en Baños donde colapsaron varios techos de las casas. Las nubes ardientes en forma de cataratas de tierra incandescente quemaron toda la vegetación de los bordes de las quebradas e incluso la que se encontraba en los márgenes opuestas de los ríos Pastaza y Chambo. El lahar bajó arrasando casas, sementeras y animales. Muerte de algunas personas.



Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
		Dstrucción del puente Agoyán.
	<b>El 18 de Mayo.</b> - La eyección de columnas de humo y gases acompañadas de cañonazos, bombas y relámpagos. Emisión de una pequeña columna de lava fundida y obstrucción del cráter.	En Baños caen piedras candentes que perforaron los techos de las casas. Las sementeras fueron arrasadas.
	<b>El 19 de Mayo.</b> - Explosiones de poca magnitud.	-
	<b>El 6 de Junio.</b> - Fuerte bramido y columnas de gases y ceniza de color oscuro negro. Flujos de material bajaron que bajaron por la vertiente de Cusúa.	Tierra calcinada y pequeños fragmentos de roca cayeron el Riobamba. Incalculable pérdida de sembríos en amplias zonas de las provincias de Chimborazo y Tungurahua; parroquias como Cotaló, Cantones de Baños, Penipe, Huambaló, Río Verde, Puela; entre otras. Los terrenos quedaron incultivables a consecuencia de la enorme cantidad de piedra y ceniza depositadas.
	<b>El 18 de Junio.</b> - Explosión acompañada de ruidos subterráneos. Descenso de piroclásticos por la quebrada de Cusúa.	Pérdidas cuantiosas en la ganadería con la muerte de muchos animales. Contaminación de los pastos y agua. Dstrucción de puentes y caminos en los tramos Pelileo - Cotaló, Penipe – Cotaló y Baños – Guano, además de senderos.
	<b>El 16 de Noviembre.</b> - Emisión de una enorme columna de piroclastos que se dispersó en todas direcciones. La nube ardiente descendió por la quebrada de Juviví Grande hasta el río Pastaza y Cusúa.	Represamiento del río Pastaza que al romperse el dique se produjo un aluvión de lodo y escombros; en el sector de Pondoza Grande formaron cascadas. Capa de escoria de 10 a 15 cm de espesor en los sectores de Bilbao y Cusúa. Abundante caía de ceniza en Ambato y llego hasta Quito.
<b>1925</b>	<b>El 16 de Mayo.</b> - Emisión de gran cantidad de ceniza.	-
<b>1944</b>	Pequeña explosión de origen freático.	-
<b>1993</b>	<b>El 6 de Mayo.</b> - Se produce una explosión freática registrada por el IGEPN y escuchada en Baños, Patate, Ambato y Cevallos.	-

**Fuente:** Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

En lo que corresponde a los períodos eruptivos recientes tenemos:

**Tabla 13**

*Cronología de eventos recientes*

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
<b>1999</b>	<b>Julio.</b> - Se registran 20 sismos de largo período con magnitudes de 2.0 y 3.5 en profundidades entre 7 y 10km debajo del volcán. Se percibe olor azufre, además un aumento de SO <sub>2</sub>	-

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	de 0 ton/día, a un pico máximo de 3200 ton/día.	
	<b>Agosto.</b> - Se registraron más de 1000 eventos sísmicos, los cuales eran de tipo de largo período y volcánico-tectónico.	-
	<b>Septiembre.</b> - Desgasificación y ascenso del magma, aumenta el tremor hidrotermal. Una columna de vapor de 2 km de altura.	Declaración de alerta técnica amarilla.
	<b>Octubre.</b> - Etapa eruptivo permanente de tipo estromboliana. La intrusión del magma hasta la superficie. Presencia de una columna de vapor y ceniza constante, entre 1, 2 y 7 km. Emisiones de SO <sub>2</sub> que alcanzaron valores superiores a 10.000 ton/día. Emisiones de material incandescente. Explosiones magmáticas asociadas a burbujas de gas que arrastran parte del magma. Columnas cargadas de ceniza y vapor que alcanzan entre 3 - 5 km de altura. Fragmentos expulsados descendieron hasta 1-2 km bajo la cumbre del volcán. Flujos de lodo en las quebradas de la parte occidental.	La ceniza afectó tierras agrícolas. Destrucción de la carretera Penipe – Baños. Se decretó la alerta naranja en la zona de alto riesgo como Baños, Bilbao, Cusúa, Pandoa y otras poblaciones. Evacuación de 25000 habitantes de los alrededores del volcán. Reubicación de las personas en albergues.
	<b>Noviembre.</b> - Se registraron más de 1400 explosiones. Ocurrieron grandes flujos de lodo en el flanco Occidental y Noroccidental. Emisión de material incandescente. Columnas de vapor de 4 km. Generación de lahares que interrumpieron el paso en Cusúa y Juive y el río Chambo cargado de sedimentos. Lahar en Ulba no muy grande.	El flujo de lodo en Cusúa tiene 20 metros de ancho y 1 metro de espesor. Flujo de lodo entre Bilbao -Cusúa: 15 metros de ancho y 1.5 metros de alto con bloques de hasta metro y medio y troncos grandes. Las piscinas del Salado fueron inundadas. La ceniza afecta a las provincias Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Pastaza, Morona Santiago, Esmeraldas y Manabí.
<b>2000</b>	<b>Octubre - Diciembre.</b> - Las fuertes lluvias removieron la ceniza depositada en los flancos del volcán y generaron flujos de lodo (lahares).	La vía Baños – Ambato fue bloqueada en varias ocasiones.
	<b>Enero - Febrero.</b> - Nivel muy bajo de actividad eruptiva.	-
	<b>Mayo.</b> - Enjambre de sismos de largo período de origen profundo. Se presentaron importantes explosiones por desgasificación del magma y emisiones de vapor y ceniza.	-
<b>2001</b>	<b>Agosto.</b> - Aumento notable de la actividad sísmica. Columnas eruptivas cargadas de ceniza con una capa depositada de hasta 3 cm de espesor en las poblaciones inmediatas al occidente y de más de 10 cm en los flancos superiores.	Afectación en poblaciones ubicadas a 100 km al oeste del volcán con un volumen de entre 10 y 15 millones de toneladas de ceniza depositada. Afectación en las comunicaciones aéreas.
	<b>Septiembre.</b> - Importante actividad sísmica;	-

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	emisiones de ceniza y fuentes de lava.	
2002	<b>Mayo.</b> - Enjambre de sismos de largo período de origen profundo. Presencia de lava en el cráter y a finales de mes se produjo explosiones con una columna constante de vapor y ceniza hacia el occidente.	En Ambato y Baños se registró una pequeña caída de ceniza.
	<b>Agosto.</b> - Actividad eruptiva tipo estromboliana con emisiones importantes de ceniza.	-
	<b>Septiembre.</b> - Ocurrencia de algunos sismos volcano – tectónicos bajo el volcán. Emisiones continuas de ceniza.	Afectación por caída de ceniza en los habitantes asentados al occidente.
	<b>Enero.</b> - Ocurrió un promedio de 10 sismos por día. Se generó una explosión, bramidos, ondas expansivas, ascenso de gases, magma hacia la superficie y emisiones de ceniza.	Vibración y ruptura de los vidrios de las ventanas.
2003	<b>Febrero.</b> - Se registró una pequeña inyección de magma. Eventos volcano – tectónicos.	-
	<b>Marzo.</b> - Actividad estromboliana de baja intensidad. Actividad explosiva con bramidos y emanación de bloques incandescentes.	-
	<b>Junio – Julio.</b> - Tremor volcánico y eventos de largo período. Se presencia actividad estromboliana, fuentes de lava y el descenso de bloques por el flaco Noroccidental.	Caída de ceniza por un lapso de dos semanas en Pelileo, Quero, Cevallos, Mocha, Guano y Penipe, los mismos que fueron declarados en emergencia.
	<b>Agosto.</b> - Ocurrencia de sismos volcano - tectónicos y enjambre de eventos de largo período. Actividad estromboliana, explosiones, caída de ceniza.	Caída de ceniza en Riobamba, Guaranda, Penipe, Guano y Mocha.
	<b>Septiembre.</b> - Incremento de la actividad eruptiva caracterizado por explosiones, emanaciones de lava, caídas de ceniza en los flancos superiores.	-
	<b>Octubre.</b> - Actividad volcano - tectónica superficial y profunda. Actividad estromboliana y explosiones fuertes con emanación de ceniza.	Caída de ceniza en Ambato, Baños y Patate.
2004	<b>Noviembre – Diciembre.</b> - Actividad volcano – tectónica profunda y enjambre de eventos de largo período con características espectrales.	Caídas importantes de ceniza en Runtun, Baños, Pelileo, Patate, Cusúa, Cotaló, Pillate y Mocha.
	<b>Abril.</b> - Emisión casi permanente de gases y ceniza, fuentes de lava y muy pocas explosiones.	-
	<b>Mayo – Julio.</b> - Enjambres de eventos de largo período. Actividad estromboliana, explosiones energéticas, emanación de ceniza.	Ruptura de los vidrios de las casas en la zona de Masón. Caída de ceniza en Penipe, Pillate, El Manzano, Bilbao y sectores aledaños al Chimborazo.
	<b>Noviembre - Diciembre.</b> - Actividad volcano – tectónica profundo y distal, explosiones, flujo continuo de gases, con ocasionales cantidades de ceniza.	Caída de ceniza en Puela, Juive, Pondo y Baños.

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	<b>Enero.</b> - Presencia casi permanente de emisiones de gases, vapor y ocasionalmente ceniza.	-
2005	<b>Febrero.</b> - Eventos volcano -tectónicos asociados a la actividad tectónica y caída de ceniza. Las lluvias generaron dos grandes flujos de lodo que bajaron por las quebradas de Vascún y Juive.	Caída en ceniza Juive, Cusúa, Cotaló, Quero, Bilbao, Pillate, Motilones y Puela. Las piscinas de El Salado y la zona de la Pampa se inundaron.
	<b>Marzo.</b> - Emisiones casi permanentes de gases, vapor y poca ceniza.	Ligera caída de ceniza en Puela y Bilbao.
	<b>Abril – Julio.</b> - Emisiones superficiales constituidas por vapor con bajo contenido de ceniza. Disminución de eventos volcano – tectónicos.	-
	<b>El 14 de Julio y 16 – 17 de Agosto.</b> - Ocurrió un sismo de 4,6 grados en la escala abierta de Richter que dio inicio al repunte de la actividad. Se produce un estado de erupción creciente y sostenida, actividad estromboliana tipo canguilera con la presencia de bloques, incandescencia, fuentes de lava en el cráter y flujos piroclásticos generados por el rebosamiento de lava. Las explosiones, emisiones y fuentes de lava fueron persistentes. Incremento de los bramidos, cañonazos de las explosiones y la expulsión de cientos de basálticos que caían en la parte alta del cráter. Las columnas de emisión alcanzaron una altura de 2 a 3 km con dirección al Occidente por influencia del viento. Se generó una columna de erupción de entre 12 a 14 kilómetros de altura. Los bloques incandescentes fueron expulsados en trayectorias parabólicas hasta 1500 m y cayeron en una distancia de 1000 a 1500 m del cráter.	Caída de cascajo de 2 cm de diámetro en las poblaciones de Yuibug, Palitahua, El Manzano, Puela, Bilbao, Chonglotus, Cusúa, Cahaugi Sabañag, Cotaló, Ulba, Pillate, Runtún, Loma Grande, Baños, El Pingue, Guadalupe y la parte alta de Quero. En el sector de Choglontus la evidenció ceniza y cascajo de hasta quince milímetros de espesor de con tamaños de uno a dos centímetros y en las provincias de los Bolívar, Los Ríos, Guayas y Manabí; ciudades de Ambato, Riobamba, Baños, Pelileo, Guaranda, Guayaquil. Los flujos arrasaron el puente metálico ubicado en la carretera Baños – Riobamba dejando un depósito de unos 15 metros de espesor y el puente de Las Juntas y el material volcánico llegó hasta la comunidad de Chacaucó; también destruyeron la carretera Baños – Penipe.
2006	La expulsión de cascajo o escoria volcánica hacia el Oeste debido a la dirección del viento que soplaron en dirección Oeste y Suroeste. Explosiones con emisiones de ceniza fina en todas las direcciones. Se generó e incrementó flujos piroclásticos que descendieron por los flancos Noroccidental y Occidental. Los flujos piroclásticos más importantes ocurrieron al oeste del volcán por las quebradas de Juive, Mandur, Hacienda, Cusua 1, Cusúa 2, y Achupahsal, alcanzando el río Chambo donde chocaron con el margen izquierdo. Emisión de un flujo de lava por el lado Norte en la parte alta de la quebrada de Vascún y descenso en la parte alta de cabeceras de las quebradas Achupashal y Mandur. Proceso constante de desgasificación, incandescencia y brillo relacionado con la salida de	La vía Ambato-Baños fue cerrada a la circulación vehicular por la presencia de material volcánico acompañado de lodo y piedras, el mismo que arrasó con una parte de la carretera. Acumulación de material volcánico que enterró varias casas de 1 piso y estructuras como el monumento de Los Pájaros. En el sector de Chacaucó se produce el represamiento del Río Chambo debido a los potentes depósitos de los flujos piroclásticos. Represamientos momentáneos en los ríos Puela (suroccidente) y Pastaza (noroccidente). Colapso parcial de la estación, red de

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	<p>gases magmáticos. Las concentraciones de SO<sub>2</sub> alcanzaron valores promedio de 1007 ton/día y un máximo de 3020 ton/día.</p>	<p>monitoreo y equipos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Varios aeropuertos suspendieron los vuelos programados a Quito y viceversa. Efectos devastadores en los sembríos y pastizales debido a la intensa caída de ceniza. Grave afectación en el sector ganadero por la muerte de las reses. Las granjas avícolas de la zona fueron arrasadas por la erupción, con la muerte de más de un centenar de miles de aves. La comunidad de Chacauco decide realizar la evacuación voluntaria hacia Cotaló. La evacuación de las familias que viven en zona de riesgo en los cantones Pelileo y Baños (en Tungurahua) y Penipe (en Chimborazo); las poblaciones del sector occidental y noroccidental como Cusúa y Tres personas fallecidas.</p>
<p><b>2007</b></p>	<p><b>Diciembre.</b> - Actividad alta variable con la ocurrencia de varias explosiones, cañonazos, emisión de material incandescente, gases, ceniza, fuente sostenida de lava e importantes episodios de tembor. La altura de las columnas de emisión alcanzó los 500m a 2km sobre el nivel del cráter. La emisión SO<sub>2</sub> fue de 100 ton/día alcanzando 4552 ton/día.</p>	<p>Vibración de ventanales. Afectación por caída de ceniza en los sectores de Choglontus, El Manzano, Palitahua y Cahujá y, en menor grado Bilbao. El Comité de Operaciones de Emergencia (COE) de Chimborazo declara la Alerta Roja, en las parroquias de El Altar, Puela y Bilbao, y unas 30 comunas del cantón Penipe en Chimborazo, ubicadas en las faldas del volcán con un total de 1000 habitantes.</p>
<p><b>2008</b></p>	<p><b>Febrero.</b> - Explosiones acompañadas de cañonazos, sismos de largo período y emisiones frecuentes de gases de 4 km de altura, bloques y ceniza por todos los flancos. Flujos piroclásticos descendieron por las cabeceras altas de las quebradas de Mandur, Cusúa y Chontapamba. Se generaron lahares debido a la presencia de fuertes lluvias.</p>	<p>Caída de ceniza en Manzano, Choglontus, Pillate, Ulba, Cotaló, Bilbao, San Juan, Juive, Cahujá, Puntzán, Cusúa, alrededores de Calpi, Palictagua, Pungual, Puela. Importantes caídas de ceniza en las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Bolívar.</p>
<p><b>2009</b></p>	<p><b>Febrero.</b> - Ocurrencia de sismos de largo período, explosiones, emisiones de vapor y ceniza. Las nubes de ceniza alcanzaron alturas entre 6,4 km y 10 km y se extendieron hasta 100 km en dirección Noroeste. Las condiciones climáticas originaron algunos lahares y flujos de agua lodosa que bajaron por diferentes quebradas. Emisiones de SO<sub>2</sub> en un promedio de 2183 ton/día y un máximo de 5625 ton/día.</p>	<p>Las emisiones de ceniza afectaron los cultivos de maíz, papas y pasto en las poblaciones ubicadas en los alrededores del volcán.</p>

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
2010	<p>Se produjo eventos sísmicos de largo período con explosiones crecientes, emisiones de gases y fuentes de lava.</p> <p>Ruidos y bramidos con un estilo estromboliana – vulcaniano.</p> <p>Explosiones de tipo vulcanianas caracterizadas por pequeñas emisiones de vapor y la presencia de fumarolas en el interior y exterior del cráter.</p> <p>Las columnas eruptivas alcanzaron alturas variables entre 1.5 a 8 km con dirección Oeste, Suroeste y Noroeste alcanzando distancias de 200 km.</p> <p>Expulsión de cenizas y piroclastos de hasta 20 cm de diámetro.</p> <p>Flujos piroclásticos por el flanco Noroeste que alcanzaron la cota de los 3000 msnm y un flujo de lava que bajó por el NW hasta la cota de los 4000 msnm.</p> <p>Flujos de agua lodosa que fluyeron por algunas quebradas del Oeste y Suroeste.</p> <p>Se registró un promedio de 2576 ton/d de SO<sub>2</sub>, con una desviación estándar de 1248 ton/d.</p>	<p>Caída de ceniza en las poblaciones de Bilbao, Pillate, Choglontús, El Manzano, Cahuají; en menor intensidad en Palictahua, Cotaló, Cusúa y Ambato; y muy ligeramente en sectores como Cevallos, Guano, Tisaleo, Quero, y Mocha e incluso afectando a zonas distales como Morona Santiago, Puyo, Guaranda, Riobamba, Ambato, Pelileo y Salcedo</p> <p>Obstruyeron temporalmente la vía Baños-Penipe.</p> <p>Evacuación de personas de los alrededores del volcán.</p>
2011	<p>Presencia de explosiones, señales sísmicas y emisiones variables de ceniza que alcanzaron una altura de 5,1 km a 12,2 km y fueron dispersas en todas direcciones.</p> <p>Flujos piroclásticos que descendieron por las quebradas del Noroeste un poco más debajo de la cota de los 4000 msnm.</p> <p>Descenso de lahares y agua lodosa por todas las quebradas del volcán.</p> <p>En la quebrada Vascún se observó que el flujo alcanzo una altura de 3.2 m desde el lecho del río.</p> <p>El flujo diario de SO<sub>2</sub> alcanzó un promedio de 1582 ton/día y un máximo de 6015 ton/día.</p>	<p>Importante caída de ceniza en Riobamba, Puyo, Ambato, Latacunga, Baños, Cevallos, Mocha, Ambato.</p> <p>Obstrucción de la vía Baños – Penipe.</p>
2012	<p>Actividad estromboliana con la generación de emisiones continuas con energía, tremores, bramidos, carga variable de ceniza, piroclastos y explosiones con fuertes cañonazos de gran intensidad.</p> <p>Generación de un flujo piroclástico que descendió 2 km por la quebrada de Cusúa y 5 medianos que descendieron por las quebradas del flanco occidental.</p> <p>Otro flujo piroclástico descendió 2.5 km por la quebrada de Achupashal.</p>	<p>La ceniza afectó a sectores de Choglongus, Manzano, Cahuají, Bilbao, Pillate, El Santuario, Riobamba y algunos lugares de los cantones Quero, Mocha, Tisaleo y Cevallos.</p> <p>Se evacuaron 110 familias de los sectores más expuestos y se dispusieron 9 albergues adicionales.</p>
2013	<p>Actividad estromboliana tipo fuente de lava con bloques que subieron hasta 700 m sobre el cráter y descendieron hasta 1 km bajo este nivel.</p> <p>Se generaron nuevamente explosiones de rocas incandescentes, ceniza y gases.</p> <p>El descenso de flujos piroclásticos por las quebradas de Juive Grande y Achupashal, este último se extendió por 6,5 km y cruzaron el río</p>	<p>Caída de ceniza en Cevallos, Quero, Mocha, Tisaleo y Pillate, Cahuají y en Penipe.</p> <p>Afectación directa en el sector agrícola, avícola y ganadero de la parroquia de Cotaló y cantón Pelileo.</p>

Fecha	Descripción	Consecuencias - Afectación
	<p>Chambo. Esas erupciones fueron acompañadas de caída de ceniza y cascajo con un diámetro de hasta cinco centímetros en lugares cercanos al volcán.</p>	
2014	<p>Se presentó una fuerte explosión con una columna de ceniza de más de diez kilómetros de altura y flujos piroclásticos que descendieron por la quebrada de Achupashal hasta llegar al río Chambo Una fuerte explosión que lanzó una columna de ceniza que sobrepasó los diez kilómetros de altura</p>	<p>Evacuación de Cotaló, Pillate, Chambiato (parroquia García Moreno de Pelileo), Cusúa y Bilbao. Afectación e los cultivos de maíz, tomate de árbol, pasto. Afectación en la industria avícola.</p>
2015	<p>Sismos de largo período, explosiones, bramidos, cañonazos, emisión de gases con dirección hacia el occidente que llegaron a una altura de 1.5 km. Bajo contenido de ceniza que alcanzó una altura de 800 m – 2 km que se distribuyó por el flaco occidental.</p>	<p>Caída de ceniza en el sector de El Manzano y Choglontus.</p>
2016	<p><b>1era Fase.</b> - Se produjo un enjambre de sismos volcano – tectónicos. Una primera explosión formó una columna eruptiva de 5 km acompañada de temores que provocó caídas de ceniza y piroclastos con un diámetro menor a 2 mm con dirección al Occidente y Suroriente. Otra explosión formó un hongo de 6 km y produjo la caída de ceniza, lapilli y piroclastos entre 2 y 64 mm de diámetro. Proyectiles balísticos alcanzaron 2 km de altura. Flujos piroclásticos de pequeño alcance bajaron por los flancos Noroeste y Oeste.</p> <hr/> <p><b>2da Fase.</b> - Explosiones y emisiones continuas, columnas eruptivas de hasta 4 km proyectiles balísticos que alcanzaron hasta 1 km. Cañonazos y bramidos y caídas de ceniza pequeñas a moderadas de color gris y una a actividad tipo fuente piroclástico produjo la emisión moderada de ceniza y pequeñas avalanchas calientes en las quebradas Hacienda y Romero.</p> <hr/> <p><b>3ra Fase.</b> - explosiones con proyectiles balísticos alcanzaron 1 km de altura, además caídas moderadas de ceniza.</p> <hr/> <p><b>4ta Fase.</b> - Incremento de las explosiones, caída de ceniza y formación de pequeños flujos piroclásticos y pequeñas avalanchas calientes que alcanzaron 2 km bajo el nivel del cráter. Proyectiles basálticos alcanzaron 800 m sobre el nivel del cráter. Emisión de SO<sub>2</sub> con un máximo de 6000 ton/día.</p> <hr/> <p><b>5ta Fase.</b> - Disminución de la actividad superficial con menor caída de ceniza y columnas eruptivas que alcanzaron un máximo de 3,5 km sobre el nivel del cráter. Se generaron pequeñas avalanchas calientes que se desplazaron 500 m.</p>	<p>Caída de ceniza moderadas en Choglontus, el sector de Palitahua y hacia el Sur del volcán. La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos declara la alerta naranja. Afectación en el sector agrícola.</p>

**Fuente:** Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional  
Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## **2.4 Caracterización de los Peligros Volcánicos**

### **2.4.1 Gases Volcánicos**

Los gases volcánicos son emitidos a través del cráter antes, durante y después de una erupción volcánica, producto de la parte volátil del magma, los mismos que son emitidos a consecuencia de la roca fundida a altas temperaturas. Dichos gases también son los causantes del tamaño de la explosividad de una erupción en menor o mayor grado, cuya salida violenta es proveniente de vapores presurizados en el interior, los mismos que pueden escapar por pequeñas fracturas o grietas del edificio volcánico y zonas cercanas al mismo formando las fumarolas.

Tales gases consisten principalmente de vapor de agua (H<sub>2</sub>O); sin embargo, casi siempre existen también cantidades variables de otros gases peligrosos para las personas y los animales como SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), o el CO (monóxido de carbono). En las zonas donde soplan continuamente vientos fuertes, estos gases se dispersan rápidamente; no obstante, en depresiones y partes bajas, estos gases se pueden acumular y alcanzar concentraciones letales; por otro lado, existen gases tóxicos como el flúor y el azufre que se adhieren a la ceniza y producen la contaminación del suelo y las aguas; adicionalmente los gases de una columna eruptiva pueden mezclarse con el agua atmosférica provocando lluvias ácidas que pueden afectar a las plantas y animales, así como los techos de zinc y otros materiales metálicos (que pueden sufrir una fuerte corrosión). (Le Pennec, y otros, 2005)



**Peligros.-** Dentro de los elementos gaseosos emitidos durante una erupción volcánica encontramos el flúor y el azufre, los mismos al adherirse a la ceniza produce contaminación del suelo y el agua, cuyos efectos son considerados dentro de un radio de 10 km desde el punto de emisión, el dióxido de carbono y el dióxido de azufre pueden causar asfixia en las personas y animales.

La mayoría de estos gases volcánicos son ácidos y corrosivos para los metales, por lo que las estructuras, maquinaria y vehículos cercanos al volcán activo son altamente deteriorados; además los compuestos de azufre como los cloruros y fluoruros, reaccionan con el agua para formar ácidos venenosos, los cuales, aún en concentraciones bajas, son nocivos para los ojos, la piel y el sistema respiratorio de seres humanos, animales y tomando en cuenta su concentración y pueden causar daños hasta liquidar la vegetación y también destruir textiles.

Otros gases son el anhídrido carbónico, el mismo que es más denso que el aire y se puede acumular en zonas bajas y llegar a asfixiar a cualquier ser humano o animal que penetre en el área; el monóxido de carbono al ser inodoro no puede ser detectado por las personas siendo el mismo venenoso.

#### ***2.4.2 Caída de Piroclastos***

Durante una erupción volcánica los gases y el material piroclásticos (ceniza, fragmentos de roca y piedra pómez) son expulsados desde el cráter. Los fragmentos más grandes siguen trayectorias balísticas y caen cerca del cráter, generalmente sobre las partes altas del volcán. Mientras que las partículas más pequeñas son llevadas por el viento y caen a mayor distancia del mismo, cubriendo grandes áreas cercanas al volcán, con una capa de varios milímetros o centímetros de material piroclásticos. “Las erupciones que producen piroclastos varían desde explosiones pequeñas, de pocos minutos de duración y que

expulsan el material desde pocos cientos de metros, hasta grandes explosiones que pueden durar varios minutos y que inyectan material piroclástico a la atmosfera hasta varias kilómetros de altura”. (Le Pennec, y otros, 2005)

Los materiales expulsados durante una erupción volcánica son:

**Nubes de ceniza y polvo.** Son los materiales más finos expulsados en forma de columna o nube producto de la trituración de las rocas y material magmático, los mismos que son impulsados por los gases cuya gran presión provoca que se desprendan del cráter con violencia y así alcancen grandes alturas para luego ser transportados por el viento a grandes distancias antes de ser depositados en el suelo; dichos fragmentos de material volcánico tiene un tamaño menor a 2mm.

**Lapilli o cascajo.** son fragmentos de roca, piedra pómez y material magmático con un tamaño entre 2 y 64 mm.

**Bloques y bombas basálticas.** son causadas por grandes explosiones que ocurren en el cráter, fragmentos con un tamaño mayor a 64 mm, lanzadas con gran velocidad por el aire, dicho material volcánico puede alcanzar distancias en un radio menor a 10 km desde el centro de emisión.

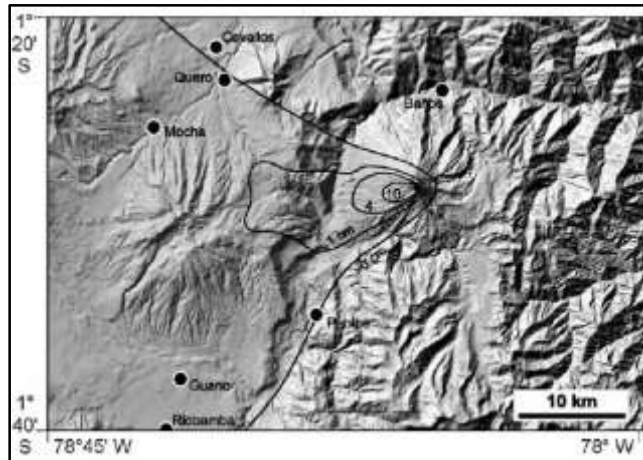
**Peligros.-** el material piroclástico cubre una superficie generalmente de forma elíptica, que se puede extender hasta cientos de kilómetros en la dirección del viento, y cuyo espesor disminuye progresivamente desde el volcán. Así, la peligrosidad de este fenómeno estará determinada por el volumen de material emitido, la intensidad y duración de la erupción, la dirección y la velocidad del viento y la distancia al punto de emisión. (Le Pennec, y otros, 2005, pág. 20)

Dentro de los principales efectos encontramos:

- Problemas de la salud como irritación de los ojos y de las vías respiratorias ya que el polvo volcánico disperso en el aire ocasiona problemas respiratorios y dificulta la visibilidad.
- Problemas con el ganado por la ingesta de pasto con ceniza, ya que debido a la caída en cantidades espesas cubre los pastizales.
- Destrucción de las plantas, daños en la agricultura destruyendo las cosechas e inutilizando temporalmente la tierra cultivable.
- Contaminación de fuentes y reservorios de agua.
- Riesgo de colapso de los techos debido a la acumulación de ceniza, la misma que al mezclarse con el agua lluvia aumenta su peso.
- El impacto de grandes fragmentos como bloques y bombas basálticas afectan hasta refugios sólidos, además de fragmentos incandescentes que no se han enfriado antes de caer al suelo puede provocar incendios.
- Daños en los motores de los vehículos aviones, maquinarias, transformadores, etc; esto debido a la suspensión de partículas de grano fino en el aire.

## Figura 19

### *Distribución de ceniza volcánica Agosto del 2001*



**Fuente:** Tomado de Le Pennec, y otros (2005).

**Nota:** Las líneas encierran las áreas al occidente del volcán afectadas por más de 10 cm, 4 cm y 1 cm de ceniza.

La caída de ceniza afectado directamente la producción agrícola de la parroquia Cotaló, dejando incluso sin producción de 3 a 6 meses aproximadamente hasta la recuperación de los suelos. Además se evidencia la afectación de la salud de los pobladores, aumentando el índice de morbilidad de enfermedades respiratorias. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

### **2.4.3 Flujos Piroclásticos**

Conocidos también como nubes ardientes, son mezclas muy calientes (varios cientos de grados centígrados) de gases, ceniza y fragmentos de roca, que descienden por los flancos del volcán, desplazándose a grandes velocidades (a veces más de 250 kilómetros por hora) y que ocurren generalmente en erupciones grandes y explosivas. “Los flujos piroclásticos constan de dos partes: un componente inferior, muy denso, constituido por fragmentos de roca, que se desplaza por el fondo de los valles y quebradas; y, un

componente lateral y superior, mucho menos denso pero más voluminoso, constituido por material de menor tamaño (ceniza) y gases, el cual puede sobrepasar los valles y alcanzar alturas importantes sobre su fondo e inclusive sobrepasar relieves importantes”. (Le Pennec, y otros, 2005)

Debido a su alto contenido de gases, polvo, material granular y fragmentos de lava de elevada temperatura acumulados durante el proceso eruptivo son sustancialmente más densos que el aire circundante y se precipita como avalancha ladera abajo con gran rapidez, mientras que el gas continúa siendo emitido por los fragmentos más grandes de pómez y ceniza candentes, creando una nube en constante expansión que lleva consigo fragmentos sólidos o semisólidos, detonando incluso materiales combustibles a su paso, destruyendo todo lo que este a su alcance.

Los vulcanólogos han distinguido y reconocido varios mecanismos de flujos piroclásticos:

- Las avalanchas ardientes que son relativamente densas, se desplazan a poca altura y generalmente se confinan en los valles.
- Las propiedades que caracterizan todos los flujos piroclásticos son su rápido movimiento su dirección notablemente horizontal y la alta temperatura del material de suspensión.
- La alta velocidad y naturaleza coherente del flujo significa que parte del material se deposita cuando aún está muy caliente, incandescente o fundido, formando en este último caso una costra sólida de tobas soldadas.
- Los flujos piroclásticos varían ampliamente en volumen, duración, y composición.

- En los volcanes con cráter en la cumbre, los flujos piroclásticos se desprenden principalmente de las partes más bajas del borde del cráter y se canalizan hacia los valles que se originan de él.
- Los flujos piroclásticos se pueden originar de manera explosiva desde el conducto volcánico o por desintegración completa o parcial de un domo de lava, también se puede formar por colapso de los bordes de una columna eruptiva vertical.

**Peligros.-** los flujos piroclásticos por su capacidad devastadora son considerados como el fenómeno volcánico más letal, además por la incapacidad de determinar exactamente el momento de su generación, su extensión y su tamaño, su manejo en términos de evacuación poblacional es extremadamente difícil, pero necesariamente se debe considerar la salida temporal, con horas o días de anticipación, de las personas y animales que se encuentren en las zonas potencialmente afectadas, como una medida precautelatoria ante la peligrosidad del fenómeno. (Natenzon E, 1995)

Es así que cualquier forma de vida no sobrevive ante el impacto de un flujo piroclástico, cuyos efectos del material suspendido, su sofocación y calor intenso combinados entre sí; son totalmente mortales; además se menciona:

- La madera y otros materiales combustibles comúnmente se queman cuando entran en contacto con los bloques, bombas, ceniza y/o gases calientes que conforman los flujos piroclásticos.
- Representan una amenaza de muerte por asfixia, arrasamiento parcial o total de todo lo que este a su paso e incineración.

- Al mezclarse con el agua superficial, nieve y hielo forman crecientes y lahares que producen destrucción en las partes bajas de los valles.
- Generan incendios mucho más allá de los límites de flujo.
- Remueven completamente la cobertura vegetal de los flancos del volcán, arrancando y partiendo las ramas y los troncos aún de grandes árboles, arrastrándolos pendiente abajo y quebrándolos como si fueran fósforos.
- Las poblaciones afectadas por flujos piroclásticos tienen muy pocas posibilidades de sobrevivir.
- Las personas pueden sufrir quemaduras graves, además de morir por la inhalación de ceniza y gases calientes; de la misma forma los animales.
- Los bienes materiales, maquinarias, invernaderos, cultivos, etc; que se encuentren en el camino son destruidos, quemados o arrastrados por el impacto de escombros calientes.

“Los flujos piroclásticos emitidos por el volcán Tungurahua se pueden originar por el colapso de una columna eruptiva, explosiones violentas que destruyen un tapón o domo en el cráter, el desborde de material piroclástico sobre el filo del cráter o el colapso de un frente de un flujo o domo de lava formado en el interior del cráter”. (Mothes, 1998)

Estos fenómenos han sido extremadamente frecuente en el pasado reciente del volcán Tungurahua y se estima que si se presentaran erupciones de gran magnitud, las zonas más afectadas por estos fenómenos serían los flancos occidental y noroccidental, comprendidos entre Juive Grande al noroccidente y la confluencia de los ríos Puela y Chambo al suroccidente del volcán. Sin embargo, los valles de los ríos Vazcún y Ulba, en el flanco

norte, constituyen también zonas de alto peligro, debido a que estos ríos descienden directamente de la cumbre del volcán.

## **Figura 20**

*Flujo piroclástico agosto del 2006*



**Fuente:** Tomado de Dirección Nacional de Defensa Nacional. Afectación de la vía Ambato Baños

### **2.4.4 Flujos y domos de lava**

Son derrames de roca fundida muy caliente, originados en un cráter o en fracturas de los flancos del volcán, que descienden por las quebradas que allí se originan; este fenómeno volcánico ocurre cuando el magma es poco viscoso (o, lo que es lo mismo, muy fluido), y por lo tanto la lava puede fluir por las pendientes del volcán. “Las erupciones volcánicas de este tipo son poco explosivas, debido a que el contenido de gases del magma es bajo”. (Le Pennec, y otros, 2005)

Los flujos de lava pueden viajar ladera abajo desde unos pocos hasta varias decenas de kilómetros, desplazándose generalmente a bajas velocidades, del orden de decenas y raramente de centenas de metros por hora; estableciendo que la distancia y velocidad de los flujos dependerá de las características del material expulsado además de factores como



pendiente y topografía por donde es vertida la lava así como la forma y estructura del edificio volcánico.

**Peligros:** los flujos de lava destruyen completamente todo lo que encuentran a su paso debido a las altas temperaturas, pero raramente representan una amenaza para la vida de las personas; esto debido al desplazamiento lento y a la posibilidad de predecir con bastante aproximación la dirección de su movimiento.

Dentro de los principales riesgos tenemos:

- La intrusión de los flujos de lava en depósitos de nieve o hielo puede generar crecientes de gran magnitud y en depósitos de agua superficial una ebullición violenta dando lugar a explosiones con desprendimientos de roca fundida.
- La destrucción de un domo puede causar flujos y caída de piroclásticos.
- La trituración, incendio de zonas de bosque y cultivos, dichos incendios además pueden afectar áreas alejadas de los límites de flujo.
- Pueden causar la destrucción total de obras de infraestructura que se encuentren a su paso como por ejemplo carreteras.
- Las zonas que llegan a ser cubiertas por lavas no pueden aprovecharse ni cultivarse por muchos años; mencionando que la meteorización transforma gradualmente la lava solidificada en suelos ricos en minerales haciéndoles más fértiles; el terreno puede durar mucho tiempo en recuperarse.

Es importante mencionar que debido a la velocidad lenta en la mayoría de los casos de los flujos de lava permite a las personas y animales alcanzar sitios seguros a través de un proceso de evacuación previamente planificado.

Dentro de la caracterización del volcán Tungurahua los “flujos de lava han sido un fenómeno frecuente en la historia reciente del volcán. Se estima que alrededor de 17 flujos de lava llegaron al pie del edificio en los últimos 3000 años”. (Le Penneec, y otros, 2005)

### **Figura 21**

*Flujo de lava erupción de 1773*



**Fuente:** Tomado de Le Penneec, y otros (2005). Sector de Juive Chico – La Pampa.

Dada la morfología actual del cráter (con su parte noroccidental 200 m más baja que los otros bordes), se espera que los futuros flujos de lava se dirijan preferencialmente hacia el flanco occidental y noroccidental del volcán, que comprenden las áreas entre Juive Grande y Cusua; siendo la única protección efectiva la evacuación de las personas y animales horas o días antes de la llegada del flujo. Hay que anotar además que, en volcanes con pendientes muy importantes como el Tungurahua, el frente de un flujo (o un domo) de lava puede volverse inestable y colapsar generando pequeños flujos piroclásticos de bloques y ceniza que descenderían por los flancos pendientes abajo del frente del flujo de lava. (Le Penneec, y otros, 2005)

## Figura 22

*Flujo de lava 10 abril del 2014*



Nota. Descenso de lava por el flanco noroeste.

Fuente: P. Ramón OVT / IG (2014).

### 2.4.5 Lahares (*flujos de lodo y escombros*)

Los lahares son mezclas de materiales volcánicos (rocas, pómez, arena), arrastrados por el agua proveniente de la fusión del casquete glaciar, de la ruptura de un lago ubicado en un cráter o de fuertes lluvias. Estos flujos se mueven ladera abajo por la fuerza de la gravedad, a grandes velocidades (hasta 100 km/h) y siguiendo los drenajes existentes.

Los lahares se forman cuando masas sueltas de escombros no consolidados, tales como ceniza depositada en los flancos de un volcán, depósitos glaciares, escombros de flujos piroclásticos y de avalanchas de roca, se saturan de agua y comienzan a moverse. El tamaño del material movilizado por estos flujos es muy variable, pudiendo ser desde arcilla o arena hasta bloques de varios metros de diámetro. En el caso del Tungurahua, el agua puede provenir de la lluvia o de la fusión de la nieve o hielo del casquete glaciar. (Le Pennec, y otros, 2005)

Los estratovolcanes como es el caso del Tungurahua, debido a su estructura de costados empinados poco consolidados son escenarios principales para generar un lahar con la acción eruptiva o térmica a causa del deshielo de las cumbres cubiertas por nieve,

además de la expulsión súbita de cuerpos de agua ubicados en el cráter, represas formadas por flujos de lava, actividad freatomagmática y las intensas lluvias; cuyos flujos varían de tamaño dependiendo de las condiciones de la zona, desplazándose a grandes velocidades alcanzando distancias importantes y generando efectos destructivos.

**Peligros.-** La peligrosidad de estos fenómenos está determinada por el volumen de agua, el tamaño y cantidad de los materiales sueltos, de la gradiente de terreno o pendientes, del encañonamiento de los valles, drenajes; así como la viscosidad del flujo.

Se menciona que la generación de lahares también están considerados entre los fenómenos volcánicos más peligros y para poder establecer un escenario de riesgo que afecte la parte baja, se realizan estudios de eventos pasados, basados en la densidad, la fluidez, la extensión, la frecuencia, la velocidad de descarga, las condiciones de los flujos, los niveles de inundación, teniendo presente que la profundidad y el ancho de descarga puede variar a lo largo de su trayectoria debido a la forma del cauce, el tamaño del material suelto y la relación agua – sedimentos.

Se establece los principales peligros:

- La velocidad y densidad de los lahares pueden mover y arrastrar objetos de gran tamaño y peso, tales como puentes, edificaciones, vehículos, grandes árboles, etc.
- Los suelos, la vegetación y los campos cultivados que se encuentren a su paso serán removidos, destruidos o seriamente afectados.
- Pueden enterrar profundamente obras de infraestructuras y campos dedicados a la agricultura.

- El depósito de los materiales sueltos en las partes bajas rellenan los canales de los ríos disminuyendo su drenaje; además provocan inundaciones.
- Son una gran amenaza para la vida de las personas, las mismas que al ser alcanzadas por un flujo tienen muy pocas posibilidades de sobrevivir, debido a que arrastran todo lo que encuentren en su camino; además depositan materiales sueltos muy profundos, blandos y calientes imposibles de cruzarlos, por lo cual, durante un evento volcánico se recomienda a la población que evite el fondo de las quebradas que bajan del volcán; es así que existe sistemas de monitoreo de lahares que permite a las autoridades dar una alerta temprana a la población con la finalidad de que se alejen de las zonas peligrosas; mencionando que en el volcán Tungurahua los sectores de la Pampa y Vazcún son constantemente monitoreados.

En el volcán Tungurahua “históricamente ha sido frecuente la presencia de este evento peligroso especialmente en los valles de Ulba, Vazcún, así como en los drenajes del flanco occidental y en el río Puela al sur y suroccidente del volcán”. (Le Penneç, y otros, 2005)

Se describe los eventos históricos más relevantes del pasado eruptivo del volcán Tungurahua:

- Durante la erupción de 1918 el valle de Ulba fue afectado por un flujo de escombros producto de la fusión del glaciar existente en la cumbre y a la mezcla de material piroclástico con agua proveniente del río Ulba:

El torrente de lodo ha debido tener una consistencia muy espesa, por los bancos de tierra que dejó en los lugares algo planos y horizontales, y así

en el valle superior del Ulva, pude ver después, depósitos de más de 10 metros de espesor, y ya cerca de la desembocadura en el Pastaza, fue cubierta por el lodo, una piedra muy conocida por mí, que media más de 4 metros de alto. Me parece inútil decir que desapareció en lo absoluto toda la vegetación que crecía a lo largo del valle, hasta considerable altura. (Martínez, 1932)

- En el presente período eruptivo (iniciado en 1999 y que continua hasta la fecha septiembre 2005) se han producido innumerables flujos de lodo en las quebradas del flanco occidental del volcán, así como en la quebrada de La Pampa del flanco noroccidental. Estos flujos de pequeño tamaño son el resultado de la re movilización del material volcánico depositado en los flancos superiores del edificio, por la acción del agua proveniente de las lluvias. (Le Penec, y otros, 2005)

### **Figura 23**

*Lahar quebrada Ashupallal*



**Fuente:** Tomado de últimas noticias 10/04/2014

#### **2.4.6 *Avalancha de escombros***

Las avalanchas de escombros son grandes deslizamientos que pueden ocurrir en un sector de un volcán, producidos por la inestabilidad de los flancos del mismo.

Este tipo de fenómenos puede deberse al ascenso de gran cantidad de magma en el edificio volcánico, a un sismo de gran magnitud en las cercanías del volcán, o al debilitamiento de la estructura del volcán, inducida por ejemplo por la alteración hidrotermal; este tipo de inestabilidad se ve favorecida cuando la altura del edificio volcánico llega a más de 3200 m sobre su basamento; además el colapso del edificio puede estar acompañado y seguido por actividad magmática, dado que este gran deslizamiento puede destapar súbitamente el conducto volcánico y generar explosiones de extrema violencia (“blast”) que producen flujos piroclásticos de gran magnitud y alto poder destructivo. (Le Pennec, y otros, 2005)

El resultado de una avalancha de escombros es la formación de un anfiteatro de tamaño variable (caldera de avalancha como la del volcán Guagua Pichincha o de El Reventador); los depósitos cubren áreas de considerable extensión (10 -1000 km<sup>2</sup>) con un manto de escombros y arrasan con todo lo que encuentren a su paso. “La mayoría de estratovolcanes han sufrido, al menos una vez durante su historia geológica, un evento de este tipo, sin embargo, se debe recalcar que son eventos muy infrecuentes en el tiempo (aproximadamente un evento cada varios miles de años o más)”. (Le Pennec, y otros, 2005)

**Peligros.-** Este tipo de fenómeno está caracterizado por ser muy rápido y móvil razón por la que alcanzan enormes distancias, cuyo impulso dado por la elevación de los estratovolcanes o conos compuestos permite sobrepasar niveles topográficos de muchos

metros de altura, constituyendo movimientos de masa pequeños o muy voluminosos, inclusive un colapso parcial del edificio volcánico, cuya inestabilidad generadora de superficies deslizables se debe a la presión de los gases volcánicos en el interior, sismos o terremotos, sobrecarga o alteración de las rocas por acción hidrotermal, instrucciones del magma, erupción y fracturación.

Se indica los peligros asociados a este fenómeno:

- Las grandes avalanchas pueden producir una abrupta caída en la presión litostática que mantienen confinados a los sistemas magmáticos e hidrotermal, lo cual puede a su vez generar explosiones que varían desde explosiones freáticas menores hasta las grandes explosiones dirigidas.
- Las pequeñas avalanchas producen brechas de bloques que pueden represar los ríos momentáneamente.
- Pueden generar lahares y crecientes, por desagüe o represamiento.
- Alteran o cambian la topografía preexistente.
- Entierran y destruyen todo lo que se encuentra a su paso como infraestructura, sembríos; etc.
- Las personas tiene pocas posibilidades de sobrevivir, por esta razón, se recomienda la evacuación de las zonas potencialmente afectadas, si la información científica señala la posibilidad de ocurrencia de un evento de estas características en un futuro cercano.

En los procesos históricos eruptivos del volcán Tungurahua, este tipo de fenómeno ha ocurrido al menos en dos ocasiones; la última vez, hace 3100 años, donde un cono anterior al edificio volcánico actual fue en gran parte destruido por un evento de este tipo,



cuyos depósitos de esta avalancha rellenaron parcialmente los valles del río Chambo, alcanzando distancias de hasta 15 a 20 km desde la cumbre del volcán y alturas de hasta 400 metros sobre el nivel actual de los ríos (sector de Cotaló).

Por otra parte las pequeñas avalanchas también han sido frecuentes durante los últimos milenios hasta inclusive el período histórico. Así, se ha identificado que la destrucción del borde del cráter ocurrió en los siglos sexto y séptimo d.C., así como también en 1640 y 1886 d.C.

## 2.5 Estilos de Actividad Histórica Eruptiva del Tungurahua

El Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional (2008), establece que en base al conocimiento de la actividad eruptiva reciente del Tungurahua, tomando como base los índices de explosividad volcánica (VEI), el volcán a experimentado diferentes estilos eruptivos, detallados a continuación:

**Tabla 14**

*Estilos de actividad histórica eruptiva del Tungurahua*

Escenarios	VEI	Descripción	Eventos
I	1 - 2*	Ocurrencia de explosiones pequeñas a moderadas que emiten bloques y bombas volcánicas hacia los flancos superiores del cono e importantes caídas de ceniza en los alrededores del volcán.	Período eruptivo (1999 – 2008)
II	2 - 3	Eventos explosivos de tamaño moderado caracterizados por una mayor tasa de extrusión de magma, erupciones más explosivas, ocurrencia de flujos piroclásticos en los flancos del volcán y la distribución de ceniza a nivel regional.	Erupciones pasadas de 1773 y 1918. Eventos explosivos del 14 de Julio y 16 de Agosto del 2006.
III	$\geq 4$	Eventos explosivos de tamaño grande caracterizados por erupciones altamente explosivas que generan flujos piroclásticos extremadamente móviles asociados al colapso de la columna eruptiva y explosiones dirigidas.	Erupciones de 1640 y 1886.

**Fuente:** Datos tomados del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## **2.6 Peligros Potenciales del Volcán Tungurahua**

Los trabajos de investigación técnico – científico, el levantamiento y análisis de información espacial, realizados por el Instituto Geofísico de Escuela Politécnica Nacional, en base al comportamiento, tipo, estilos y características eruptivas de los períodos de actividad histórica – reciente del Tungurahua han permitido que se establezca posibles escenarios de riesgos y mediante la representación cartográfica visualizar la superficie de terreno que puede ser afectados por productos volcánicos potenciales.

De esta manera con el objetivo de precautelar la seguridad de las poblaciones, nos presenta un mapa de los peligros potenciales del volcán Tungurahua, donde se establecen y delimitan tres zonas de peligro: zonas de mayor peligro, zonas de peligro intermedio y zonas de menor peligro; de acuerdo al tipo de fenómeno volcánico. **(VER ANEXO)**

**Zona de mayor peligro.-** Corresponde a la zona que tiene una alta posibilidad de ser afectada por flujos piroclásticos, flujos de lava y/o lahares en caso de que ocurra una erupción pequeña a moderada (VEI = 2-3); esta zona ha sido afectada por tales flujos en erupciones acaecidas durante la época histórica y fue recientemente afectada por flujos y oleadas piroclásticas durante la erupción del 16 de Agosto de 2006 (VEI = 3) o las erupciones explosivas de 1918. Esta zona fue delimitada en base al mapeo de los eventos históricos característicos así como de la aplicación de la relación H/L de 0.36. La recurrencia de este tipo de erupción es del orden de un evento cada siglo. Dentro de ésta zona se encuentran los valles de Ulba y Vazcún al norte y el flanco occidental del volcán, desde Juive Grande al Nor-Occidente hasta la Quebrada Mapayacu al Sur-Occidente. En esta zona se encuentran las poblaciones de El Salado, Juive Grande, Cusúa, Chacauco, Bilbao, Yuibug, Choglontus, Pungal de Puela y Palitahua.

***Zona de peligro intermedio.***- Zona que puede ser afectada por flujos piroclásticos, flujos de lava y/o lahares y corresponde a la zona de transición entre el escenario precedente (VEI = 2-3) y el escenario posterior (VEI  $\geq$  4). Esta zona fue delimitada en base al mapeo de los eventos históricos así como de la aplicación de la relación H/L con un valor de 0.36 y una altura del colapso de 500 m sobre el nivel del cráter. A más de las poblaciones mencionadas anteriormente, en esta zona se encuentran las planadas de Runtún y Pondoá, la parte oriental de la ciudad de Baños en el flanco Norte, y la población de Puela en el flanco Sur-Occidental.

***Zona de menor peligro.***- Puede ser afectada por flujos piroclásticos, flujos de lava y/o lahares en caso de que ocurra una erupción grande (VEI  $\geq$  4); esta zona ha sido afectada por flujos piroclásticos mucho más móviles como fue el caso de las erupciones históricas de 1640 y 1886; además la zona fue delimitada en base al mapeo de los eventos históricos característicos, así como de la aplicación de la relación H/L con un valor de 0.30 y una altura del colapso de 500 m sobre el nivel del cráter. La recurrencia de este tipo de erupción es del orden de un evento cada mil años; A más de las poblaciones mencionadas anteriormente, se encuentran en esta zona las poblaciones de Puñapí, Cotaló, Pillate, El Altar.

## **2.7 Metodología de Valoración de Tierras Rurales MAGAP – SIGAGRO<sup>1</sup>**

### **2.7.1 Susceptibilidad a Peligro Volcánico**

La susceptibilidad a peligros volcánicos se define como fenómenos potencialmente perjudiciales que pueden suceder durante una erupción volcánica en un determinado sector geográfico; mencionando que nuestro país consta de un conjunto de estratovolcanes potencialmente activos a lo largo del territorio que a través de sus procesos de actividad eruptiva han afectado a las poblaciones ubicadas en las cercanías de los volcanes, aumentando la posibilidad de que sufran daño tanto en la seguridad de las personas, en el desarrollo de distintas actividades constituidas como medios de vida; así como la infraestructura construida en las zonas de influencia, consideradas de alto riesgo; señalando como ejemplo la afectación de los poblados cercanos al volcán Tungurahua que durante los eventos eruptivos ocurridos los días 14 y 16 de Agosto del 2006, dejaron lamentables pérdidas humanas, materiales y cuantiosos daños en el sector agrícola, ganadero, avícola, florícola y actividades de comercio y de turismo.

Es así que surge la importancia de contar con mapas especializados que muestren la susceptibilidad de un determinado territorio geográfico a los peligros presentados por los volcanes; cuya construcción de un mapa de susceptibilidad a peligros volcánicos sirva como herramienta para reducir el nivel de afectación en las poblaciones, mediante la implementación de medidas y políticas de ordenamiento territorial, orientados a suavizar los efectos de una potencial erupción volcánica en dicha zona y así lograr estimar las pérdidas ocasionadas.

---

<sup>1</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2008). Metodología de Valoración de Tierras Rurales – Peligro Volcánico, pág. 133

El alcance de las zonas que podrían ser afectadas en caso de una erupción volcánica se toma como una referencia y no tiene precisión absoluta, cuyos límites se definen considerando el comportamiento de erupciones anteriores y la presencia de depósitos volcánicos preservados hasta la actualidad.

El material volcánico emitido por un volcán, se asocia a varios parámetros como son: el tipo de erupción, naturaleza de la actividad efusiva que determinan la formación de diversos productos volcánicos, a los cuales se los puede agrupar según su origen en principales y secundarios.

Los productos volcánicos primarios son los asociados directamente a la erupción volcánica y demás procesos implicados; los mismos son los llamados piroclastos que pueden ser: Ceniza, bloques, bombas, escorias y pómez; también existen diversos tipos de flujos como lava, flujos de lodo, lahares (flujos de lodo y escombros) y nubes ardientes.

Los productos volcánicos secundarios son aquellos que se generan paralelamente o después de una erupción, cuando materiales como lapilli, la ceniza y los bloques que se han depositado, son reactivados posteriormente por factores externos al volcán, como lluvia o deslizamientos.

Para el caso de los flujos de lodo y escombros secundarios, se realiza un modelo del comportamiento de estos fenómenos a partir de datos y cálculos que han tomado en cuenta las condiciones físicas y de depositación de los materiales involucrados.

Es así que el estudio de los materiales expulsados por erupciones pasadas permite reconstruir la historia de los volcanes, conocer cómo fue la erupción y cuáles las zonas afectadas e interpretar como sería una erupción futura; siendo esta la base para la elaboración de mapas de peligrosidad volcánica y la determinación de los tiempos de recurrencia de un volcán.

Para la definición del modelo, en lo correspondiente a la interacción de las diferentes variables seleccionadas (Caída de ceniza, Flujos volcánicos), se usó la siguiente ecuación:

$$Sv = \text{capa de Caída de Ceniza} + \text{capa de Flujos Volcánicos}$$

**Dónde:**

- Sv= susceptibilidad
- Las capas de cada variable se obtienen a partir de la clasificación de cada peligro.
- El modelo que se obtiene a partir de la ecuación es reclasificado en rangos de importancia, asignándole una valoración desde nula o muy baja hasta muy alta susceptibilidad.

**Metodología**

El método seleccionado es el heurístico de tipo explícito donde los factores de análisis se combinan mediante el uso de puntajes ponderados que se asignan a cada uno y la suma de ellos define zonas de diferente nivel de susceptibilidad; específicamente se usó la técnica de combinación cualitativa de mapas para lo cual se generaron diferentes capas.

La valoración de los fenómenos volcánicos es un análisis espacial con ponderación, en el cual son manipuladas las capas de las variables utilizadas, se les adhiere un campo que muestra la ponderación asignada a este factor, según su influencia para que sea más susceptible al fenómeno de volcánico un determinado espacio geográfico que otro.

Se agrupa los peligros volcánicos de acuerdo a la cartografía existente; información espacial sobre: tipo, flujos, caída de cenizas, material, descripción y grado que presenta el

peligro asociado a un determinado volcán; a esta información se la agrupa en dos grandes tipos de peligros en base a su afectación en la superficie: Flujos y Caída de ceniza.

Para la generación de las capas se recurrió a la siguiente metodología:

1. Recopilación y digitalización de la información cartográfica en formato analógico de Peligros Volcánicos Potenciales, publicada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y el Instituto Geográfico Militar (IGPN - IGM).
2. La reclasificación de las capas de peligros volcánicos por flujos en base a la siguiente tabla:

**Tabla 15**

*Reclasificación de Susceptibilidad a Peligros Volcánicos por Flujos*

<b>Tipo</b>	<b>Material</b>	<b>Grado</b>	<b>Clase</b>
<b>FLUJOS</b>	Flujos piroclásticos, domos y lahares	Alto	3
	Flujos piroclásticos, lavas y/o lahares	Alto	3
		Bajo	3
	Flujos piroclásticos y lahares	Alto	3
	Flujos piroclásticos y lava	Alto	3
		Bajo	2
	Flujos piroclásticos	Alto	3
		Bajo	2
	Lahares, flujos de lodo	Alto	3
		Bajo	2
	Lahares	Alto	3
		Bajo	2
	Flujos de lodo	Alto	2
		Bajo	1

Sin Peligro por flujos	No aplica	0
------------------------	-----------	---

**Fuente:** Tomado de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2008).  
**Elaborado por:** Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

3. La información del peligro volcánico por caída de ceniza es reclasificada en base al siguiente cuadro:

Tabla 16

*Reclasificación de susceptibilidad por caída de ceniza*

Tipo	Material	Grado	Clase
CENIZA	Caída de ceniza	Alto	2
		Bajo	1
	Sin peligro por caída de ceniza	No aplica	0

**Fuente:** Tomado del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2008).  
**Elaborado por:** Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

4. A partir de la ponderación y reclasificación obtenida en los cuadros de las capas de flujos y ceniza, se realiza el cruzamiento espacial entre las capas digitalizadas: Flujos Volcánicos y Caída de Ceniza para la obtención de una capa única de susceptibilidad a peligros volcánicos.
5. Una vez obtenida esta capa, y con el fin de evaluar la información dentro del sistema de valoración de tierras, se aplica el análisis de la siguiente matriz:

**Tabla 17**

*Matriz de combinación de las capas “Flujos Piroclásticos con Caída de Ceniza”*

CLASE	Clase de Flujos Volcánicos			
Caída de Ceniza	0	1	2	3
0	0	1	2	2
1	1	2	2	3



**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

6. La capa vector resultante de Peligros Volcánicos es sometida a edición de polígonos sobrepuestos para estructurar la base de datos definitiva.
7. Para la estructuración de la base de datos definitiva, se denomina por grado (valor asignado) al valor obtenido en la matriz de combinación en base el siguiente cuadro:

**Tabla 18**

*Zonas y Grados de la Susceptibilidad a Peligros Volcánicos*

Indicador	Grado
Sin	0
Baja	1
Media	2
Alta	3

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

8. A partir de este mapa se define la Susceptibilidad a Peligros Volcánicos de un determinado lugar geográfico, a este mapa se lo superpone sobre la capa de límite cantonal y obtenemos la capa de susceptibilidad a peligros volcánicos del área de estudio.

A continuación se hace una descripción general de los grados de susceptibilidad a peligros volcánicos:

- **Zonas con susceptibilidad alta.** Zonas con probabilidad alta de recibir: flujos de lodo, flujos piroclásticos, flujos de lava y lahares, así como la mayor probabilidad de caída de ceniza en alto o bajo grado.

- **Zonas con susceptibilidad media.** Zonas que tienen una probabilidad alta y baja de recibir tanto: flujos de lodo, flujos piroclásticos, flujos de lava y lahares, así como pueden o no recibir caída de ceniza.
- **Zonas con susceptibilidad baja.** Zonas que tienen una probabilidad baja a recibir flujos de lodo, y/o caída de ceniza.
- **Zonas sin susceptibilidad.** Zonas que no tienen ningún tipo de probabilidad a recibir cualquiera de los fenómenos mencionados anteriormente.

## 2.8 Caracterización Físico - Territorial de la Parroquia Rural de Cotaló

### 2.8.1 Ubicación Geográfica

La parroquia rural de Cotaló constituye una de las ocho parroquias rurales del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua, ubicada al el sur del cantón y presenta las siguientes características:

<b>Superficie:</b>	43,9 km <sup>2</sup> aproximadamente
<b>Temperatura:</b>	15 °C – 24 °C
<b>Altura</b>	2500 msnm
<b>Coordenadas</b>	<b>UTM Datum WGS-84 Zona 17S</b>
<b>Longitud</b>	776868,88
<b>Latitud</b>	9841686,14

Centro Parroquial

La distancia correspondiente desde el centro político que constituye el Cantón San Pedro de Pelileo – Parroquia Cotaló es de 10 km.

### **Límites**

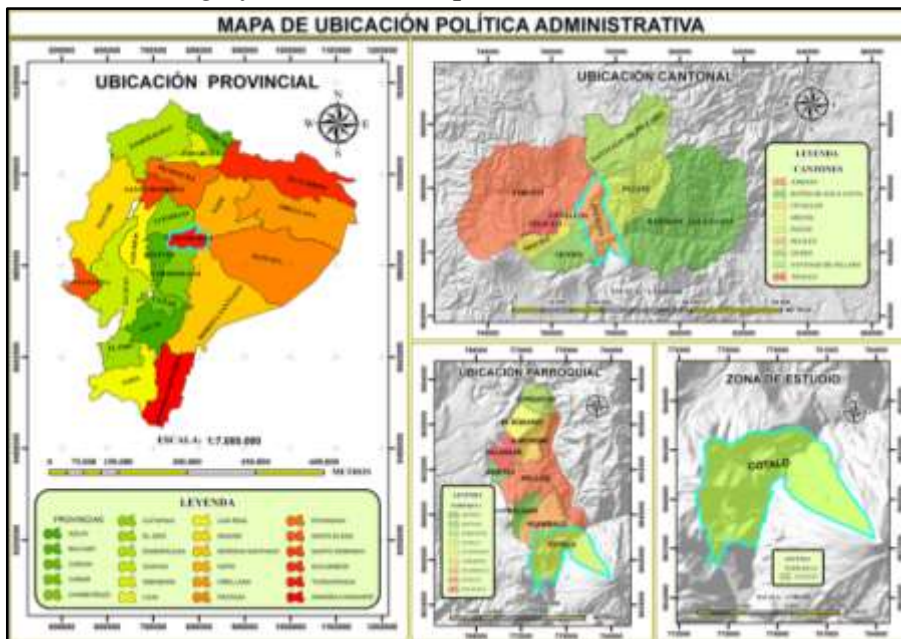
Los límites geográficos de la Parroquia Rural de Cotaló son:

- **Norte:** La parroquia de Huambaló y la Parroquia urbana de Pelileo.

- **Sur:** La Parroquia rural de Guanando del cantón Guano y Bilbao del cantón Penipe, pertenecientes a la Provincia de Chimborazo.
- **Este:** El cantón Baños
- **Oeste:** El cantón Quero y la parroquia rural de Huambaló.

## Mapa 2

### *Ubicación Geográfica de la Parroquia rural de Cotaló*



**Fuente:** Cartografía base del Instituto Geográfico Militar (2013).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

### 2.8.2 Aspectos Históricos

El término Cotaló proviene de la lengua de los Panzaleos, de los vocablos Cota que significa tope o rincón y Alo que significa pueblo; es decir que significa el pueblo del rincón o tope; cuyos asentamientos se fueron paulatinamente estableciendo con la llegada de las familias procedentes de varios lugares; siendo considerados como fundadores las familias Zurita, Mariños, Ruices, Villacreses, Freiles entre otros, personas visionarias embujados por el paisaje decidieron forjar su hábitat con

esfuerzo y sacrificio. Las primeras obras fueron las aperturas de las vías, la construcción de las viviendas en material de adobe, barro, tierra, madera y el techo de paja; retando las impotencias de los fenómenos naturales como los terremotos y el proceso eruptivo del volcán Tungurahua; colonizaron los verdes parajes y forjaron para sus futuras generaciones un territorio agrícola, ganadero, pecuario y avícola. (Silva Guano, 2015)

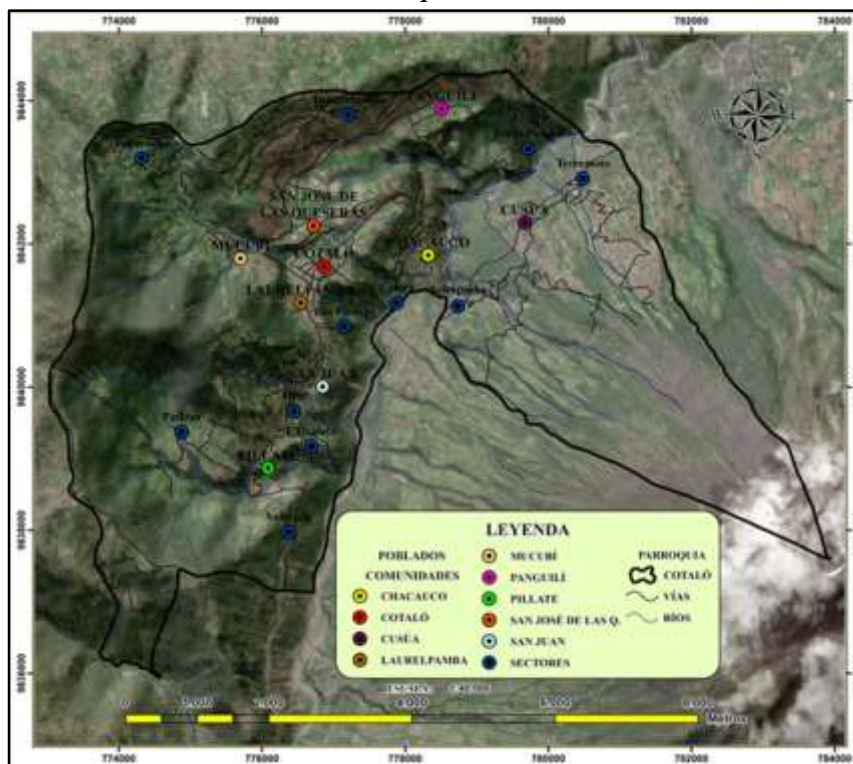
Es elevada a la categoría de parroquia rural perteneciente al cantón Pelileo el 17 de abril de 1884, bajo la ley de División Territorial; en la actualidad cuenta con símbolos parroquiales como Escudo, Bandera e Himno; además posee una arquitectura relativamente nueva debido a los movimientos sísmicos y “la actividad eruptiva del volcán Tungurahua que ha provocado que sus pobladores reconstruyan la infraestructura pública y las viviendas en reiteradas ocasiones”. (Silva Guano, 2015)

### ***2.8.3 División Aspectos Política Administrativa***

La Parroquia rural de Cotaló está constituida por nueve comunidades rurales: Píllate, San Juan, Laurelpamba, Mucubí, San José de las Queseras, Pangulí, Chacauco, Cusúa y la Cabecera Parroquial.

## Mapa 3

### División Política Administrativa de la Parroquia rural de Cotaló



**Fuente:** Cartografía base del Instituto Geográfico Militar (2013).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## 2.9 Componente Biofísico

Los aspectos biofísicos nos permiten contextualizar el espacio geográfico en términos de sus condiciones y características naturales cuya importancia radica en el papel fundamental que desempeñan en la construcción del territorio, cuyos recursos naturales están asociados a la actividad de los pobladores como el consumo, la producción, economía, procesos de desarrollo y adaptación; entre otros.

Dentro de las características físicas analizadas tenemos:

### 2.9.1 Geomorfología

Nos permite realizar una descripción de los diferentes tipos de relieve formados por la acción de distintos procesos endo y exodinámicos.

La Parroquia rural de Cotaló está ubicada en la región sierra del Ecuador, dentro del dentro del Graben Interandino cubierto por depósitos volcánicos Plio-Pleistocénicos y parte de las vertientes internas de la Cordillera Oriental, donde se encuentran los volcanes más jóvenes y activos del país. (Aspden & Litherland, 1987)

Entre los más importantes tipos de accidentes geográficos tenemos: colinas, relieves montañosos, relieves escarpados, vertientes moderadamente inclinadas, vertientes cóncavas e irregulares correspondientes al volcán Tungurahua, quebradas cubiertas de lahares y flujos piroclásticos, pocas zonas planas y terrazas producto de la actividad fluvial del río Cambo.

**Tabla 19**

*Caracterización de Geomorfología*

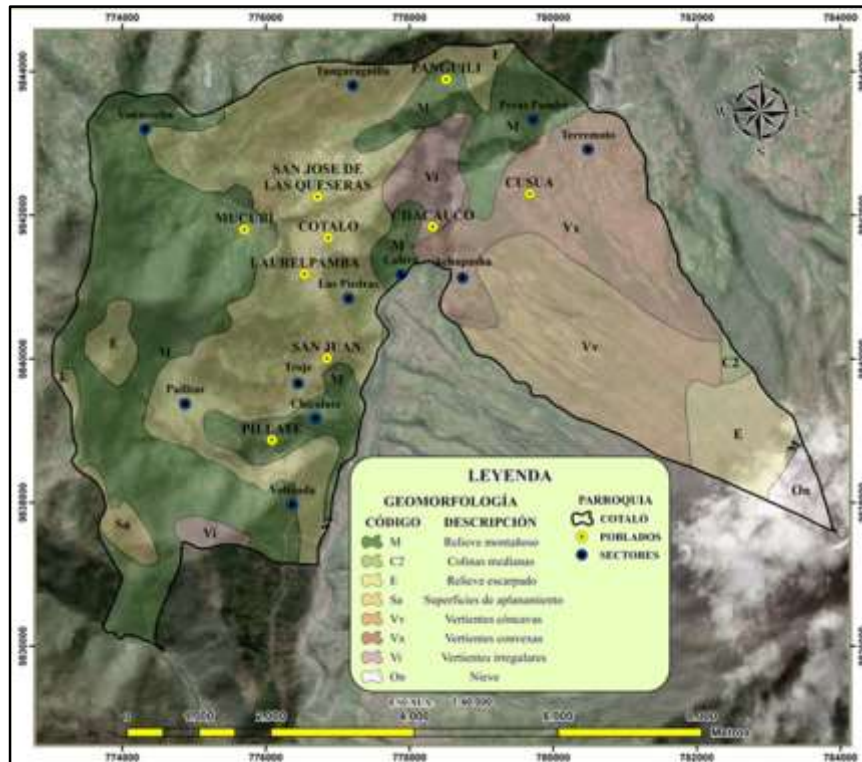
Código	Descripción	Área (ha)
Sa	Superficie de Aplanamiento	49,54
C2	Colinas Medianas	17,07
E	Relieve Escarpado	1582,56
M	Relieve Montañoso	1604,39
Vi	Vertiente Irregulares	157,5
Vv	Vertientes Cóncavas	600,28
Vx	Vertientes Convexas	586,70
On	Nieve	52,61

**Fuente:** Datos obtenidos del Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## Mapa 4

### Geomorfología de la Parroquia Cotaló



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

Además la topografía irregular está determinada por el nivel de pendiente y la altura de cada zona lo que permite el desarrollo de varias actividades agroindustriales y agropecuarias con y sin limitaciones, mencionando que el grado de inclinación nos permite identificar suelos accidentados e irregulares, frágiles y susceptibles a movimientos gravitacionales, la afectación a la profundidad, el límite del perfil y la capacidad de cohesión y resistencia.

A continuación se presenta la caracterización de las pendientes:

**Tabla 20**

*Clasificación de pendientes*

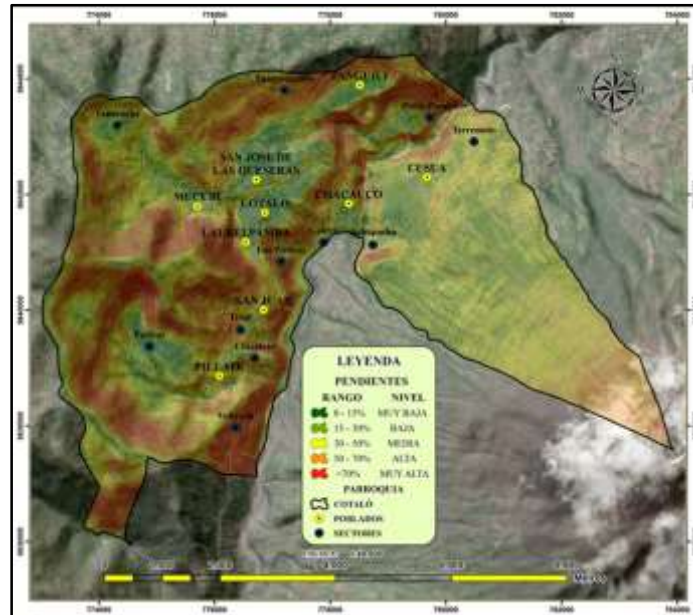
Rango (%)	Nivel	Actividades
0 – 15	Muy Bajo	Agroindustriales, agropecuarias, servicios limitados; otros
15 - 30	Bajo	Agropecuarias
30 - 50	Medio	Agropecuarias, quebradas cubiertas de lahares y flujos piroclásticos
50 - 70	Alto	Zonas amplias dedicadas a las actividades agropecuarias con presencia de maíz; también se encuentra zona con limitaciones.
> 70	Muy Alto	Bosque protector Mul Mul; Nieve.

**Fuente:** Datos obtenidos del PDOT Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**Mapa 5**

*Clasificación de pendientes de la Parroquia Cotaló*



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014); clasificación según SNGR.

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**2.9.2 Geología**

Nos permite conocer la agrupación de unidades geológicas, naturaleza, edades, estructuras y su comportamiento; permitiéndonos hacer un análisis y establecer de estabilidad.



En Cotaló, la geología está determinada por la Cordillera de los Andes, el proceso de levantamiento y hundimiento del Graben Interandino y el proceso de erupción volcánica del Igualata y Tungurahua, que desestabilizan los flancos de la garganta formada por ambos volcanes y ocasionan deslizamientos de masa con desmoronamientos que favorecen al desencadenamiento de procesos de abarrancamiento hídrico sobre sus pendientes pronunciadas y apenas protegidas por la vegetación. (Sourdat, Winckell, & Zebrowski, 1997)

Las repetidas erupciones volcánicas del Tungurahua han producido emisión de lahares, escombros, flujos piroclásticos y derrames de lava, que han dado lugar a diversos tipos de material rocoso como andesitas, basalto, toba, filita, aglomerados, biotita, y procesos fluviales a la formación de depósitos aluviales, entre otros. Aflorando actualmente como recubrimientos de terrazas o en coladas de represas en el fondo de la garganta, que provocan rellenos fluviolacustres por aluvionamiento río arriba. (Sourdat, Winckell, & Zebrowski, 1997)

La estratigrafía puede ser descrita por la historia geológica de los períodos que presenta la zona de estudio:

**Cuaternario.-** Relacionado con depósitos de materiales de tipo volcánico que están ligados a procesos de actividad volcánica del volcán Tungurahua, Puñalica cuyos materiales están constituidos por ceniza, lavas basálticas, tobas, lavas andesíticas, flujos piroclásticos y flujos laharíticos, de igual manera se encuentra depósitos de tipo fluvial y la formación de terrazas especialmente a lo largo del río Chambo. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

**Terciario.-** Se presenta la formación Pisayambo la cual está directamente relacionada con depósitos de lavas andesíticas y material conglomerático, los depósitos

también están relacionados con las actividades de los volcanes Igualata, Sagatoa, especialmente con materiales de lavas andesíticas piroxénicas y la presencia de tobas.

(GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

**Tabla 21**

*Geología de la Parroquia Cotaló*

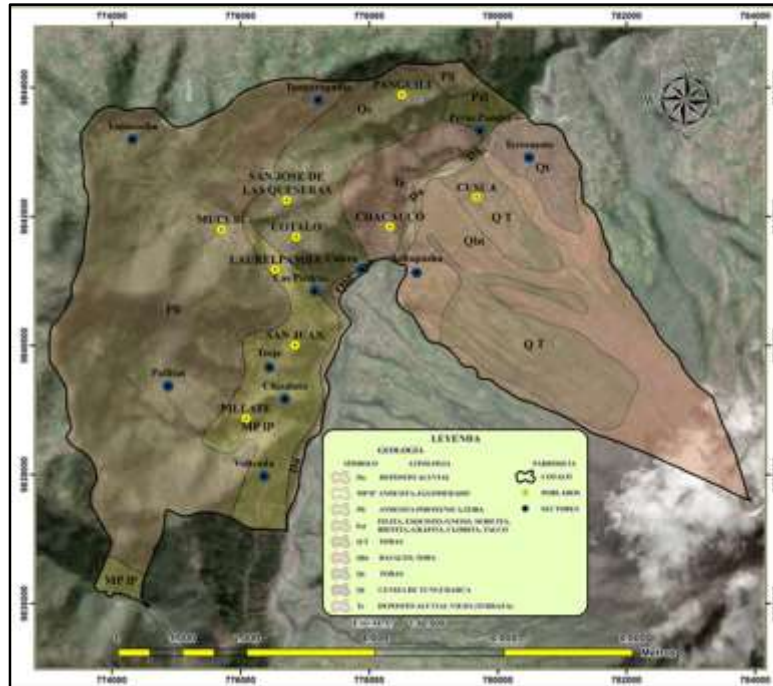
<b>Código</b>	<b>Litología</b>	<b>Formación</b>	<b>Edad</b>
Da	Depósito Aluvial	-	Cuaternaria
MP I P	Andesita, Aglomerado	Volcánicos Pisayambo	Mio - plioceno
Pli	Andesita, Piroxenica, Toba	Volcánicas del Igualata, Mulmul, Huisla, Chiquicham, Sagoatoa	Terciario
Pzl	Filita, Esquisto, Sericita, Biotita, Clorita, Talco	Gneiss, Grafita, Serie Llanganates	Paleozoico
QT	Basalto, Toba	Lavas de Tungurahua, rocas Basálticas del Tungurahua, Puñalica y Calpi	Cuaternaria
QT	Ceniza de Tungurahua	Ceniza de Tungurahua	Cuaternaria
Q T	Tobas	Ceniza de Tungurahua	Cuaternaria
Qc	Tobas	Cangagua	Cuaternaria
Te	Depósito Aluvial Viejo (Terraza)	-	Cuaternaria

**Fuente:** Datos obtenidos del PDOT Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## Mapa 6

### Geológico - Litológico de la Parroquia Cotaló



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

### 2.9.3 Hidrografía

La Parroquia de Cotaló se encuentra asentada sobre la cuenca del Pastaza, Subcuenca del río Chambo y la microcuenca de drenajes menores cerca de la confluencia del río Patate y río Chambo, ubicados al pie del volcán Tungurahua en el sector Oriental de la Cordillera Central de los Andes. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

Los principales drenajes que mantienen escorrentía están conformados por las quebradas:

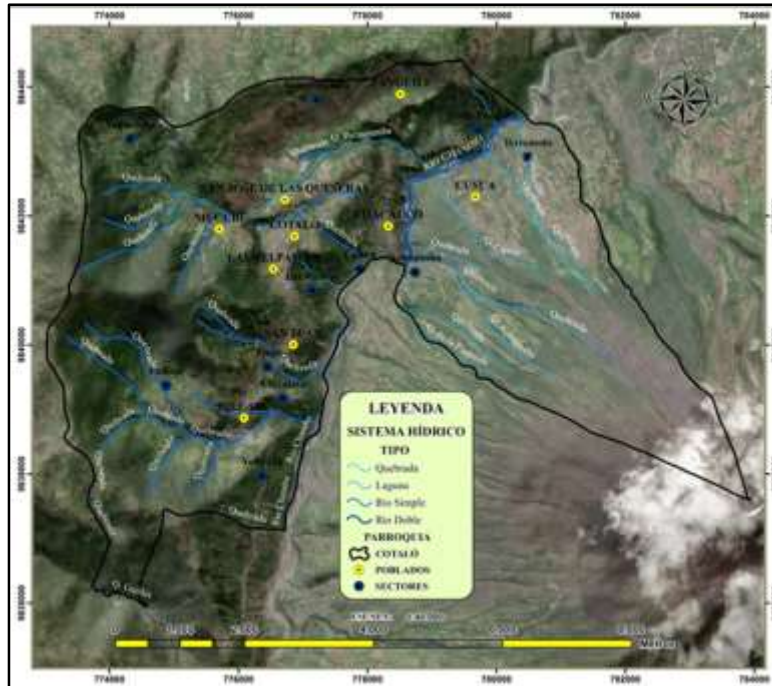
- Las Queseras, considerada una de las más representativas debido a su superficie.
- Santo Domingo, también establecida entre las más importantes del sector.
- Mandur

- Cusúa
- Achupallal
- Alto Perul
- Calera Mulaló
- Loma Cordón Palma
- La Hacienda
- Palma Urcu
- Loma Achupalla
- La Curilla

El caudal de los drenajes es constante a lo largo del año; beneficiando a los habitantes de las comunidades que utilizan el agua para fines de riego; entre ellos también se mencionan vertientes como: Chontapamba, Mulaló, Quilluyacu, Peraspamba; entre otros.

### **Mapa 7**

*Sistema Hidrológico de la Parroquia Cotaló*



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).  
 Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

#### 2.9.4 Factores Climáticos

Los factores climáticos como temperatura, humedad y precipitación están influenciados por la altitud y accidentes orográficos característicos de la región interandina:

**Precipitación.** La precipitación media anual es variable y depende del tipo de clima en el que se encuentre; por lo general oscilan entre los 800 a 1500 mm.

**Temperatura.** La temperatura media varía de acuerdo a la altura y tipos de clima, fluctuando entre los 18°C y -8°C ubicados siempre entre los 3000 metros de altura que corresponden al volcán Tungurahua.

**Humedad.** Presenta valores muy bajos caracterizados entre 4 y 7 meses secos y varía de acuerdo a cada piso climático.

**Pisos Climáticos.** Presenta tres tipos de climas diferentes:

**Tropical Megatérmico Húmedo.** Con un máximo lluvioso de 2000 mm, una marcada estación seca, una humedad relativa del 90% y una temperatura entre 15°C y 24°C.

**Ecuatorial Mesotérmico Semi – Húmedo.** Dos picos pluviométricos de 500 y 200 mm, una estación relativamente seca, la humedad relativa varía entre 65 y 85% y la temperatura fluctúa entre 10°C y 20°C.

**Ecuatorial de Alta Montaña.** Se ubica a 3000 m de altura con dos picos pluviométricos de 1000 y 2000 m, la humedad relativa es casi siempre mayor al 80% y su temperatura media es variada en ocasiones sobrepasa los 20°C o pueden llegar a ser inferiores a 0°C.

### 2.9.5 Suelos

El orden de los suelos que encontramos dentro de la parroquia Cotaló corresponden a los Inceptisoles y los Entisoles, los mismos que se describen en base a los subgrupos más importantes.

**Tabla 22**

*Matriz de Orden de los Suelos*

CÓDIGO	ORDEN	SUB-ORDEN	DESCRIPCIÓN	AREA (ha)
Dfy	-	-	-	452,65
Dn	INCEPTISOLES	ANDEPTS	Suelo pseudo limoso o pseudo limo-arenoso, muy negro con retención de agua 20 a 50% a pF 3 sobre muestra sin desecación.	303,68
Dny	-	-	-	150,56
Jb	INCEPTISOLES	ANDEPTS	Suelo negro u oscuro, arenoso, de ceniza, arena fina menos de 0,5 mm. Horizonte superior sobre 20cm. con 1 a 3% de M.O. estructura poco granular, sin bloques	236,97
Jby	INCEPTISOLES	ANDEPTS	-	534,85
Jbz	INCEPTISOLES	ANDEPTS	-	215,12
Jc	INCEPTISOLES	ANDEPTS	Suelo negro profundo, arenoso, de ceniza, arena fina y media, con mucha M.O. en el horizonte	20,98

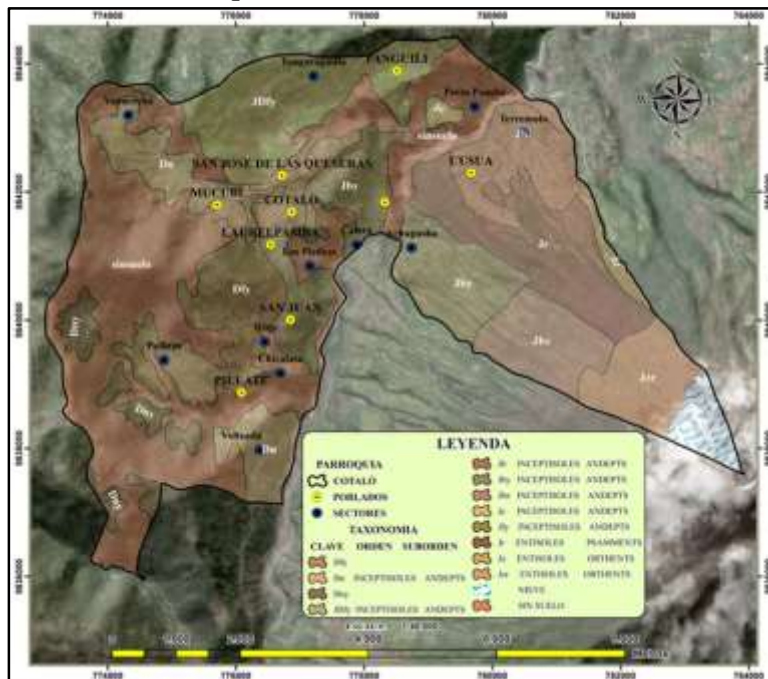
CÓDIGO	ORDEN	SUB-ORDEN	DESCRIPCIÓN	AREA (ha)
			superior de 0 a 20 cm, estructura granular, saturación de cationes menos de 50%.	
JDfy	INCEPTISOLES	ANDEPTS	-	443,31
Jfy	INCEPTISOLES	ANDEPTS	Suelo negro profundo arenoso, arena fina o media con mucha M.O. en el horizonte superior de 0 a 25 un poco suave, estructura granular, epipedon úmbrico, arenoso mezclado con muchas gravas de pómez más de 35%	4,94
Jr	ENTISOLES	PSAMMENTS	Suelo de ceniza arenoso profundo, arena media a gruesa más de 0,5 mm. Menos de 2 mm. Se puede ver micelio de carbonato pH agua más de 8 y pH KCl más de 7	396,89
Jz	ENTISOLES	ORTHENTS	Suelo completamente erosionado por el viento con afloramiento de una capa de pómez gruesa, muy poco meteorizada, en algunos lugares testigos de suelos negros	36,01
Jzr	ENTISOLES	ORTHENTS	Idem Jz pero mezclado de gravas y piedras duras volcánicas (lavas, escoria) otros que pómez.	203,41
NIEVE	NIEVE	NIEVE	-	90,85
SIN SUELO	SIN SUELO	SIN SUELO	-	1560,44

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## Mapa 8

### Taxonomía del suelo de la Parroquia Cotaló



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

### 2.9.6 Capacidad de Uso del Suelo

El respectivo análisis nos permite determinar y zonificar las clases agrícolas con sus aptitudes y limitaciones contribuyendo en el desarrollo de la planificación del uso del suelo.

Dentro de la zona de estudio tenemos:

**Tabla 23**

#### *Capacidad de Uso de Suelos*

CLASE	SUB-CLASE	DESCRIPCIÓN	APTITUD DE USO	AREA (Ha)
II	II	Tierras con ligeras limitaciones o con moderadas prácticas de conservación	Aptas para agricultura, cultivos intensivos y cultivos anuales con ligeras limitaciones	18,55
II	IIs	Tierras con ligeras limitaciones o con moderadas prácticas de conservación	Aptas para agricultura, cultivos intensivos y cultivos anuales con ligeras limitaciones	31,83
IV	IV	Tierras con severas limitaciones, cultivables con métodos intensivos de manejo	Aptas para cultivos ocasionales y limitados; cuando estas tierras son cultivadas se requieren cuidadosas prácticas de manejo y conservación	199,67
IV	IVc	Tierras con severas limitaciones, cultivables con métodos intensivos de manejo	Aptas para cultivos ocasionales y limitados; cuando estas tierras son cultivadas se requieren cuidadosas prácticas de manejo y conservación	4,42
IV	IVr	Tierras con severas limitaciones, cultivables con métodos intensivos de manejo	Aptas para cultivos ocasionales y limitados; cuando estas tierras son cultivadas se requieren cuidadosas prácticas de manejo y conservación	607,48
IV	IVs	Tierras con severas limitaciones, cultivables con métodos intensivos de manejo	Aptas para cultivos ocasionales y limitados; cuando estas tierras son cultivadas se requieren cuidadosas prácticas de manejo y conservación	182,66
V	V	Tierras no cultivables con severas limitaciones de humedad	Aptas para pastos, vegetación permanente, arboladas y cobertura natural; además son tierras no arables con relieves casi planos con suelos húmedos, imperfectamente drenados, casi siempre inundados y con el nivel freático superficial.	474,49
VII	VII	Tierras no cultivables	Aptas para fines forestales, esta clase tiene limitaciones muy severas las cuales son las pendientes fuertes, la erosión y el clima desfavorable de acuerdo a las condiciones físicas de estos suelos es imposible aplicar medidas correctivas razón por la cual estos suelos no son aptos para actividades agropecuarias	1480,28
VIII	VIII	Tierras con condiciones extremas, muy erosionado, muy húmedo, frío y con afloramientos de material primario	Aptas para la conservación de vida silvestre	1560,44
NIEVE	NIEVE	Nieve	Nieve	90,85

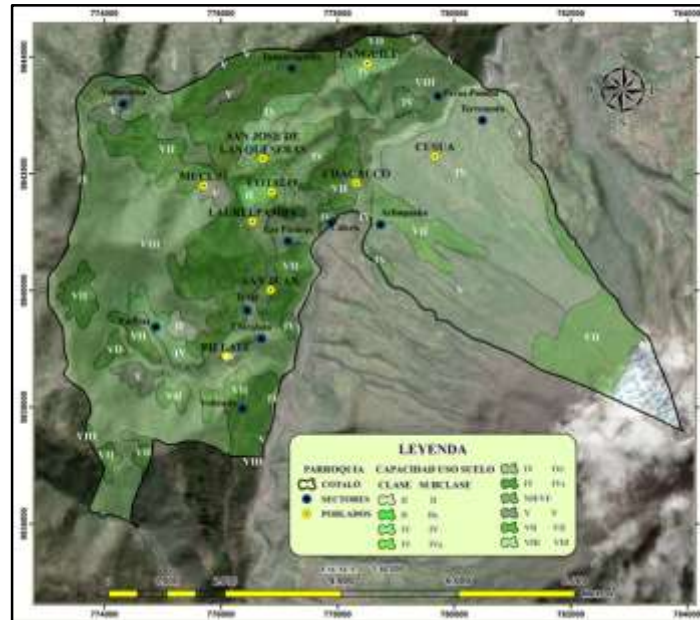
**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.



## Mapa 9

### Capacidad de uso del suelo de la Parroquia Cotaló



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

### 2.9.7 *Uso de Suelo y Cobertura Vegetal*

Nos permite describir el tipo, la densidad vegetal y el uso actual del suelo; cuyo cambio tiene una gran influencia sobre el desarrollo sostenible de la población, acompañado por cambios morfológicos y funcionales y por dinámicas de ocupación, por asentamientos humanos, crecimiento de infraestructuras, apertura de vías y el crecimiento de áreas productivas y ganaderas; etc.

La parroquia rural de Cotaló en contexto con las características biofísicas presenta diferentes tipos de cobertura y actividades de uso de suelos como: bosque natural sin intervención del ser humano, bosque plantado con presencia de plantas nativas o introducidas destinado para la actividad forestal, pasto natural con vegetación con especies nativas sin intervención humana, pasto cultivado destinado para la ganadería, vegetación natural con el desarrollo de especies vegetales naturales, vegetación arbustiva en la mezcla

de arbustos matorrales y herbácea, localizada en las faldas del Volcán Tungurahua y el cerro Mul Mul, cultivos de ciclo corto destinados como actividad agrícola para consumo y comercio, cuerpos de agua correspondiente a la red hidrográfica de agua natural, páramo en su función como almacenamiento de agua, conservación del paisaje y captación de carbono y zona urbana donde se encuentran asentamientos de las viviendas y el desarrollo de las actividades socioeconómicas.

**Tabla 24**

*Uso de Suelos y Cobertura Vegetal*

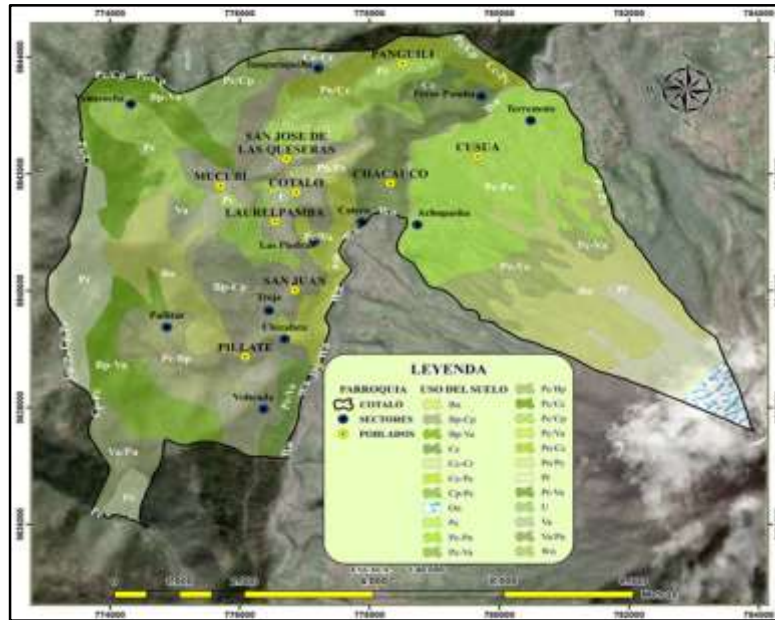
<b>CÓDIGO</b>	<b>USO</b>	<b>TIPO</b>	<b>Área (ha)</b>
Bn	Bosque Natural	Formación Natural	617,29
Bp-Cp	Bosques Plantados, Cultivos de papa	Asociados 50% de Bp + 50% Cp	629,09
Bp-Va	Bosque Plantado, Vegetación Arbustiva	Asociados 50% de Bp + 50% Va	463,99
Cc	Cultivos de Ciclo Corto	Formación Vegetal	245,46
Cc-Cr	Cultivos de Ciclo Corto, Frutales	Asociados 50% de Cc + 50% Cr	22
Cc-Pc	Cultivos de Ciclo Corto, Pasto Cultivado	Asociados 50% de Cc + 50% Pc	21,39
Cp-Pc	Cultivos de papa, Pasto Cultivado	Asociados 50% de Cp + 50% Pc	4,21
On	Nieve	Formación Natural	59,26
Pc	Pasto Cultivado	Intervenido	424,09
Pc-Pn	Pasto Cultivado, Pasto Natural	Asociados 50% de Pc + 50% Pn	641,37
Pc-Va	Pasto Cultivado, Vegetación Arbustiva	Asociados 50% de Pc + 50% Va	187,38
Pc/Bp	Pasto Cultivado, Bosque Plantado	Asociados 70% de Pc + 30% Bp	183,16
Pc/Cc	Pasto Cultivado, Cultivos de Ciclo Corto	Asociados 70% de Pc + 30% Cc	1,65
Pc/Cp	Pasto Cultivado, Cultivos de papa	Asociados 70% de Pc + 30% Cp	128,24
Pc/Va	Pasto Cultivado, Vegetación Arbustiva	Asociados 70% de Pc + 30% Va	157,72
Pn/Cc	Pasto Natural, Cultivo de Ciclo Corto	Asociados 70% de Pn + 30% Cc	126,46
Pn/Pc	Pasto Natural, Pasto Cultivado	Asociados 70% de Pn + 30% Pc	35,18
Pr	Páramo	Formación Natural	412,48
Pr-Va	Páramo, Vegetación Arbustiva	Asociados 50% de Pr + 50% Va	66,64
U	Área Urbana	Otros	21
Va	Vegetación Arbustiva	Formación Natural	80,5
Va/Pn	Vegetación Arbustiva, Pasto Natural	Asociados 70% de Va + 30% Pn	100,92
Wn	Cuerpo de Agua Natural	Formación Natural	21,17

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## Mapa 10

### Uso del suelo y Cobertura Vegetal de la Parroquia Cotaló



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## 2.10 Componente Sociocultural

Nos permite contemplar la dimensión social y cultural de la parroquia con el objeto de dar a conocer la forma de convivencia entre las personas, formas de organización, comportamiento, normas, creación de sistemas educativos, el arte, entre otras; así como la interacción con el medio geográfico.

### 2.10.1 Análisis demográfico

Según GAD Parroquial Rural Cotaló (2015) de acuerdo al censo realizado a la población en el año 2015 cuenta con una población de 2056 habitantes de los cuales 1048 que representa el 50,97% son hombres y 1008 equivalente al 49,03% son mujeres.

**Tabla 25***Distribución de la población por género*

<b>Género</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Hombre	1048	50,97
Mujer	1008	49,03
<b>Total</b>	<b>2056</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**Gráfico 1**

Se realiza la distribución de la población por sectores donde obtenemos que 1693 habitantes correspondan a la zona rural representado un 82,34%, mientras que 363 personas están asentadas en la cabecera parroquial constituyendo un 17,66%.

**Tabla 26***Distribución de la población por sectores*

<b>Sector</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Rural	1693	82,34
Cabecera Parroquial	363	17,66
<b>Total</b>	<b>2056</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

De la misma forma se presenta la distribución de la población por rangos de edad donde la mayor parte de los pobladores con una cantidad de 216 personas están dentro del rango de 10 a 14 años representando el 10,51%, seguido del rango de 15 a 19 años con 195 habitantes establecidos en un 9,48%, 192 niños de 0 a 4 años con un 9,34%, 190 niños de 5 a 9 años que representan el 9,24%, 157 jóvenes de 20 a 24 años constituyendo el 7,64%, 171 personas de 25 a 29 años representando el 8,32% del total de la población; lo que se establece como una población relativamente joven.

**Tabla 27***Distribución por rangos de edad*

<b>Rango de Edad</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
0 - 4 años	192	9,34
5 - 9 años	190	9,24
10 - 14 años	216	10,51
15 - 19 años	195	9,48
20 - 24 años	157	7,64
25 - 29 años	171	8,32
30 - 34 años	160	7,78
35 - 39 años	135	6,57
40 - 44 años	110	5,35
45 - 49 años	72	3,50
50 - 54 años	78	3,79
55 - 59 años	73	3,55
60 - 64 años	66	3,21
65 - 69 años	61	2,97
70 - 74 años	74	3,60
75 - 79 años	46	2,24
> 80	60	2,92
<b>Total</b>	<b>2056</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana. Grupos Étnicos

En la auto identificación étnica de la parroquia Cotaló encontramos que la mayoría de los habitantes son mestizos en una cantidad de 1925 representando el 93,63%, seguido de 91 habitantes indígenas en un porcentaje del 4,43%; en menor porcentaje se encuentra los blancos, afro ecuatorianos, montubios y mulatos.

**Tabla 28***Grupos étnicos*

<b>Grupos Étnicos</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Mestizo	1925	93,63
Indígena	91	4,43
Blanco	17	0,83

Afro Ecuatoriano	18	0,88
Mulato	1	0,05
Montubio	4	0,19
<b>Total</b>	<b>2056</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana. Educación

En la parroquia Cotaló en lo que corresponde a la conformación del sistema educativo fiscal encontramos la Unidad Educativa Cotaló, la misma que está localizado en la cabecera parroquial y el Centro Comunitario de Desarrollo Infantil “Caritas Alegres” localizado en la comunidad de San Juan que brinda los servicios educativos a las niños y niñas de las comunidades aledañas.

Según el INEC (2010) en lo que constituye a la población en edad escolar de la parroquia Cotaló constituye aproximadamente del 13,82%.

Según el GAD Parroquial Rural Cotaló (2015) establece que de los 2056 habitantes, 356 niños, niñas y jóvenes están estudiando en la Unidad Educativa Cotaló representando el 17,31% de la población en rango de edad escolar de 3 a 18 años.

## **Tabla 29**

### *Población en edad escolar*

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
2010	256	13,82
2015	356	17,32
<b>Total</b>	<b>1852</b>	<b>2056</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

Estableciendo la educación como una variable fundamental para el desarrollo de la parroquia se establece el nivel de instrucción por edades escolares:

**Tabla 30***Nivel de Instrucción por edades escolares*

<b>Nivel de Instrucción</b>	<b>De 3 a 5 años</b>	<b>De 6 a 12 años</b>	<b>De 13 a 18 años</b>	<b>De 19 a 25 años</b>	<b>26 años y mas</b>	<b>Total</b>
Ninguno	0	1	2	3	103	109
Centro de Alfabetización (EBA)	0	0	0	1	17	18
Prescolar	7	1	0	1	15	24
Primario	12	100	34	88	610	844
Secundario	0	12	71	47	89	219
Educación Básica	14	142	64	6	42	268
Bachillerato Educación Media	0	0	43	28	27	98
Ciclo Post Bachillerato	0	0	0	7	14	21
Superior	0	0	2	30	28	60
Se Ignora	0	0	2	3	13	18
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>256</b>	<b>218</b>	<b>214</b>	<b>958</b>	<b>1679</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del INEC (2010) y GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

La tabla y su representación gráfica nos indica que la mayor población que asiste a un establecimiento de educación regular esta en el nivel de primaria con una cantidad de 844 estudiantes, seguido del educación básica con 268 y el nivel de secundaria con 219 estudiantes.

En lo que corresponde al índice de analfabetismo; según el GAD Parroquial Rural Cotaló (2015) establece que 165 personas no saben leer ni escribir; mientras que 1514 habitantes saben leer y escribir.

**Tabla 31***Condición de Alfabetismo*

<b>Nivel de Instrucción</b>	<b>De 0 a 14 años</b>	<b>De 15 a 64 años</b>	<b>De 65 años y mas</b>	<b>Total</b>
SI	329	1037	148	1514
NO	37	59	69	165
<b>Total</b>	<b>366</b>	<b>1096</b>	<b>217</b>	<b>1679</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del INEC (2010) y GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana. Salud

La parroquia Cotaló en lo que corresponde al sistema de salud está conformado por el Sub Centro de Salud Cotaló, Centro de Salud Tipo A ubicado en el centro de la parroquia que brinda los servicios de medicina general y odontología.

Dentro de las principales causas de morbilidad encontramos:

**Tabla 32***Causas de Morbilidad*

<b>Patología</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Faringitis	72	27,17
Amigdalitis	48	18,11
Rinofaringitis	44	16,60
Lumbalgia	20	7,55
Parasitosis	19	7,17
Gastritis	16	6,04
Dermatitis	15	5,66
EDA	13	4,91
Infección Tracto Urinario	10	3,77
Rinitis	8	3,02
<b>Total</b>	<b>265</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

La patología de mayor incidencia en el período de enero a febrero del 2015 según datos del Subcentro de Salud Cotaló es de faringitis con una cantidad de 72 habitantes representando el 27,17%, seguido de la amigdalitis con 48 personas con el 18,11% y la



rinofaringitis que ha afectado a 44 pobladores en un 16,60%; mencionando que una de las principales causas es la caída de ceniza y emisión de gases del volcán Tungurahua.

De igual forma el Subcentro de Salud registra dos casos de mortalidad de paro cardiaco respiratorio y síndrome de falla multiorgánica.

También se presenta el índice de discapacidad existente en los pobladores; según el INEC (2010) 135 personas presentan algún tipo de discapacidad descrito en el presente cuadro:

**Tabla 33**

*Tipo de Discapacidad Permanente por más de un año*

<b>Discapacidad</b>	<b>Casos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Física Motora	55	40,74
Intelectual	16	11,85
Visual	21	15,56
Auditiva	33	24,44
Mental	10	7,41
<b>Total</b>	<b>135</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

El tipo de discapacidad con mayor incidencia es la física motora con un total de 55 casos representando el 40,70%, seguido de auditiva con 33 casos en un 24,44%, el 15,56% con 21 casos de discapacidad visual, 16 casos de intelectual con un 11,85% y 10 casos de discapacidad mental en el 7,41%.

### **2.11 Componente Económico Productivo**

Nos permite identificar una serie de elementos vinculados al desarrollo local, como la dinámica territorial comprendida en la interacción de las personas entre sí mismas, con el medio ambiente, con los medios de producción y con el sistema económico.

### 2.11.1 Población Económicamente activa (PEA)

Se refiere a la parte de la población de la parroquia que está en edad de trabajar cuyas características territoriales favorecen el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas, la industria, el comercio y turismo; sobresaliendo principalmente la agroindustria.

Según el INEC (2010) la población económicamente activa (PEA) de la parroquia Cotaló desempeñan las siguientes actividades:

**Tabla 34**

*PEA por Actividad y Sexo*

Actividad	Hombre	Mujer	Total	Porcentaje (%)
Agricultura y Ganadería	437	224	661	73,69
Industria	55	15	70	7,80
Comercio y Transporte	45	24	69	7,69
Servicios	30	67	97	10,81
<b>Total</b>	<b>567</b>	<b>330</b>	<b>897</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

El 73,69% de la población comprendido entre hombres y mujeres se dedican a la agricultura y ganadería en un total de 661 personas, 97 pobladores brindan sus servicios profesionales constituyendo el 10,81%, seguido de 70 personas en un 7,8% que se dedican a la industria y 69 habitantes desempeñan actividades referentes al comercio y transporte con el 7,69%.

Los principales medios de producción constituyen:

**Producción Agrícola.** El cultivo de maíz es una de las actividades más importantes desarrolladas por pequeños y medianos agricultores estableciéndose como una de las principales fuentes de trabajo; además la producción de cultivos de ciclo corto como la

papa, fréjol, haba, quinua, col, calabazo, ocas, mellocos, cebolla blanca y frutas como el capulí, granadilla, claudia, tomate y mora. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

**Producción Avícola.** Es una de las actividades económicas más representativas a nivel local y nacional; existen numerosos galpones de aves ponedoras como gallinas y codornices que producen aproximadamente un millón de huevos diarios de los cuales el 40% es destinado para el mercado local y el 60% al mercado nacional; registrándose en la actualidad la existencia de 21 granjas avícolas. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

**Producción Agropecuaria.** La crianza de ganado vacuno de doble propósito para la producción de carne y de leche dando origen al desarrollo de microempresas dentro de la industria láctea, favoreciendo la economía y la creación de fuentes de trabajo. También la crianza de animales menores como cuyes, gallinas criollas y cerdos para autoconsumo y comercialización en los mercados locales. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

### ***2.11.2 Uso de Tierras y Sistemas de Producción***

En la parroquia Cotaló 6616 ha de la tierra tienen uso agropecuario, pecuario y mixto, sobresaliendo los pastos cultivados, el cultivo de la cebolla, papas y maíz; además se evidencia que 1741 ha corresponde al área de conservación del Bosque Protector Mul Mul y a las faldas del volcán Tungurahua, 1720 del uso de tierras en usos combinados aprovechados por los habitantes gracias al clima favorable para el cultivo, 628 ha representan el sistema marginal y mercantil familiar, 258 ha dentro del sistema combinado mercantil familiar, 267 ha para el sistema productivo asociativo y 22 ha que están en transición al sistema de producción capitalista. (MAGAP, 2015)

### **2.12 Componente de Infraestructura y Servicios**

La formación de la parroquia se establece con asentamientos paulatinos en el territorio dando lugar a la conformación de 9 comunidades: Pillate, San Juan, Laurelpamba,

Mucubí, San José de las Queseras, Panguilí, Chacauco, Cusúa y el Centro Parroquial; entre ellos se destacan los sectores de El Mirador, Calera, Las Piedras, Troje, Pailitas, Volteada, Chizalata, San José, Peras Pamba, Yabacocha, Tunguraguilla, Hauyrapata y Terremoto. Entre sus primeros pasos de desarrollo esta la apertura de las vías en conjunto con la construcción de viviendas con materiales de adobe, barro, tierra, madera y techo de paja. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

Conforme el paso del tiempo y la riqueza natural del sector ha dado lugar a la conformación del sector agrícola y ganadero con la creación de industrias y microempresas, infraestructura industrial (galpones, invernaderos; etc), la apertura de vías; de la misma forma debido al continuo proceso eruptivo del volcán Tungurahua que afectado considerablemente los cultivos y las viviendas los lugareños resilientes han establecido edificaciones con normas actuales de construcción.

### ***2.12.1 Cobertura de Agua Potable***

En la parroquia Cotaló 187 viviendas cuentan con cobertura de agua entubada administrada por juntas de agua representando el 32%.

Las comunidades de San Juan, Pillate y Mirador están cubiertas de agua en su totalidad, seguidas por Mucubí y Chacauco con el 96% de cobertura; mientras que Laurelpamba posee una cobertura de agua del 56%. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

### ***2.12.2 Cobertura de Alcantarillado***

El 63% de la parroquia contemplada con 364 viviendas cuentan con el servicio de alcantarillado.

La comunidad de San Juan posee el 97% de alcantarillado, Laurelpamba está cubierta en un 90%, Pillate con un 84%, las Queseras el 76%, Chacauco con un 68% mientras que en bajo porcentaje encontramos a la comunidad de Panguilí con un 9% de

cobertura y Cusúa con escasez del servicio con el 1%. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

### ***2.12.3 Cobertura de Energía Eléctrica***

El servicio de energía eléctrica cubre al 88% de la parroquia Cotaló con un total de 513 viviendas.

En lo correspondiente a las comunidades las Queseras está cubierta en su totalidad, mientras que Panguilí se abastece de este servicio en un 86%; cuyo déficit se considera bajo ya que casi todas las comunidades gozan de este recurso. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

### ***2.12.4 Cobertura de Desechos Sólidos***

La parroquia se beneficia de este servicio en un porcentaje del 64% con un total de 317 viviendas.

En las comunidades la cobertura de los desechos sólidos es variable ya que ninguna es cubierta en su totalidad; San Juan y las Queseras son cubiertas en un 97%, Pillate el 96%, Mucubí el 93%, Panguilí con el 82%, Laurelpamba con el 74%; mientras que Cusúa y Chacauco son las comunidades con menos cobertura en un 35% y 10% respectivamente. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

### ***2.12.5 Acceso a la Vivienda***

Según el INEC (2010) la parroquia Cotaló está conformada por 887 viviendas distribuidas de acuerdo al tipo de vivienda:

**Tabla 35***Tipo de Vivienda Tabla N.- Tipo de Vivienda*

<b>Tipo de Vivienda</b>	<b>Casos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Casa / Villa	760	85,68
Departamento o edificio	8	0,90
Cuarto de inquilinato	7	0,79
Mediagua	104	11,72
Covacha	4	0,45
Choza	1	0,11
Otra vivienda particular	3	0,34
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

El 85,68% corresponde a 760 casa o villas, seguidos del 11,72% con 104 casos son mediaguas, en menores porcentajes tenemos el 0.90% perteneciente a departamentos o edificios, el 0,79% con 7 casos son cuartos o casas de inquilinato, 4 covachas, 3 viviendas particulares y 1 choza con el 0,45%, 0,34% y 0,11% correspondientemente.

Se menciona también que 248 viviendas requieren reparación, mejoramiento o ampliación las mismas que presentan deficiencias en servicios, saneamiento y espacio para lo cual se requiere la construcción de nuevas casas que reemplacen el conjunto de viviendas inhabitables por su extremada precariedad.

### **2.12.6 Tenencia de la Propiedad o Vivienda**

Mediante estudio realizado por el GAD Parroquial Rural Cotaló (2015) con una muestra de 573 viviendas del total de 887, se obtuvo que 370 son viviendas propias, 7 en proceso de pago, 73 casas son heredadas, 97 son cedidas, 2 por servicios y 24 son arrendadas.

En el presente cuadro se describe la tenencia de la propiedad o vivienda por comunidad:

**Tabla 36***Tenencia de la Vivienda*

Comunidad	Vivienda					
	Propia	Hipotecada	Crédito	Arrendada	Donado	Prestada
San Juan	40	0	0	1	0	7
Pillate	48	0	0	0	0	10
Panguili	19	1	0	0	1	3
Mucubí	27	0	0	2	0	0
Mirador	16	0	1	1	1	2
Laurelpamba	54	0	0	2	0	3
Las Queseras	37	0	0	2	2	6
Cusúa	40	0	0	0	0	0
Chacaucó	36	0	0	3	1	7

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**2.12.7 Acceso al servicio de Telecomunicaciones**

En la parroquia Cotaló del total de 573 viviendas solo 28 disponen de telefonía fija representando el 4,89%, 360 hogares disponen de telefonía móvil con operadoras de Claro, Movistar y CNT en un 62,83%; mientras que solo 13 casas disponen del servicio de internet establecidas en el 2,27%; además la parroquia central cuenta con un Infocentro comunitario con la finalidad de que los habitantes tengan acceso a la tecnología. En lo referente a radiocomunicaciones todas las comunidades poseen cobertura de radio, televisión abierta, cable y Directv. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

**2.12.8 Vialidad y Transporte**

La principal red vial es la que une Penipe - Cotaló ya que es de suma importancia para el intercambio y comercialización de los productos; además de ser la única vía rápida de conexión entre las provincias de Chimborazo y Tungurahua.

La parroquia Cotaló está conformada por diferentes tipos de vías como calles asfaltadas, adoquinadas, empedradas, caminos veraneros, de herradura y senderos, descritos en la siguiente tabla:

**Tabla 37**

*Descripción de la Red Vial*

<b>Tipo de Vía</b>	<b>Longitud (km)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Calle	12,74	12,26
Camino de Herradura	26,16	25,17
Camino de Verano	27,58	26,53
Carretera Angosta (Empedrada)	13,37	12,86
Carretera Afirmada doble vía	1,27	1,22
Carretera asfaltada angosta	6,27	6,03
Carretera asfaltada doble vía	4,17	4,01
Carretera pavimentada doble vía	11,84	11,39
Sendero	0,54	0,52
<b>Total</b>	<b>103,94</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** Datos obtenidos del GAD Parroquial Rural Cotaló (2015).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**2.12.9 Red de Riego**

Las características físico ambientales del sector favorecen a las condiciones de riego por lo que encontramos diferentes estructuras de canales de regadío como son de cauce natural, tubería, canal, en estado bueno, regular y malo dependiendo de la conformación del material de la estructura ya sea PVC, hormigón, piedra y solo zanjas de tierra; mencionando que se destaca la acequia de Panguilicucho que cuenta con 1732,25 m de longitud hecho de tierra con su funcionamiento regular. También se menciona que las comunidades de Queseras y Chacauco poseen sistema de riego tecnificado; mientras que otras 22 viviendas pertenecientes a Chacauco, 5 casas de Laurelpamba y 1 del Mirador tienen acceso a riego no tecnificado. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)



### **2.12.10 Seguridad**

La seguridad está respaldada por la fuerza pública en diferentes horarios la misma que se encuentra conectada desde la central de Huambaló debido a que no existe una Unidad de Policía Comunitaria (UPC) en el sector; cuando las personas se ausentan de sus casas existe la convivencia comunitaria con el objeto de brindarse protección mutuamente. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)

También encontramos la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos debido al constante proceso eruptivo del volcán Tungurahua, que mediante la conformación de voluntariado salvaguarda la seguridad de los comuneros.

### **2.13 Definición de Términos (Glosario)<sup>2</sup>**

**Amenaza Natural.-** Proceso o fenómeno con suficiente intensidad, en un espacio y tiempo específicos, para causar daño (no controlables).

**Amenaza Volcánica.** Son flujos o domos de lava, caída de ceniza y proyectiles, las corrientes de fango y los gases tóxicos, flujos de lahares.

**Andesita.-** Roca de origen volcánico de color gris medio, que contiene entre 53 y 63% de sílice. El color, la composición química, la viscosidad y el carácter eruptivo son intermedios entre un *basalto* y una *dacita*. Es el caso de la mayoría de rocas del volcán Tungurahua.

**Arco volcánico.-** Cadena de volcanes (islas o montañas) ubicada cerca de los límites de las placas tectónicas, formados como consecuencia del magmatismo asociado a las zonas de subducción.

---

<sup>2</sup> Fuente: Los Peligros Volcánicos Asociados con el Tungurahua (2005).

**Avalancha de escombros.-** Grandes deslizamientos que pueden ocurrir en un volcán, y que desplazan enormes volúmenes de rocas y otros materiales a altas velocidades y a grandes distancias desde el volcán. Estos deslizamientos se producen por la inestabilidad de los flancos del volcán, fenómeno que puede deberse a la intrusión de magma en el edificio volcánico, a un sismo de gran magnitud, o al debilitamiento de la estructura del volcán inducida por ejemplo, por la alteración hidrotermal.

**Balístico (Fragmento).-** Fragmento de roca expulsado violentamente por una erupción volcánica y que sigue una trayectoria balística, en forma de elipse.

**Basalto.-** Roca de origen volcánico de color gris oscuro, que contiene menos de 53% de sílice. En estado fundido presenta una baja viscosidad, que implica una erupción generalmente no explosiva que produce flujos de lava.

**Blast.-** Explosión volcánica de gran escala producida por la despresurización violenta de un cuerpo de magma cercano a la superficie. Este fenómeno puede deberse a un deslizamiento de una parte de un edificio volcánico. Un “blast” es una mezcla caliente de baja densidad de fragmentos de roca, ceniza y gases que se mueven a altas velocidades a través de la superficie terrestre.

**Bloques y bombas volcánicas.-** Fragmentos de lava de tamaños superior a 64 mm expulsado por una erupción volcánica. Si son expulsados en estado sólido se denominan bloques, mientras que si son expulsados en estado semi-sólido o plástico se denominan bombas.

**Brechas.-** Masa rocosa constituida por fragmentos de roca de diferentes formas y tamaños.

**Caída de ceniza.-** Fenómeno por el cual la ceniza (u otros materiales piroclásticos) cae por acción de la gravedad desde una columna eruptiva. La distribución de ceniza está en función de la dirección de los vientos.

**Caldera.-** Gran depresión de origen volcánico, generalmente de forma circular o elíptica, de varios kilómetros hasta varias decenas de kilómetros de diámetro, formada por grandes erupciones volcánicas. La depresión (o anfiteatro) formada por el deslizamiento de un flanco de un volcán o colapso sectorial se denomina caldera de avalancha.

**Ceniza o Ceniza volcánica.-** Fragmentos de roca de origen volcánico de tamaño menor a 2 milímetros expulsados a la atmósfera por una explosión volcánica.

**Colapso sectorial.-** Proceso de destrucción de una parte del edificio volcánico. Las avalanchas de escombros se producen por el colapso sectorial de un volcán.

**Columna eruptiva.-** El material expulsado por una erupción verticalmente sobre el cráter, formando una nube de erupción o columna eruptiva.

**Conducto volcánico.-** Pasaje subterráneo por el cual el magma asciende desde una cámara magmática hacia la superficie.

**Corteza.-** Parte más externa y rígida de la Tierra. Generalmente está constituida de rocas de composición basáltica (océanos) o de rocas más silíceas (continentes).

**Cráter.-** Depresión de forma aproximadamente circular, de menos de 2 kilómetros de diámetro, con paredes muy empinadas, generalmente ubicada en la cima de un volcán, y formada por la explosión o el colapso asociado a una erupción volcánica.

**Dacita.-** Roca de origen volcánico de color gris claro y enriquecida de sílice (entre 63 y 68% SiO<sub>2</sub>). En estado fundido presenta generalmente una alta viscosidad. Las erupciones de magmas dacíticos son generalmente explosivas y pueden producir enormes volúmenes de tefra, flujos piroclásticos y domos de lava.

**Domo.-** Abultamiento en forma de cúpula formada por la acumulación de lava viscosa, caracterizada por presentar flancos muy pendientes. Generalmente están formados por lavas de composición andesítica, dacítica o riolítica y pueden alcanzar alturas de cientos de metros.

**Enjambres sísmicos.-** Grupos de decenas hasta miles de eventos sísmicos que se observan durante varias horas o decenas de horas.

**Escoria.-** Fragmentos de lava formados cuando pequeños volúmenes de lava (generalmente basalto o andesita), aún en estado líquido, son expulsados hacia la atmósfera, se enfrían en el aire y caen en forma de fragmentos oscuros de roca volcánica ricos en cavidades.

**Estratovolcán.-** Edificio volcánico de flancos con fuertes pendientes construido por el apilamiento de flujos de lava y niveles de tefra.

**Flujo de lava.-** Derrame o corriente de roca fundida, originados en un cráter o en fracturas de los flancos del volcán, por erupciones generalmente no explosivas. Los flujos de lava descienden por los flancos del volcán restringidos únicamente a las quebradas y pueden viajar laderas abajo hasta por varias decenas de kilómetros, desplazándose generalmente a bajas velocidades, del orden de decenas y raramente de centenas de metros por hora para lavas de tipo andesitas a dacitas.

**Flujos de lodo y escombros (lahares).-** Mezclas de materiales volcánicos, removilizados por el agua proveniente de la fusión del casquete glaciar, de un lago cratérico o de fuertes lluvias. Estos flujos se mueven ladera abajo, movidos por la fuerza de la gravedad, a grandes velocidades (hasta 85 km/h), siguiendo los drenajes existentes; sin embargo pueden sobrepasar pequeñas barreras topográficas con relativa facilidad.

**Flujo piroclástico.-** Mezcla caliente (300-800°C) de gases, ceniza y fragmentos de roca, que descienden por los flancos del volcán, desplazándose a grandes velocidades (75-150 km/h). Ocurren generalmente en erupciones grandes y explosivas o por el colapso del frente de un domo o un flujo de lava.

**Freática (erupción).-** Explosión de vapor, agua y otros materiales, resultado del calentamiento del agua subterránea y de la acumulación de vapor en niveles bajo la superficie. Este tipo de erupción ocurre cuando el agua subterránea entra en contacto con rocas calientes en las cercanías de un cuerpo de magma. En este tipo de erupción el magma no se encuentra involucrado.

**Freatomagmática (erupción).-** Explosión volcánica que envuelve gases magmáticos y vapor, combinados con lava y otros fragmentos de roca. Este tipo de actividad volcánica es el resultado de la interacción entre el agua subterránea, del mar o de un lago y el magma.

**Fuente de lava.-** Emisión explosiva de gases y materiales piroclásticos en estado fundido que ascienden decenas a cientos de metros del cráter. Este tipo de actividad es sostenida por minutos a horas de duración.

**Fumarola.-** Emanación de gases y vapor de agua, generalmente a altas temperaturas, que salen de fracturas o grietas de la superficie de un volcán o de una zona con actividad volcánica. La mayor parte de los gases emitidos son vapor de agua, sin embargo se encuentran otros gases como CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, HCl, etc.

**Hidrotermal.-** Relacionado con las fuentes termales o con la acción de dichos fluidos. Se denomina alteración hidrotermal a las transformaciones que sufren las rocas o minerales por acción de los fluidos (agua y gases) calientes asociados a un cuerpo de magma.

**Lapilli.-** Fragmento de roca de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm emitido durante una erupción volcánica.

**Lava.-** Término utilizado para referirse al magma que alcanza la superficie en forma líquida que ha perdido la mayoría de su contenido en gases. Roca fundida que erupcionan de un cráter o una fisura eruptiva.

**Lluvia acida.-** Ciertos gases magmáticos (SO<sub>2</sub>, Cl, entre otros) emitidos por un volcán en erupción, al entrar en contacto con el agua atmosférica forman ácidos fuertemente corrosivos que caen a la superficie en forma de lluvia.

**Magma.-** Roca fundida que contiene una fase líquida, gases disueltos, cristales de minerales y eventualmente burbujas de gas. Los magmas se forman a grandes profundidades en el Manto o en la Corteza Terrestre. Cuando el magma ha perdido sus gases y alcanza la superficie se denomina lava. Si el magma se enfría al interior de la corteza terrestre forma las rocas intrusivas.

**Manto.-** Zona del interior del planeta ubicada entre la Corteza y el Núcleo.

**Mapa de peligros.-** Mapa utilizado para representar las áreas afectadas por los diferentes fenómenos volcánicos.

**Nube de ceniza.-** Masa de gases y ceniza, generada por una explosión volcánica o derivada de un flujo piroclástico.

**Peligros volcánicos.-** Fenómenos potencialmente dañinos que pueden ocurrir durante una erupción volcánica. En términos probabilísticos los peligros volcánicos representan la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente peligroso.

**Piedra pómez.-** Roca volcánica de color claro, llena de cavidades que la hacen muy poco densa (frecuentemente pueden flotar). Generalmente tiene una composición dacítica a

riolítica. Las cavidades se forman por la expansión de los gases volcánicos durante la salida hacia la superficie.

**Piroclastos.-** Fragmentos de roca volcánica fracturada, emitidos durante una erupción volcánica explosiva. Incluye piedra pómez, ceniza y otros fragmentos de roca.

**Placas tectónicas.-** Grandes fragmentos que constituyen el envolvente externo de la Tierra. Estas placas se encuentran “flotando” sobre una capa más dúctil y plástica del Manto terrestre y se desplazan lentamente a una velocidad promedio de varios cm/año.

**Punto caliente.-** Área de una placa tectónica, donde el magma asciende desde muy profundo en el manto y erupcionan en la superficie del planeta.

**Riesgo volcánico.-** Representa los efectos dañinos de un peligro volcánico. En términos probabilísticos constituye la probabilidad de pérdida de vidas humanas, destrucción de la propiedad o pérdida de la productividad en un área afectada por un fenómeno volcánico.

**Riolita.-** Roca volcánica de color claro, que contiene 69% o más de sílice. En el estado fundido presenta una muy alta viscosidad.

**Sílice.-** Molécula formada por un átomo de silicio y dos átomos de oxígeno ( $\text{SiO}_2$ ), que constituye la base de la estructura cristalina de la mayor parte de minerales. Es el más importante factor que controla la viscosidad de los magmas. Entre más alto sea el contenido de sílice, más alta es la viscosidad.

**Sistema de Información Geográfica.-** Son observaciones que combinan en una base de datos (computar, almacenar, comprobar, analizar, etc.) con interpretación espacial y resultados generalmente en forma de mapas.

**Subducción.-** Proceso por el cual una placa tectónica colisiona con otra y se introduce en el manto terrestre bajo la otra placa. Los arcos volcánicos se forman paralelos a las zonas de subducción.

**Tefra.-** Término general que comprende cualquier material sólido emitido explosivamente durante una erupción volcánica.

**Tremor volcánico.-** Señal sísmica continua y rítmica que generalmente precede o acompaña las erupciones volcánicas. El tremor volcánico está asociado al movimiento de magma o de otros fluidos magmáticos al interior del conducto volcánico.

**Volcanes.-** son perforaciones de la corteza terrestre, de las que escapan a la superficie, rocas fundidas y gases.

**Volcán compuesto.-** Tipo de edificio volcánico caracterizado por estar constituido por varios edificios volcánicos de edad diferente.



## 2.14 Sistemas de Variables

### 2.14.1 Variable Independiente

- Riesgos volcánicos

**Tabla 38**

#### *Riesgos Volcánicos*

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Fuentes y Técnicas de Información
<b>RIESGOS VOLCÁNICOS</b>	Representa los efectos dañinos de un peligro volcánico. En términos probabilísticos constituye la probabilidad de pérdida de vidas humanas, destrucción de la propiedad o pérdida de la productividad en un área afectada por un fenómeno volcánico. (Le Pennec, y otros, 2005, pág. 98)	Susceptibilidad a Peligros Volcánicos	<b>GASES VOLCANICOS</b>	Tipo de emisiones	Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional ( <b>IGEPN</b> ).
			<b>CAÍDA DE PIROCLÁSTOS</b>	Menor caída de ceniza	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca ( <b>MAGAP</b> );
			<b>FLUJOS</b>	Mayor caída de ceniza	<b>Propuesta:</b> Metodología de Valoración de Tierras Rurales.
				Flujos Piroclásticos	Instituto Geográfico Militar ( <b>IGM</b> ). Información Shape: <b>IGEPN, IGM, SNI</b> (cartografía base escala 1:50000)
				Flujos de Lava	Generación de datos Geográficos: Global Mapper, Sas Planet y ArcGis 10.5.
				Lahares	Global Mapper, Sas Planet y ArcGis 10.5.
				Avalancha de escombros	Mapas Temáticos: Software ArcGis 10.5.

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana (2020).

### 2.14.2 Variable Dependiente

- Afectación al sector agrícola

**Tabla 39**

#### Riesgos Volcánicos

Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Fuentes y Técnicas de Información
AFECTACIÓN AL SECTOR AGRÍCOLA	Se refiere a los efectos o impactos negativos ocasionados por fenómenos externos en las actividades relacionadas con la agricultura provocando daño, pérdida y destrucción de los cultivos, cosechas, así como el deterioro y degradación del suelo cultivable.	Análisis e Identificación de escenarios	<b>ACTIVIDADES AGRÍCOLAS DE LA ZONA</b>	Se dedica a la agricultura	Encuestas dirigidas a la población Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cotaló (PDOT 2015).
				Tipo de cultivos agrícolas que siembra	
				Cantidad de terreno dedicado para el cultivo	
				Tenencia del terreno	
				Forma de la siembra	
			Destino de los productos cultivados		
			Sistema de Riego		
			Afectación por erupción del Tungurahua		
			Distancia entre cultivos - volcán Tungurahua		
			Tipo de peligros volcánicos que causaron afectación en los cultivos		
			Frecuencia y duración de los peligros volcánicos		
			Intensidad de los peligros volcánicos		
			Nivel de afectación de los cultivos		
			Nivel de pérdida de los cultivos		
			Espesor de la ceniza depositada el suelo		
Afectación del sistema de riego					
Capacidad productiva del suelo					
Alternativas de producción					
Capacidad productiva agrícola actual; escala 1:50000					

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana (2020).

## CAPÍTULO III

### 3.1 Nivel de Investigación

**Analítica.-** Debido a que se parte tomando como objeto fundamental los riesgos volcánicos, procediendo a descomponer los principales peligros producto del proceso eruptivo del volcán Tungurahua, lo que nos permite establecer y realizar un análisis más detallado de:

1. Gases volcánicos
2. Caída de piroclastos (ceniza, lapilli o cascajo y bloques basálticos)
3. Flujos piroclásticos
4. Flujos de lava
5. Lahares
6. Avalancha de escombros

Es así que este modelo nos permite facilitar la investigación; además de que ayuda a conocer, entender y hacer un análisis ordenado y sistemático sobre los peligros volcánicos dados en su ambiente natural.

De la misma manera se contextualiza los impactos y afectación producida en el sector agrícola de la parroquia Cotaló, identificando y descomponiendo tres principales escenarios que nos ayude a relacionar y comprender el nivel de daño producido en los cultivos:

1. **Actividades agrícolas de la zona.-** Mediante el cual establecemos sub-indicadores como: tipo de cultivos de la zona, superficie del terreno cultivado, tenencia del terreno, forma de sembrío, sistema de riego y el destino que se da a los productos cultivados; permitiéndonos conocer la realidad de la actividad agrícola que se desarrolla en la parroquia.

2. **Afectación del sector agrícola.-** Analizamos factores como: distancia entre los cultivos con el volcán Tungurahua, el tipo de peligro volcánico que afectan los sembríos de la zona, la frecuencia, duración e intensidad con que se presentaron dichos peligros, el espesor de la caída de ceniza, el nivel de afectación y pérdida de los cultivos y la afectación al sistema de riego.
3. **Capacidades.-** Caracterizado en: la capacidad productiva del suelo, alternativas de producción adoptadas para minimizar los efectos negativos y la capacidad productiva agrícola actual de la parroquia.

Cada indicador mencionado es analizado por separado para comprender mejor su influencia, para después poder relacionarlos entre si y establecer las áreas de susceptibilidad a peligros volcánicos en la parroquia Cotaló y la afectación producida en los cultivos de la zona.

**Descriptiva.-** Ya que nos permite describir detalladamente cada uno de los peligros volcánicos propios del proceso eruptivo del volcán Tungurahua, conocer su peligrosidad, relación, impacto y la afectación al sector agrícola.

De la misma manera se detalla las actividades agrícolas propias de la zona mediante la aplicación de la encuesta estableciendo la relación entre los tipos cultivos, los daños producidos por los peligros volcánicos y el desarrollo de capacidades adoptadas.

**Transversal o de corte.-** Debido a que se realiza el estudio simultáneo de dos variables que son los Riesgos Volcánicos así como la Afectación al Sector Agrícola, en un momento dado haciendo un corte de tiempo entre Enero del 2020 a Diciembre del 2020.

### 3.2 Diseño

**No experimental.-** Ya que en el presente trabajo de investigación no se manipulan deliberadamente las variables, es decir que se describe los fenómenos volcánicos tal y como se

presentan en su contexto natural con eventos que se han presentado en el pasado para después analizarlos.

Además en el presente trabajo se hace la identificación y análisis de los escenarios del sector agrícola comprendido en los tipos de cultivos de la zona, la afectación por peligros volcánicos y el desarrollo de capacidades que minimicen los efectos; relacionado con la presencia de la amenaza volcánica del Tungurahua cuyos fenómenos o peligros volcánicos se establecen dentro su ambiente y contexto natural.

**Documental.-** Para alcanzar los objetivos establecidos se procedió a recolectar, organizar, editar y generar información disponible en base al tema, mediante la investigación bibliográfica y observación directa, lo que nos permite realizar una descripción o diagnóstico territorial de la parroquia Cotaló, analizar los peligros volcánicos producto de las erupciones históricas del volcán Tungurahua; además mediante el levantamiento y procesamiento de información cartográfica identificar las áreas de susceptibilidad a peligros volcánicos.

**Histórico.-** Debido a que se realiza la descripción histórica del comportamiento del volcán Tungurahua, así como el análisis de los peligros volcánicos asociados al mismo: gases volcánicos, caída de piroclastos (ceniza, lapilli o cascajo y bloques basálticos), flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares y avalancha de escombros; así como la afectación al sector agrícola.

Los registros históricos detallados en el presente trabajo de investigación se los realizaron de una manera sistemática y detallada, mediante la investigación de archivos históricos, noticias, estudios e informes principalmente del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional sobre la actividad volcánica del Tungurahua, lo que nos permite analizar la amenaza volcánica potencial, estableciendo conocimiento sobre los peligros volcánicos, sus características, duración

e intensidad, depósitos de materiales, áreas afectadas y los efectos provocados sobre la agricultura en la parroquia Cotaló.

### 3.3 Población y Muestra

Según el censo realizado por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo (INEC), del año 2010 la parroquia Cotaló registra una población de 1852 habitantes.

Las encuestas se aplicaron en base al esquema de muestreo aleatorio simple; cuya fórmula del Tamaño de la Muestra es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{e^2 (N - 1) + Z^2 P Q}$$

**Dónde:**

- n=** Tamaño de la muestra
- N=** Tamaño de la población
- P=** Probabilidad de éxito
- Q=** Probabilidad de Fracaso
- e=** Error de Estimación
- Z=** Nivel de confianza

**Según el censo 2010 realizado por el INEC:**

- n=** 320
- N=** 1852
- P=** 50% = 0,50
- Q=** 50% = 0,50
- e=** e= 5% =0,05
- Z=** 1,960 = 95%

$$n = \frac{NZ^2PQ}{(N - 1)e^2 + Z^2PQ}$$
$$n = \frac{1852 * (1,960)^2 * (0,50) * (0,50)}{(1852 - 1) * 0,05^2 + 1,960^2 * (0,50) * (0,50)}$$
$$n = \frac{1852 * 3,8416 * 0,50 * 0,50}{(1851) * 0,0025 + 3,8416 * 0,50 * 0,50}$$
$$n = \frac{1778,6608}{5,5879}$$

$$n = 318,30$$

$$n = 318$$

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.4.1 Fuente secundaria**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizó y analizó fuentes secundarias así como estudios y documentación detallados a continuación:

- Informes Mensuales de la actividad del volcán Tungurahua emitidos por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG – EPN)
- Informes Anuales de la actividad del volcán Tungurahua emitidos por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG – EPN)
- Informes Mensuales de emisión de gases del volcán Tungurahua emitidos por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG – EPN)
- *ECONCIENCIA verde*, Revista de Investigación Ambiental, 2016. (Ministerio del Ambiente, 2016)
- Impacto de la caída de tefra en las comunidades andinas: las influencias del tamaño de la erupción y las condiciones climáticas durante la actividad 1999 – 2001 del volcán Tungurahua. (Le Pennec, y otros, 2012)
- Sistematización de prácticas para la gestión del riesgo por la erupción del volcán Tungurahua, 2010. (Valencia, 2010)
- Evaluación de la Influencia de la ceniza volcánica sobre suelos agrícolas aledaños al volcán Tungurahua. (Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos, 2009)
- Mapa de los Peligros Potenciales del Volcán Tungurahua, tercera edición, 2008. (Samaniego , y otros, 2008)

- Actividad del Volcán Tungurahua - Julio del 2006. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (Instituto Geofísico - Escuela Politécnica Nacional, 2006)
- Evento Eruptivo del volcán Tungurahua del 16 de agosto del 2006. (Instituto Geofísico - Escuela Politecnica Nacional)
- Los Peligros Volcánicos asociados con el Tungurahua, primera edición, 2003. (Samaniego, y otros, 2003)
- Los Peligros Volcánicos asociados con el Tungurahua, segunda edición, 2005. (Le Penec, y otros, 2005)
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Cotaló, diagnóstico 2015. (GAD Parroquial Rural Cotaló, 2015)
- Metodología de valoración de Tierras Rurales. Propuesta 2008. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2008)
- Las grandes erupciones del Tungurahua de los años 1916 – 1918. (Martínez, 1932)
- Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador. (Mothes, 1998)
- Enfrentando los Riesgos Socionaturales, 2018. (Baró Suárez & Monroy Gaytán, 2018)
- Manual para la elaboración de Mapas de Riesgo, 2017. (Programa Naciones Unidas para el Desarrollo; Ministerio de Seguridad de la Nación, 2017)
- Cartografía de Riesgos y Capacidades en el Ecuador. Diagnóstico previo a planes de intervención de las ONG´s. Prevención, mitigación, preparación ante desastres, evaluación de capacidades y reducción de vulnerabilidad. Cartografía de las



amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador, 2001. (DEMORAES & D'ERCOLE, 2001)

- Metodología de Modelación Probabilística de Riesgos Naturales. Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales y Selección. (CAPRA - ERN, Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina-)

### **3.4.2 Fuente primaria**

Se procedió a trabajar con siguientes fuentes y técnicas primarias:

- La recolección de datos través de la observación mediante la visita y recorrido de campo, la obtención de información sobre la afectación de los cultivos de la zona a consecuencia de los peligros volcánicos producto de la actividad del Tungurahua.
- La realización de encuestas aplicadas a los habitantes de la parroquia Cotaló, en donde se establece las características agrícolas propias de la zona, a ser analizadas.
- La utilización de una imagen satelital del área de estudio que nos ayude a visualizar las zonas cultivables y zonas afectadas por peligros volcánicos.
- La recolección de datos geospaciales y generación cartográfica que nos permita realizar los diferentes mapas de estudio, así como su análisis.
- Imágenes documentales del área de estudio, y fotografías tomadas in situ.

### **3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos (Estadísticos utilizados), para cada uno de los objetivos específicos**

*Procesamiento.-* Con la recolección de la información se procedió a transformarlos en datos ordenados y útiles mediante la utilización de los siguientes procesadores informáticos:

- Microsoft Word 2010
- Microsoft Excel 2010

Para la obtención de la imagen satelital, datos geospaciales, generación cartográfica y mapas temáticos se utilizó:

- SASPlanet
- Global Mapper
- Sistema de Información Geográfica ARCGIS 10.5

*Análisis, técnicas e instrumentos.-* Para el análisis de los objetivos se basó en las siguientes fuentes principales:

- Los estudios e informes emitidos por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional sobre el monitoreo de la actividad histórica – reciente del volcán Tungurahua, ente rector encargado del monitoreo de los volcanes en el Ecuador.
- La Metodología de Valoración de Tierras Rurales propuesta por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, año 2008 para Peligro Volcánico.
- Los estilos de actividad eruptiva histórica – reciente del volcán Tungurahua en base a los índices de explosividad volcánica (VEI) realizados por Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional; datos de suma importancia para el análisis cualitativo del mapa de susceptibilidad a peligros volcánicos.

- La interpretación y representación de los niveles de peligrosidad, zonas y grados de susceptibilidad a peligros volcánicos, mediante el Sistema de Información Geográfica ARCGIS 10.5 lo que nos permite visualizar el territorio de manera espacial.
- La representación análisis e interpretación de cuadros y gráficos estadísticos de los resultados obtenidos en las encuestas.

Para la generación de los mapas:

- Información cartográfica disponible y digitalización de shapefiles sobre los peligros volcánicos potenciales publicados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) y para la cartografía base el Instituto Geográfico Militar (IGM).
- Información espacial existente en el SIGAGRO clasificado en dos tipos de peligro por flujos y ceniza, con la asignación de pesos de ponderación y niveles de peligrosidad.
  - La capa de flujos comprende: lahares, flujos piroclásticos, flujos de lava y avalancha de escombros.
  - El segundo tipo de peligro corresponde a la capa de caída de ceniza.
- La reclasificación de la unión de los peligros por flujos y ceniza propuesta en la Metodología de Valoración de Tierras Rurales del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, año 2008.
- La obtención de la capa de susceptibilidad resultante de la combinación de los flujos con la caída de ceniza para lo cual se analiza y aplica la matriz de doble entrada con asignación de los pesos de y niveles.

Uno de los instrumentos utilizados para la recolección de información sobre la afectación en los cultivos de la zona de estudio, es la encuesta, la misma que está dirigida a los pobladores de la parroquia Cotaló; la estructurada contempla preguntas claras, alternativas múltiples y específicas, cuyo objeto radica en obtener datos claros, eficaces y rápidos.

### **3.6 Elaboración de la Cartografía Temática**

La información cartográfica utilizada para la elaboración de los mapas se realizó en base a los datos geospaciales, shapefiles obtenidos de los Geoportales de acceso libre del Sistema Nacional de Información (SNI), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (SIGAGRO), Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional – Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos (IGEPN - STGR), Almanaque Electrónico Ecuatoriano (AEE):

- Escala general 1:50.000
- Sistema de Proyección de Coordenadas Planas Universal Transverse Mercator (UTM)
- Zona correspondiente de estudio 17 Sur
- Datum World Geodetic System 84 (WGS-84)

El sistema de coordenadas geográficas mundial nos permite localizar cualquier punto en la tierra basado en el sistema de posicionamiento mundial (GPS).

El sistema de Información Geográfica utilizado para la elaboración de los mapas de la parroquia Cotaló es el software ARCGIS 10.5:

- Con el ArcMap 10.5 se procedió a realizar el recorte de los shapefiles descargados al perfil de la zona de estudio con la utilización de la herramienta Clip, obteniendo:
  - Mapa de Ubicación Geográfica de la Parroquia rural de Cotaló

- Mapa de División Política Administrativa de la Parroquia rural de Cotaló (escala de impresión 1:40.000)
- Mapa de Geomorfología (escala de impresión 1:40.000)
- Mapa de Clasificación de Pendientes (escala de impresión 1:40.000), para lo cual:
  - ✓ Se generó curvas de nivel a un intervalo de 5m con Global Mapper
  - ✓ Elaboración de un TIN a partir de las curvas (Arc Tollbox, 3D Analyst Tools, Data Management, TIN, create TIN)
  - ✓ Creación de un Raster (Arc Tollbox, 3D Analyst Tools, Conversion, From TIN, TIN to Raster)
  - ✓ Obtención de un Hillshade (Arc Tollbox, 3D Analyst Tools, Raster Surface, Hillshade)
  - ✓ Procesamiento de las pendientes (Arc Tollbox, 3D Analyst Tools, Raster Surface, Slope)
  - ✓ Reclasificación de pendientes en 5 intervalos (Arc Tollbox, 3D Analyst Tools, Raster Reclass, Reclassify)
- Mapa Geológico - Litológico (escala de impresión 1:40.000)
- Mapa Hidrológico (escala de impresión 1:40.000)
- Mapa de Textura del Suelo (escala de impresión 1:40.000)
- Mapa de Capacidad de Uso del Suelo (escala de impresión 1:40.000)
- Mapa de Uso del suelo (escala de impresión 1:40.000)

- De la misma manera se procedió a recortar los shapefiles obtenidos del IGEPN – STGR sobre peligros volcánicos al perfil de estudio; se crearon dos campos en la tabla de atributos ingresando el peso y nivel obtenido del respectivo análisis; elaborando:
  - Mapa de Peligro por Caída de Ceniza del volcán Tungurahua (escala de impresión 1:40.000)
  - Mapa de Peligro por Flujos Piroclásticos del volcán Tungurahua (escala de impresión 1:40.000)
  - Mapa de Peligro por Lava y Piroclásticos del volcán Tungurahua (escala de impresión 1:40.000)
  - Mapa de Peligro por Lahares del volcán Tungurahua (escala de impresión 1:40.000)
  - Mapa de Peligro por Avalancha de Escombros del volcán Tungurahua (escala de impresión 1:40.000)
  
- Para la obtención del Mapa de susceptibilidad a Peligros volcánicos del volcán Tungurahua (escala de impresión 1:40.000):
  - Herramienta Geoprocessing, Unión, ingresamos las capas de flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares y avalancha de escombros, creamos campos en la tabla de atributos e ingresamos los datos de reclasificación.
  - Herramienta Geoprocessing, Unión, ingresamos la capa resultante de la Unión de los Flujos y peligro por Caída de Ceniza, creamos campos en la tabla de atributos e ingresamos el análisis resultante de la combinación de peligros de la matriz de doble entrada.

***Presentación de Resultados.-*** Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación están expuestos en tablas, gráficos, matrices y mapas temáticos a una escala de impresión de 1:40.000.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

#### 4.1 Resultados según objetivo 1

##### **Analizar los peligros volcánicos producto de la actividad histórica – reciente del Tungurahua como indicadores cualitativos a los que está expuesta la parroquia Cotaló.**

Mediante la sistematización de los documentos históricos, informes, estudios sobre los fenómenos volcánicos producto de los procesos de actividad eruptiva del Tungurahua, el potencial impacto y afectación producida al sector agrícola, así como el análisis de la información cartográfica disponible nos permite establecer los principales peligros volcánicos a los que está expuesta la parroquia Cotaló:

- Gases Volcánicos
- Caída de Ceniza
- Flujos piroclásticos
- Flujos de lava
- Lahares
- Avalancha de escombros

Se procede a realizar el análisis de cada uno de los peligros anteriormente mencionados basados en la probabilidad de ocurrencia y en su potencial impacto, para lo cual mediante la asignación de pesos de ponderación y niveles de peligro en cada uno de los atributos de las entidades geográficas (shapefiles) y con la utilización del sistema de información geográfica ARCGIS 10.5 obtenemos como resultado las posibles áreas a ser afectadas y la representación cartográfica de los siguientes mapas:

- Mapa de Peligro por Caída de Ceniza del volcán Tungurahua



- Mapa de Peligro por Flujos Piroclásticos del volcán Tungurahua
- Mapa de Peligro por Lava y Piroclásticos del volcán Tungurahua
- Mapa de Peligro por Lahares del volcán Tungurahua
- Mapa de Peligro por Avalancha de Escombros del volcán Tungurahua

A continuación se detalla la caracterización y zonificación de cada uno de los peligros volcánicos a los que está expuesta la zona de estudio:

#### **4.1.1 Gases volcánicos**

Nos permite conocer el volumen de emisiones de los gases característica fundamental de las erupciones explosivas del Tungurahua en su proceso de desgasificación y diferenciación del magma, los mismos que al mezclarse con la ceniza y el agua de la atmosfera han ocasionado lluvias ácidas que han afectado las plantas y cultivos en un rango de 4 km, a esto asociado la dirección del viento hacia el occidente.

Es importante mencionar que durante el período eruptivo reciente en los años de 1999 – 2006 los habitantes de la parroquia experimentan el olor azufre en las partes bajas del volcán especialmente en las comunidades ubicadas al pie como Cusúa y Chacauco.

Por lo antes mencionado se establecen algunos de los principales eventos de acontecimiento de este fenómeno:

- El 13 de octubre del 1999 las medidas de SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) alcanzaron valores superiores a 10000 toneladas día.
- El 14 de julio del 2006 el volcán Tungurahua entra en un proceso de constante desgasificación en la salida de gases magmáticos; por lo que a finales del mes el nivel de SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) alcanzó las 3200 toneladas día.

De la misma manera se presentan datos de emisiones, flujos mensuales acumulados de SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) del volcán Tungurahua así como la velocidad y dirección del viento:

**Tabla 40**

*Emisiones mensuales acumuladas de SO<sub>2</sub> emitidas por el Volcán Tungurahua*

	2013 (t)	2014 (t)	2015 (t)	2016 (t)	2017 (t)	2018 (t)	2019 (t)
<b>Enero</b>	-		19240	12914	13049	6672	Nulo
<b>Febrero</b>	-	9432	9843	16773	10462	5699	Nulo
<b>Marzo</b>	-	8906	14216	24882	9901	7972	Nulo
<b>Abril</b>	-		44971	6977	13370	8604	Nulo
<b>Mayo</b>	-	29717	48288	15622	16646	12703	Nulo
<b>Junio</b>	-		72505	17977	16851	15655	Nulo
<b>Julio</b>	-	36714	68837	19088	20135	13851	Nulo
<b>Agosto</b>	-	141155	68847	10358	17776	14252	-
<b>Septiembre</b>	-	38041	36831	15835	14888	13702	-
<b>Octubre</b>	31422	21990	40663	13397	12342	6861	-
<b>Noviembre</b>	9719	11154	43425	15835	8194	3207	-
<b>Diciembre</b>	5207		19636	10380	10470	5765	-

**Fuente:** Datos obtenidos de los informes mensuales del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2013 – 2019). (t = tonelada)

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**Tabla 41**

*Datos mensuales de dirección y velocidad del viento*

	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	Velocidad (m/s)	Dirección	Velocidad (m/s)	Dirección	Velocidad (m/s)	Dirección	Velocidad (m/s)	Dirección	Velocidad (m/s)	Dirección	Velocidad (m/s)	Dirección	Velocidad (m/s)	Dirección
<b>Enero</b>	-	-	-	-	2 - 11	W (N240°-N300)	1 - 11	NW-SW (199°-349°)	1 - 10	W	1 - 13	W-SSW	1 - 12	WSW
<b>Febrero</b>	-	-	-	-	1 - 12	SW-NW (N218°-N324) N - E	2 - 13	W-WSW (234°-287°)	1 - 9	W	1 - 9	Variable	1 - 11	W

Marzo	-	-	2 - 10 8 - 11	SW-W (N190°-N276°) NE	1 - 10	W-NW (N260°-N326)	2 - 14	WNW- WSW (234°- 319°)	1 - 10	W	1 - 10	N-SW	0 - 9	W-N NW-SW
Abril	-	-	-	--	1 - 15	SW-N (N230°-N0°)	1 - 15	W-SW (259°-313°)	3 - 12	W	2 - 11	W	1 - 9	W-N-S
Mayo	-	-	1 - 12	W-WNW (N260°-N315°)	3 - 15	WSW-NW (N258°-N310°)	1 - 14	WSW- WNW (218°-297°)	4 - 14	W	3 - 13	W	3 - 16	W-NW SW
Junio	-	-	-	-	3 - 18	SW-NW (N240°-N320°)	6 - 18	W (251°-290°)	5 - 15	W	2 - 15	W	1 - 17	W-SW
Julio	-	-	5 - 17	SW - W (N225°-N281°)	2 - 15	SW-NW (N262°-N315°)	6 - 16	W (241°-281°)	3 - 19	W	2 - 15	W	5 - 16	W-SW NW
Agosto	-	-	4 - 15	W (N235°-N315°)	2 - 17	SW-NW (N 234°- N 342°)	1 - 15	WSW (223°-287°)	3 - 15	W	4 - 14	W	-	-
Septiembre	-	-	2 - 14	SW - NW (N210°-N290°)	2 - 14	W-SW (N248°-N294°)	3 - 18	W (252°-297°)	4 - 13	W	3 - 14	W	-	-
Octubre	1 - 15	SW - NW (N225°-N315°)	1 - 14	W-NW (N255°-N299°)	2 - 14	W-SW (N246°-N300°)	1 - 7	SW	2 - 13	W- WSW	2 - 7	W	-	-
Noviembre	1 - 6	NE-SE (N45°-N154°) S-NW (N212°-N328°)	1 - 7	SW-NW (N240°- N296°) N - NE - SE	1 - 11	NW - SW (N220°-N312°) NE - SE	1 - 9	NW	1 - 10	WNW -SW	1 - 5	W	-	-
Diciembre	2 - 10	SW-NW (N216°-N282°) NE-SE (N10°-N130°)	-	-	2 - 13	NW-SW (305°-211°)	1 - 8	W-SW	2 - 10	WNW -SW	3 - 12	W	-	-

**Fuente:** Datos obtenidos de los informes mensuales del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2013 – 2019). (m/s = metros por segundo)

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

#### 4.1.2 Caída de ceniza

Nos permite establecer las posibles áreas de afectación por la ceniza volcánica, la misma que al ser depositada en el suelo pueden llegar a contaminar las fuentes de agua, quemar las plantas, destruir las cosechas, inutilizar los suelos cultivables y causar efectos negativos en la agricultura.

A continuación se presenta el análisis y la zonificación realizado al área de estudio ante el peligro por caída de ceniza con su respectivo peso, nivel de peligrosidad y representación cartográfica:

- La posible área de afectación por caída de ceniza se extiende a todo el territorio parroquial en una superficie de 46,50 Km<sup>2</sup> y un Nivel de Peligrosidad Alto para las comunidades de Pillate, San Juan, Laurelpamba, Mucubí, San José de las Queseras, Panguilí, Chacaucó, Cusúa y la cabecera parroquial.

**Tabla 42**

*Caracterización de Peligro por Caída de Ceniza en la Parroquia Rural de Cotaló*

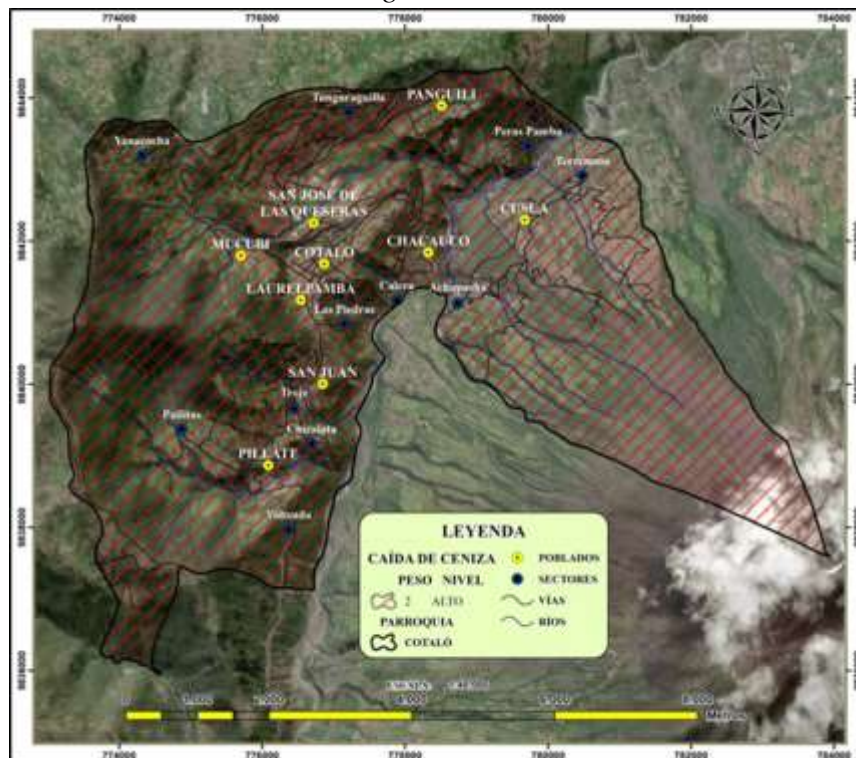
Código	Volcán	Descripción	Peso	Nivel	Área (km) <sup>2</sup>
CNMY	Tungurahua	Mayor peligro por caída de ceniza	2	ALTO	46,50

Nota. Adaptado de Metodología de Valoración de Tierras Rurales MAGAP (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**Mapa 11**

*Peligro por Caída de Ceniza del volcán Tungurahua*



Nota. Datos Obtenidos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

### **4.1.3 Flujos Piroclásticos**

Nos permite determinar los niveles de peligrosidad y la superficie que puede llegar a ser cubierta por flujos piroclásticos emitidos por el volcán Tungurahua; estableciendo que los mismos son considerados como uno de los fenómenos más letales ya que pueden producir la destrucción total de todo lo que se encuentre a su paso, especialmente en las partes bajas donde son depositados, removiendo completamente la cobertura vegetal, arrastrando, arrancando y quemando trocos árboles, cultivos, invernaderos y desbastando tierras cultivables.

Es así que se presenta el análisis del territorio de la parroquia rural de Cotaló con sus niveles potenciales de exposición y la representación en el mapa de las zonas y comunidades que llegasen a ser alcanzadas por este fenómeno:

- Las comunidades con mayor peligro a sufrir afectación por flujos piroclásticos son Cusúa y Chacauco, además de los sectores como Terremoto, Peras Pamba, Achupasha y La Calera; las mismas que se encuentran geográficamente ubicadas en la parte baja de la parroquia con zonas de cultivo inclusive en las faldas del volcán, lo que establece un nivel de exposición Alto con una extensión territorial de 17,04 Km<sup>2</sup>.
- Un nivel de Peligro Medio abarca una superficie de 2,52 Km<sup>2</sup> en parte del territorio de la comunidad de Chacauco y el sector de Las Piedras.
- Dentro de la zona con Nivel Bajo encontramos las comunidades de Panguilí, San José de las Queseras, Cotaló, Pillate, San Juan, Laurelpamba y los sectores de Troje, Chizalata y Volteada, abarcando un área de 9,37 Km<sup>2</sup>.
- En lo que corresponde a las comunidades Sin Peligro de ser alcanzados por flujos piroclásticos tenemos la comunidad de Mucubí y los sectores de Tungurahuilla,

Yabacocho y Pailitas, con un espacio geográfico de 17,57 Km<sup>2</sup>; mencionando que estos asentamientos se encuentran en las partes más altas de Cotaló y más alejadas del volcán.

**Tabla 43**

*Caracterización de Peligro por Flujos Piroclásticos en la Parroquia Rural de Cotaló*

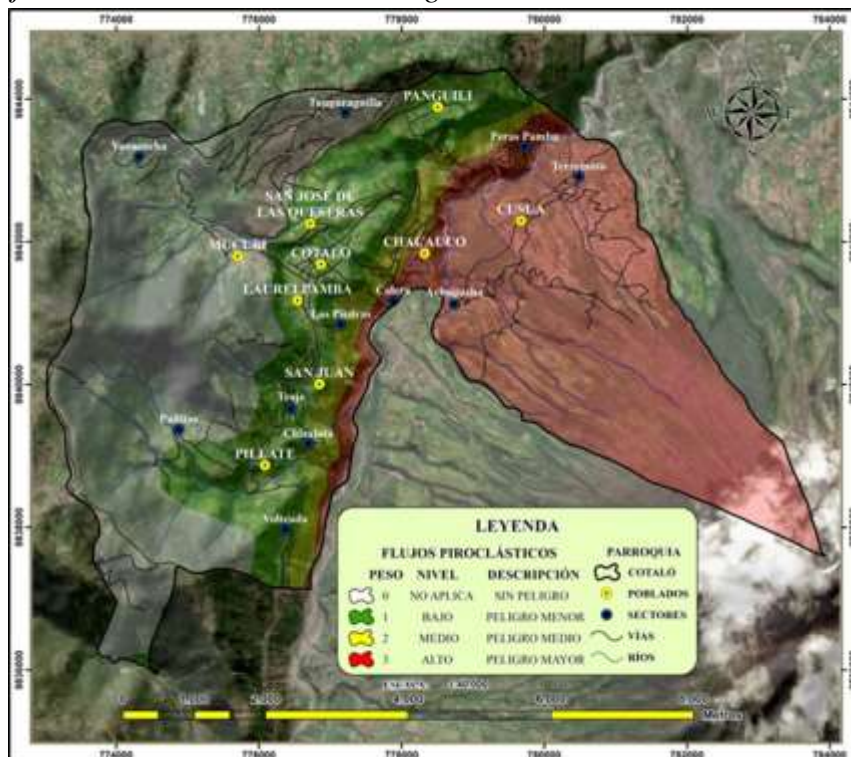
Código	Volcán	Descripción	Peso	Nivel	Área (km) <sup>2</sup>
FPMN	Tungurahua	Peligro menor por flujos piroclásticos	1	Bajo	9,37
FPMD	Tungurahua	Peligro medio por flujos piroclásticos	2	Medio	2,52
FPMY	Tungurahua	Peligro mayor por flujos piroclásticos	3	Alto	17,04
SP	Tungurahua	Sin peligro	0	No aplica	17,57

Nota. Adaptado de Metodología de Valoración de Tierras Rurales MAGAP (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**Mapa 12**

*Peligro por Flujos Piroclásticos del volcán Tungurahua*



Nota. Datos Obtenidos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

#### **4.1.4 Flujos y domos de lava**

Nos permite identificar los niveles de exposición del territorio y de las comunidades ante la presencia de flujos de lava, los mismos que pueden ocasionar incendios en bosques y cultivos, cuya la intrusión en el agua superficial produce explosiones y emisiones de roca fundida; además es importante mencionar que las tierras agrícolas que son afectadas por este fenómeno volcánico no pueden aprovecharse ni cultivarse durante muchos años; también se indica que en el caso de los domos al ser destruidos causan la caída de piroclásticos.

A continuación se presenta el análisis del espacio geográfico de la parroquia ante el peligro por flujos de lava y piroclastos:

- En un Nivel Alto con una superficie de 17,04 Km<sup>2</sup> tenemos las comunidades de Cusúa y Chacauco y los sectores de Terremoto, Peras Pamba, Achupasha y La Calera ubicados al pie del edificio volcánico, cuyo nivel de peligrosidad está caracterizado por las cercanías a los flancos del volcán y la topografía irregular con pendientes y quebradas pronunciadas.
- El sector de Las Piedras y parte de la comunidad de Chacauco están dentro del Nivel de Peligro Medio y abarcan una extensión territorial de 2,52 Km<sup>2</sup>.
- Las comunidades de Panguilí, San José de las Queseras, Cotaló, Pillate, San Juan, Laurelpamba y los sectores de Troje, Chizalata y Volteada se encuentran en la zona de Nivel Bajo con un área de 9,37 Km<sup>2</sup>.
- La zona Sin Peligro de afectación comprende un espacio geográfico de 17,57 Km<sup>2</sup>; aquí encontramos la comunidad de Mucubí y los sectores de Tungurahuilla, Yabacocho y Pailitas.

**Tabla 44**

*Caracterización de Peligro por Lava y Piroclásticos en la Parroquia Rural de Cotaló*

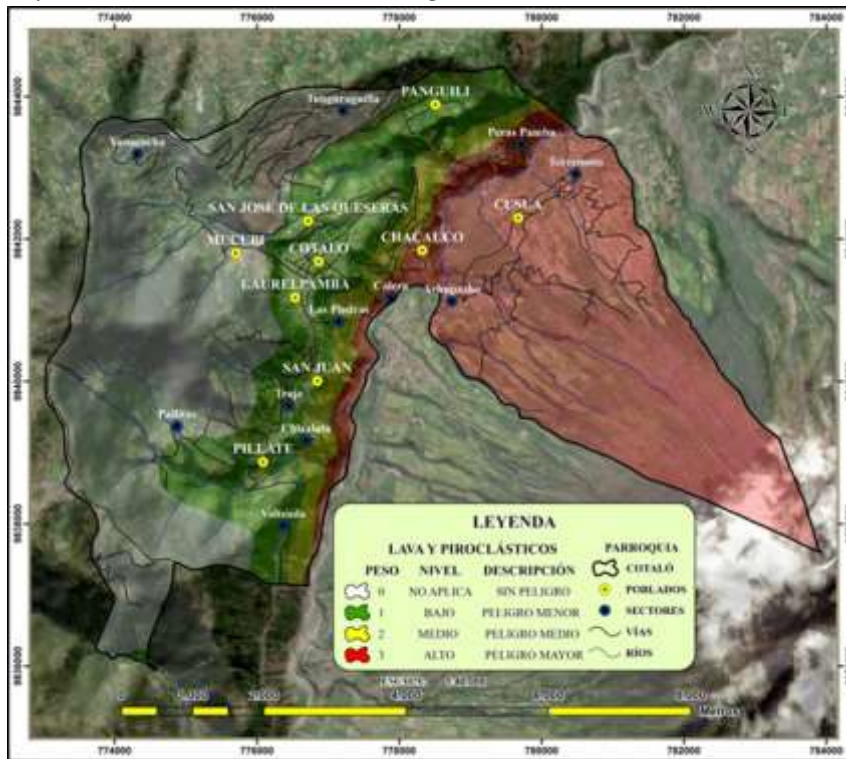
Código	Volcán	Descripción	Peso	Nivel	Área (km) <sup>2</sup>
LVMN	Tungurahua	Peligro menor por lava y piroclásticos	1	Bajo	9,37
LVMD	Tungurahua	Peligro medio por lava y piroclásticos	2	Medio	2,52
LVMY	Tungurahua	Peligro mayor por lava y piroclásticos	3	Alto	17,04
SP	Tungurahua	Sin peligro	0	No aplica	17,57

Nota. Adaptado de Metodología de Valoración de Tierras Rurales MAGAP (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**Mapa 13**

*Peligro por Lava y Piroclásticos del volcán Tungurahua*



Nota. Datos Obtenidos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.



#### **4.1.5 Lahares (flujos de lodo)**

Este parámetro nos permite representar los niveles de peligro del territorio estudiado ante la probabilidad de ocurrencia y generación de lahares, mencionando que su peligrosidad está caracterizada por el volumen de los diferentes materiales volcánicos depositados en las partes altas del edificio volcánico, los mismos que al mezclarse con el agua ya sea por deshielo en la cumbre o la presencia de fuertes lluvias alcanzan grandes velocidades, desplazándose por drenajes, laderas y quebradas, llegando a causar efectos catastróficos en las zonas bajas, donde el material es depositado, como la destrucción de la vegetación, de los suelos, además que pueden remover y enterrar profundamente campos agrícolas.

Es así que se presenta las posibles zonas de afectación, sus niveles de peligrosidad y la representación espacial del territorio ante peligro por de lahares a los que está expuesta la zona de estudio:

- La superficie de 17,04 Km<sup>2</sup> del territorio parroquial tienen un Alto Nivel de exposición a ser afectados por lahares en comunidades de Cusúa, Chacauco y los sectores de Terremoto, Peras Pamba, Achupasha y La Calera.
- La parte alta de la comunidad de Chacauco y el sector de Las Piedras tienen un Nivel de Peligro Medio con una superficie de terreno de 2,52 Km<sup>2</sup>.
- En un Nivel de peligro Bajo con una extensión de terreno de 9,37 Km<sup>2</sup> tenemos las comunidades de Panguilí, San José de las Queseras, Cotaló, Pillate, San Juan, Laurelpamba y los sectores de Troje, Chizalata y Volteada.
- La comunidad de Mucubí y los sectores de Tungurahuilla, Yabacocha y Pailitas no presentan peligro de flujos de lodo en un área de 17,57 Km<sup>2</sup>.

**Tabla 45**

*Caracterización de Peligro por Lahares en la Parroquia Rural de Cotaló*

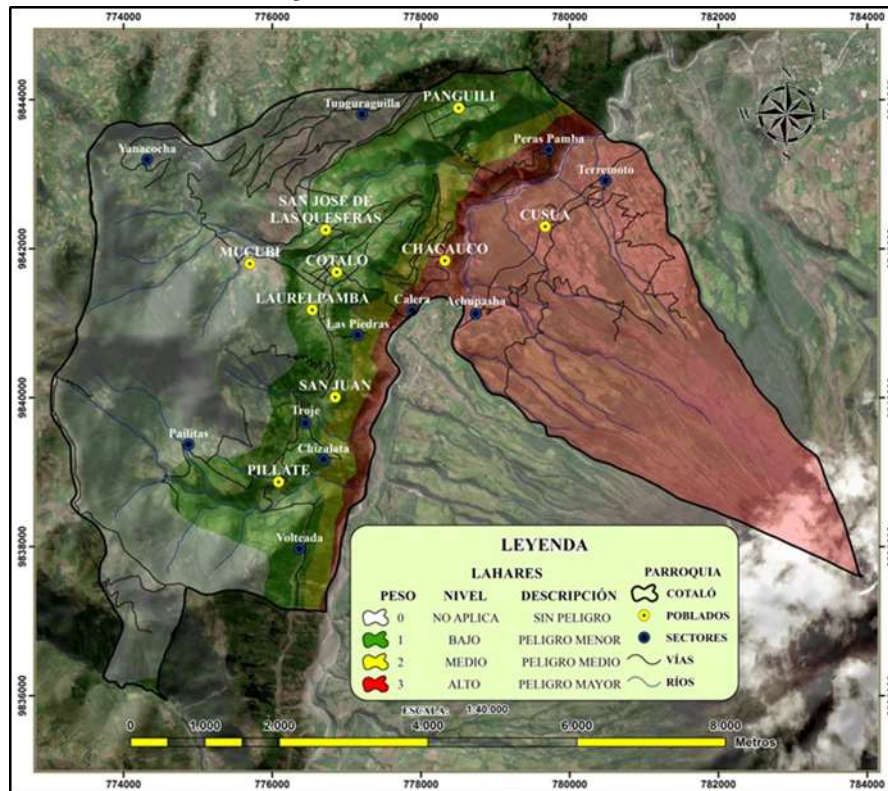
Código	Volcán	Descripción	Peso	Nivel	Área (km) <sup>2</sup>
LHMN	Tungurahua	Peligro menor por lahares	1	Bajo	9,37
LHMD	Tungurahua	Peligro medio por lahares	2	Medio	2,52
LHMY	Tungurahua	Peligro mayor por lahares	3	Alto	17,04
SP	Tungurahua	Sin peligro	0	No aplica	17,57

Nota. Adaptado de Metodología de Valoración de Tierras Rurales MAGAP (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**Mapa 14**

*Peligro por Lahares del volcán Tungurahua*



Nota. Datos Obtenidos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

#### 4.1.6 *Avalancha de escombros*

Con el análisis de este peligro podemos determinar las zonas probables de potencial impacto y afectación de grandes deslizamientos producidos por inestabilidad o colapso parcial del edificio volcánico o sus flancos, el mismo que está determinado por su rápida movilidad y el alcance de grandes distancias, inclusive pueden llegar a sobrepasar barreras topográficas de grandes alturas, modificando la topografía preexistente; indicando que a pesar de ser poco frecuente son de alto nivel destructivo ya que pueden llegar a enterrar grandes superficies de territorio, represar ríos, causar inundaciones y generar enormes flujos de material volcánico.

Se presenta los niveles y zonas de peligrosidad por avalancha de escombros a los que está expuesta la parroquia Cotaló:

- Una superficie del territorio de 35,98 Km<sup>2</sup> se encuentra dentro del Nivel de Peligrosidad Medio, cuya extensión de la avalancha afectaría las comunidades de Cusúa, Chacauco, Panguilí, San José de las Queseras, Cotaló, Pillate, San Juan, Laurelpamba, Mucubí y los sectores de Terremoto, Peras Pamba, Achupasha, La Calera, Las Piedras, Troje, Chizalata, Volteada, Tungurahuilla y Pailitas.
- La posibilidad de afectación por una mínima extensión de deslizamiento volcánico comprende un área de 10,52 Km<sup>2</sup> con un Nivel de Peligrosidad Bajo; aquí encontramos el sector de Yabacocho.

**Tabla 46**

*Caracterización de Peligro por Avalancha de Escombros en la Parroquia Rural de Cotaló*

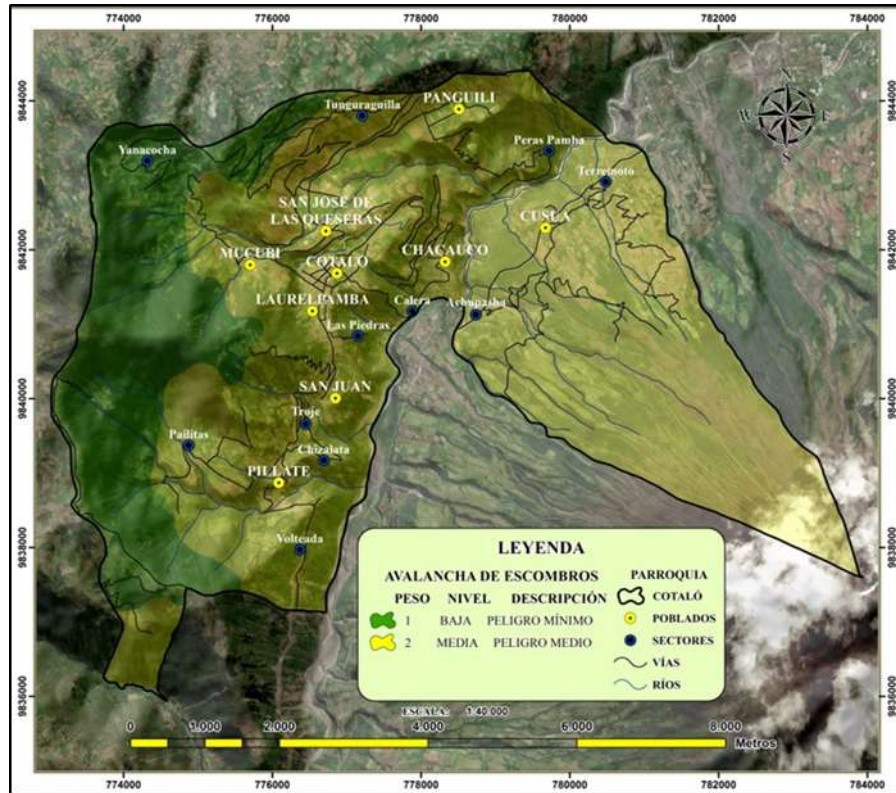
<b>Código</b>	<b>Volcán</b>	<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>	<b>Nivel</b>	<b>Área (km)<sup>2</sup></b>
AEMI	Tungurahua	Mínima extensión de avalancha	1	Mínimo	10,52
AEMN	Tungurahua	Menor extensión de avalancha	2	Medio	35,98

Nota. Adaptado de Metodología de Valoración de Tierras Rurales MAGAP (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## Mapa 15

### *Peligro por Lahares del volcán Tungurahua*



Nota. Datos Obtenidos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

## **4.2 Resultados según objetivo 2**

### **Determinar las áreas de susceptibilidad a peligros volcánicos del Tungurahua.**

El mapa de susceptibilidad nos proporciona información espacial de la parroquia rural de Cotaló ante la presencia de fenómenos volcánicos potencialmente perjudiciales que pueden ocurrir durante una erupción del volcán Tungurahua.

Es importante mencionar que el respectivo mapa de susceptibilidad es el resultado del análisis de los productos volcánicos a consecuencia del proceso histórico eruptivo del volcán Tungurahua como son: caída de ceniza, flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares y avalancha de escombros; lo que nos da a conocer como fueron las erupciones pasadas, el grado de peligrosidad y las zonas afectadas, permitiéndonos de esta manera obtener un escenario de riesgos con su respectivo análisis cualitativo y así establecer las zonas susceptibles a peligros volcánicos con el grado o nivel de exposición e interpretar cuales serían las zonas propensas a ser dañadas en una erupción futura.

Es así que con el análisis realizado a los principales peligros volcánicos, la zonificación del territorio mediante la asignación de pesos y niveles de peligrosidad (Sin peligro = 0, Bajo = 1, Medio = 2, Alto = 3), la obtención de las tablas y con la información cartográfica disponible, se procedió a sistematizar la información con la utilización del ARCMAP 10.5 para lo cual:

- 1.** Se realiza la unión o combinación de las capas de peligro por flujos volcánicos: lahares, flujos piroclástico, flujos de lava y avalancha de escombros.
- 2.** Se reclasifica los pesos y niveles de la capa resultante de la unión de los flujos.
- 3.** Se procede a reclasificar la capa de peligro por caída de ceniza
- 4.** Se vuelve a unir la capa reclasificada de peligro por caída de ceniza con la reclasificación de la capa resultante de la unión de los flujos.

- Obtenemos como resultado una capa única en donde se procede utilizar y realizar el análisis de la matriz de doble entrada, obteniendo como resultado final los grados de susceptibilidad:

**Tabla 47**

*Resultado del análisis de la matriz de doble entrada*

<b>CLASE</b>	<b>Reclasificación obtenida de la unión de los flujos volcánicos</b>		
<b>Caída de Ceniza</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	2	3	3

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

- En la capa resultante en base a los grados de susceptibilidad obtenidos establecemos los respectivos niveles de peligrosidad; así como la simbología y representación de los datos obtenidos cuyo resultado es el mapa de Susceptibilidad a Peligros Volcánicos del Tungurahua:

**Tabla 48**

*Susceptibilidad a peligros volcánicos*

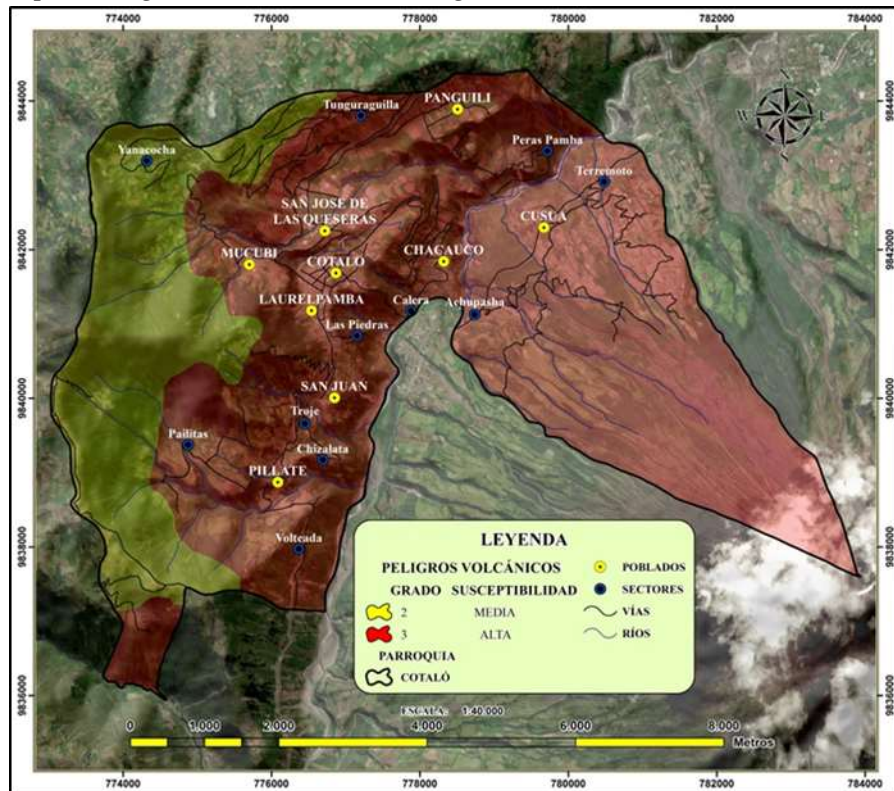
<b>Nivel de Susceptibilidad</b>	<b>Grado</b>
<b>MEDIA</b>	2
<b>ALTA</b>	3

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

De esta manera se presenta el mapa y la caracterización de Susceptibilidad a Peligros volcánicos de la parroquia rural de Cotaló:

## Mapa 16

### *Susceptibilidad por Peligros Volcánicos del Tungurahua*



Nota. Resultado del cruce de las capas de los peligros volcánicos analizados.

Cartografía base del Instituto Geográfico Militar.

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

Se realiza el análisis e interpretación del mapa de susceptibilidad a peligros volcánicos tomando como referencia la información sobre los estilos de actividad histórica - reciente del volcán Tungurahua en base a los índices de explosividad volcánica (VEI), realizados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG- EPN):

**Tabla 49***Análisis del mapa de susceptibilidad a Peligros Volcánicos del Tungurahua*

Grado	Nivel	Área (ha)	Descripción	Tipo de escenario
2	Medio	1052	Zona con una probabilidad media a ser afectada por: flujos piroclásticos, flujo de lava, lahares, considerable presencia de flujos de lodo, caída de ceniza en alto o bajo grado; y la posible extensión de una avalancha de escombros, cuyo volumen sea de varios km <sup>3</sup> .	<b>Flujos.-</b> se establece una zona de transición entre escenario precedente (VEI = 2-3) y escenario posterior (VEI ≥ 4). <b>Caída de ceniza.-</b> un espesor de 10 mm en la ocurrencia de erupciones tipo (VEI = 2), 30mm para (VEI = 3) y valores mayores para (VEI ≥ 4). <b>Avalancha de escombros.-</b> Poco frecuente cuya ocurrencia se da cada varias decenas de miles de años y se establece en eventos extremadamente explosivos (VEI ≥ 5).
3	Alto	3598	Zona con probabilidad alta a ser afectada por: flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares, flujos de lodo, mayor cantidad de caída de ceniza en alto o bajo grado y la posible extensión de una pequeña avalancha de escombros cuyo volumen de sea de 1 km <sup>3</sup> .	<b>Flujos.-</b> ocurrencia de una erupción pequeña a moderada (VEI = 2-3). <b>Caída de ceniza.-</b> un espesor de 10 mm en la ocurrencia de erupciones tipo (VEI = 2), 30mm para (VEI = 3) y valores mayores para (VEI ≥ 4). <b>Avalancha de escombros.-</b> Poco frecuente cuya ocurrencia se da cada varias decenas de miles de años y se establece en eventos extremadamente explosivos (VEI ≥ 5).

Fuente: Adaptado de IG – EPN, (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, 2008)

Nota. Adaptado del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional en base a los índices de Explosividad Volcánica y Metodología de Valoración de Tierras Rurales MAGAP (2008).

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

Finalmente se presenta el análisis de las áreas susceptibles:

**Tabla 50***Caracterización porcentual del área de estudio por Niveles de Susceptibilidad*

Nivel de Susceptibilidad	Grado	Área (km) <sup>2</sup>	Área (ha)	Porcentaje (%)
MEDIA	2	10,52	1052	22,62
ALTA	3	35,98	3598	77,38
<b>TOTAL</b>		<b>46,50</b>	<b>4650</b>	<b>100,00</b>

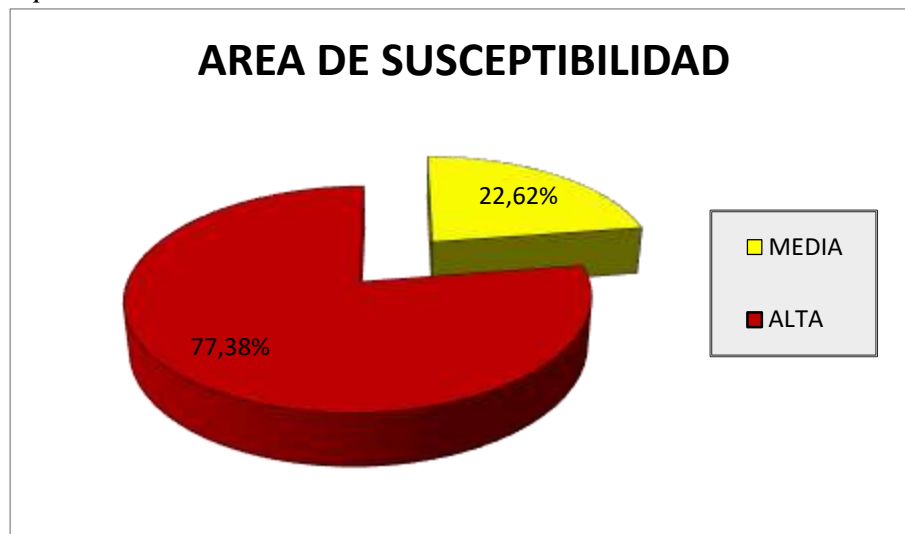
Nota. Base de datos del mapa de susceptibilidad a peligros volcánicos

Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.



## Gráfico 12

### Áreas de Susceptibilidad



Elaborado por: Ledesma Andrea y Sayay Silvana.

**Análisis cualitativo.-** Con el análisis realizado a cada uno de los factores de estudio y los resultados obtenidos de la combinación de las capas (flujos y ceniza), se determina que el espacio físico de la parroquia rural de Cotaló presenta un nivel de susceptibilidad medio de 1052 ha, que representa un 22,62%; mientras que 3598 ha representan un nivel alto del total del área de estudio a ser afectada por los peligros volcánicos, producto de una erupción del volcán Tungurahua.

### 4.3 Resultados según objetivo 3

#### **Identificar la afectación ocasionada en el sector agrícola durante el proceso eruptivo del volcán Tungurahua.**

La sistematización, análisis de la documentación bibliográfica, datos históricos y recorridos de campo sobre la afectación que ha sufrido el sector agrícola durante el proceso eruptivo histórico – reciente del volcán Tungurahua, nos permitió estructurar y aplicar la encuesta a los pobladores de la parroquia Cotaló.

Es así que se procede a la tabulación, análisis e interpretación de los datos obtenidos, con la finalidad de reflejar los daños producidos en los cultivos, cuyos resultados se basan en la experiencia y realidad propia vivida por parte de los pobladores que se dedican a la agricultura:

*Actividades agrícolas de la zona.* Nos permite conocer los cultivos propios de la zona y las características dedicadas para el cultivo.

#### **Se dedica usted a la agricultura.**

**Tabla 51**

*Se dedica usted a la agricultura*

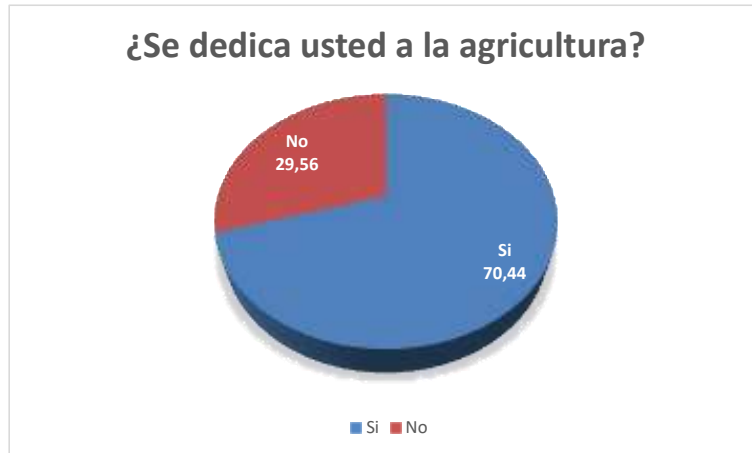
<b>Se dedica usted a la agricultura</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Si	224	70,44
No	94	29,56
<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

### Gráfico 13

*Se dedica usted a la agricultura*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** Del total de la población encuestada el 70,44% de los habitantes se dedican a la agricultura, siendo la misma la principal fuente de trabajo e ingresos para las familias; mientras que el 29,56% se dedica a otras actividades.

#### **Tipo de cultivos agrícolas que siembra.**

**Tabla 52**

*Tipo de cultivos agrícolas*

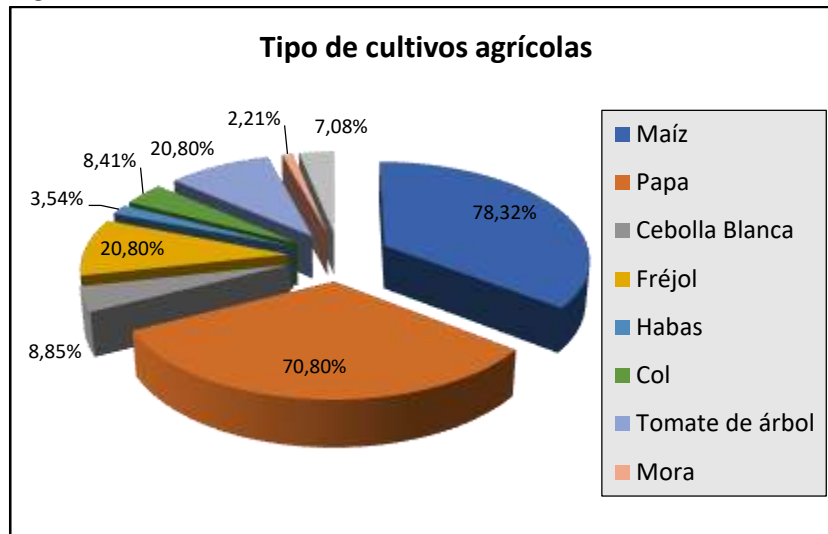
Tipo de Cultivos	Frecuencia	Porcentaje (%)
Maíz	177	78,32
Papa	160	70,80
Cebolla Blanca	20	8,85
Fréjol	47	20,80
Habas	8	3,54
Col	19	8,41
Tomate de árbol	47	20,80
Mora	5	2,21
Pastos	16	7,08

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

## Gráfico 14

### *Tipo de cultivos agrícola*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** El 78,32% corresponde al cultivo de maíz caracterizado por ser el más representativo de la zona debido a su fácil desarrollo y adaptación a los diferentes tipos de suelo de la parroquia; además de que es un producto de mayor resistencia ante la caída de ceniza; seguido del cultivo de papa con el 70,80% desarrollado en suelos arenosos, permeables y de mayor retención de agua; el 20,80% representa el cultivo de fréjol en su mayoría asociados con la siembra de maíz; de la misma forma con un 20,80% tenemos los cultivos de tomate de árbol, el 8,85% en el cultivo de cebolla que al igual que el maíz es resistente al material volcánico (ceniza); el 8,41% corresponde a los cultivos de col sembrado en huertos y parcelas más pequeñas; el 7,08% representa los pastos que a pesar de crecer en cualquier época es considerada por los agricultores como un cultivo; en menor porcentaje tenemos los cultivos de habas con un 3,54% y la fruta de la mora con un 2,21%.

## Cantidad de terreno dedicado para los cultivos.

**Tabla 53**

*Cantidad de terreno dedicado para los cultivos*

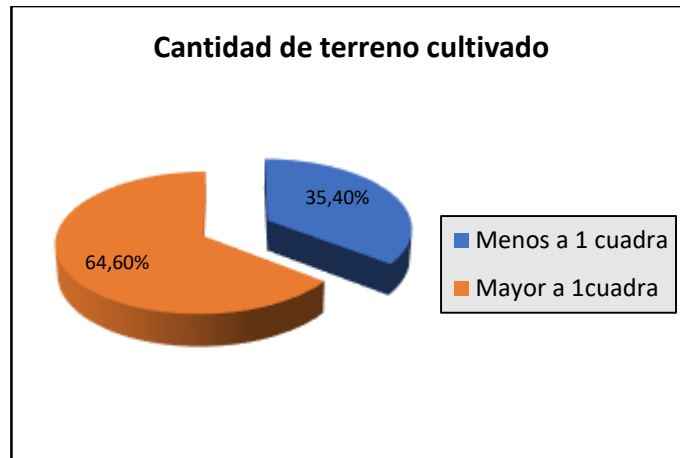
Cantidad de terreno	Frecuencia	Porcentaje (%)
Menor a 1 cuadra	80	35,40
Mayor a 1cuadra	146	64,60
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 15**

*Cantidad de terreno dedicado para cultivo*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** De 226 habitantes de la parroquia que se dedican a la agricultura el 64,60% destinan una cantidad de terreno mayor a una cuadra para la producción de sus cultivos; mientras que el 35,40% una cantidad menor a una cuadra.

## Tenencia del terreno.

**Tabla 54**

*Tenencia del terreno*

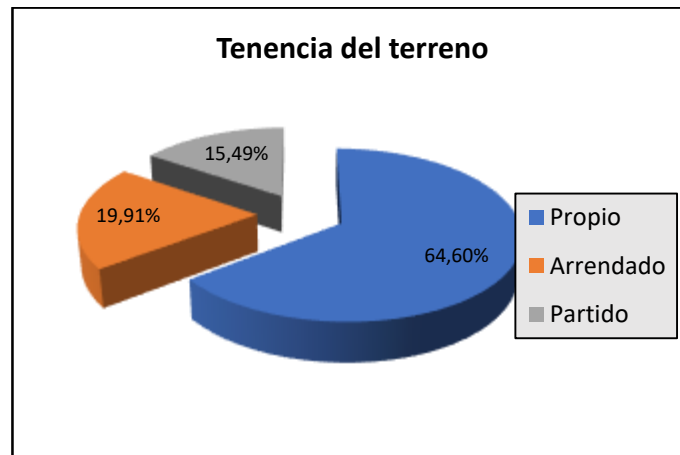
El terreno es	Frecuencia	Porcentaje (%)
Propio	146	64,60
Arrendado	45	19,91
Partido	35	15,49
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 16**

*Tenencia del terreno*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** El 64,60% del terreno que los agricultores destinan para la siembra son de su propiedad; mientras que el 19,91% arriendan anualmente la tierra y el 15,49% tienen el terreno partido; es decir que pagan la utilización del suelo con parte de la cosecha.

## Forma de la siembra.

**Tabla 55**

*Forma de la siembra*

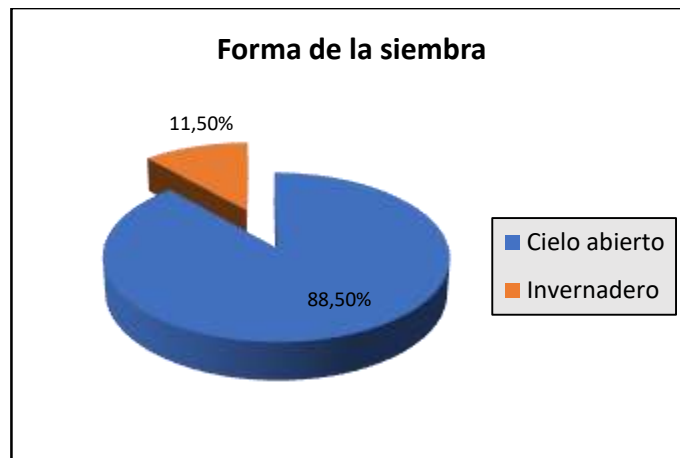
Forma de la siembra	Frecuencia	Porcentaje (%)
Cielo abierto	200	88,50
Invernadero	26	11,50
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 17**

*Forma de la siembra*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** La mayor cantidad los cultivos que se producen en la parroquia son a cielo abierto representando el 88,50% por lo general caracterizado por sembríos de maíz y papa; mientras que el 11,50% tienen sus cultivos en invernaderos como la col, cebolla blanca y tomate.

## Destino de los productos cultivados.

**Tabla 56**

*Destino de los productos cultivados*

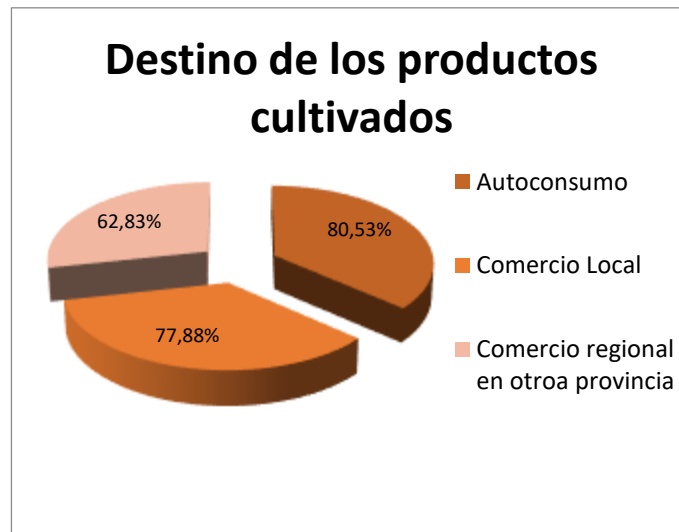
Destino de los productos	Frecuencia	Porcentaje (%)
Autoconsumo	182	80,53
Comercio Local	176	77,88
Comercio regional en otra provincia	142	62,83
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 18**

*Destino de los productos cultivados*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** De 226 habitantes de la parroquia que son agricultores el 80,53% dedican su producción para el autoconsumo como fuente de alimento, entre ellos cultivos de ciclo corto en huertos familiares, un 77,88% manifiesta que aparte de su consumo venden sus productos localmente ya sea en las ferias de los fines de semana que se realizan en la



parroquia o en mercados de las ciudades de Pelileo, Baños y Ambato; mientras que un 62,83% manifiestan que sus productos son utilizados tanto para su consumo, venta local, pero también los comercializan en los mercados de la provincia de Chimborazo y demás provincias del Ecuador.

### Sistema de riego.

**Tabla 57**

*Dispone de sistema de riego*

Dispone de sistema de riego	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	26	11,50
No	200	88,50
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 19**

*Dispone de sistema de riego*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** La mayor cantidad de cultivos no poseen sistema de riego en un 88,50%, para lo cual los agricultores manifiestan que a pesar de que en la parroquia existe varios drenajes de agua como ríos y vertientes carecen de este servicio y ellos aprovechan la

altura y el clima de la zona para destinar el tipo de sembrío; por otro lado el 11,50% dispone de un sistema de riego tecnificado (aspersión) para los invernaderos y parcelas en las comunidades de Chacauco y San José de las Queseras.

*Afectación del sector agrícola por peligros volcánicos.* Nos permite obtener como resultado los peligros volcánicos que han afectado o dañado la agricultura.

**Afectación de los cultivos por erupción del volcán Tungurahua.**

**Tabla 58**

*Afectación de los cultivos por erupción del Tungurahua*

Afectación de los cultivos	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	226	100,00
No	0	0,00
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 20**

*Afectación de los cultivos*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** La totalidad de la población encuestada manifiesta que sus cultivos si fueron afectados durante el proceso eruptivo pasado – reciente del volcán Tungurahua, frecuentemente por la caída de material volcánico como la ceniza en todo el territorio.

## Distancia entre los cultivos y el volcán Tungurahua.

**Tabla 59**

*Distancia cultivos – volcán Tungurahua*

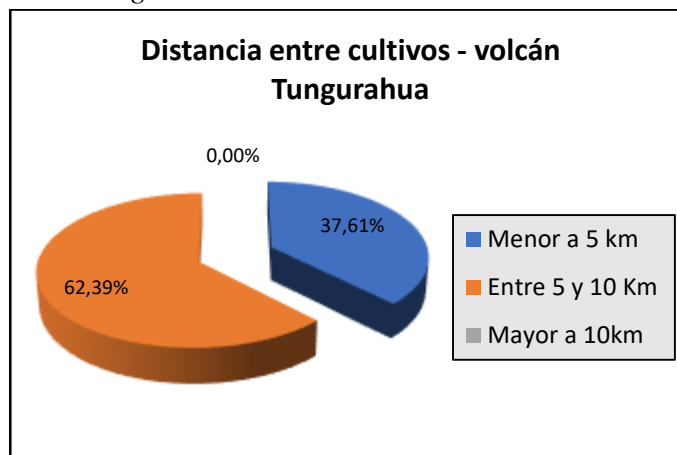
Distancia cultivos - volcán	Frecuencia	Porcentaje (%)
Menor a 5 km	85	37,61
Entre 5 y 10 Km	141	62,39
Mayor a 10km	0	0,00
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 21**

*Distancia cultivos – volcán Tungurahua*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** El 62,39% de los agricultores poseen sus terrenos cultivados a una distancia entre 5 y 10 km y el 37,61% tienen sus cultivos en una distancia menor a 5 km del volcán Tungurahua, siendo este último el más susceptible a sufrir daños por materiales volcánicos.

## Tipo de peligros volcánicos que afectaron los cultivos.

**Tabla 60**

*Peligros volcánicos que afectaron los cultivos*

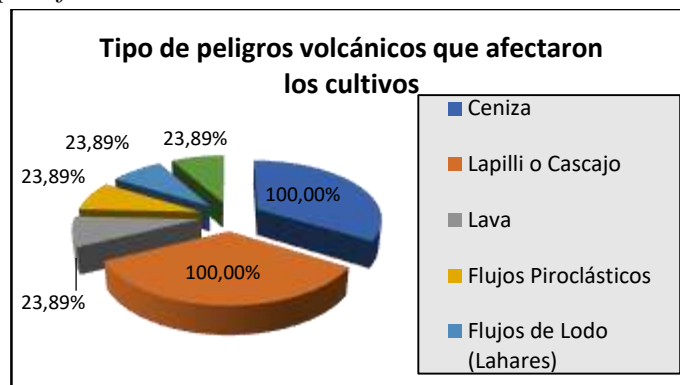
<b>Peligros volcánicos</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Ceniza	226	100,00
Lapilli o Cascajo	226	100,00
Lava	54	23,89
Flujos Piroclásticos	54	23,89
Flujos de Lodo (Lahares)	54	23,89
Gases Volcánicos	54	23,89

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 22**

*Peligros volcánicos que afectaron los cultivos*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** El 100% de los agricultores manifiestan que sus cultivos fueron afectados frecuentemente por materiales volcánicos como ceniza y cascajo en los procesos eruptivos de menor a mayor intensidad; mientras que el 23,89% mencionan que sus sembríos adicional a la ceniza sufrieron daños por lahares, flujos de lodo, flujos piroclásticos, lava y gases ya sea por la cercanía y ubicación en las faldas del volcán, en comunidades como Cusúa y Chacauco cuyos pobladores mencionan haber experimentado este tipo de eventos en el mes de agosto del 2006.

## Frecuencia y duración de los peligros volcánicos.

**Tabla 61**

*Frecuencia y duración de los peligros volcánicos*

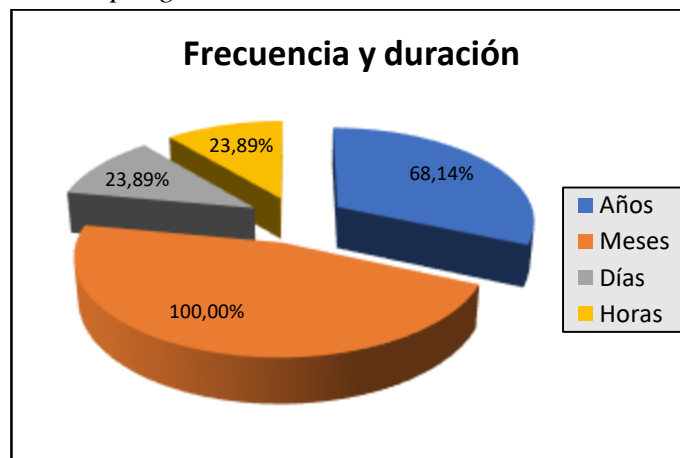
Frecuencia y duración	Frecuencia	Porcentaje (%)	¿Cuántos?	Tipo de peligro
Años	154	68,14	2	Ceniza
Meses	226	100,00	6 - 8	Ceniza, flujos de lodo
Días	54	23,89	2	Ceniza, cascajo, flujos piroclásticos
Horas	54	23,89	3 - 8	Flujos de lava, lodo, gases, flujos piroclásticos

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 23**

*Frecuencia y duración de los peligros volcánicos*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** De las personas encuestadas el 100% manifiesta que la frecuencia y duración con que se presentaron los peligros volcánicos fue de 6 a 8 meses caracterizados por la caída de ceniza y flujos de lodo especialmente en los meses de octubre - diciembre del año de 1999 donde varios cultivos fueron afectados por flujos de material volcánico (lahares) debido a la presencia de fuertes lluvias y los meses de julio – agosto del año

2006 comentan haber experimentado una intensa actividad volcánica caracterizada por fuertes explosiones y emisiones de gases, ceniza y cascajo quemando sus sembríos; el 68,14% responden que la caída de ceniza fue frecuente durante el último período (1999 - 2014) de actividad pasado – reciente del Tungurahua; el 23,89% de los agricultores comentan que los días 14 de julio y el 16 y 17 de agosto del año 2006 sus cultivos fueron afectados por la caída de ceniza y cascajo, la presencia de flujos piroclásticos y emisiones de lava en las comunidades de Cusua y Chacauco que arrasaron con todo lo que encontraron a su paso; mientras que el 23,89% manifiestan que de 3 a 8 horas entre la tarde del 16 al día 17 de agosto se presentaron las más fuertes explosiones con constantes emisiones de gases, ceniza, cascajo que cayó en toda la parroquia, emisiones de lava y depósitos de flujos piroclásticos en la comunidad de Chacauco que inclusive llegó a represar el río Chambo, dejando como resultado efectos devastadores en sus sembríos.

### **Intensidad de los peligros volcánicos.**

**Tabla 62**

*Intensidad de los peligros volcánicos*

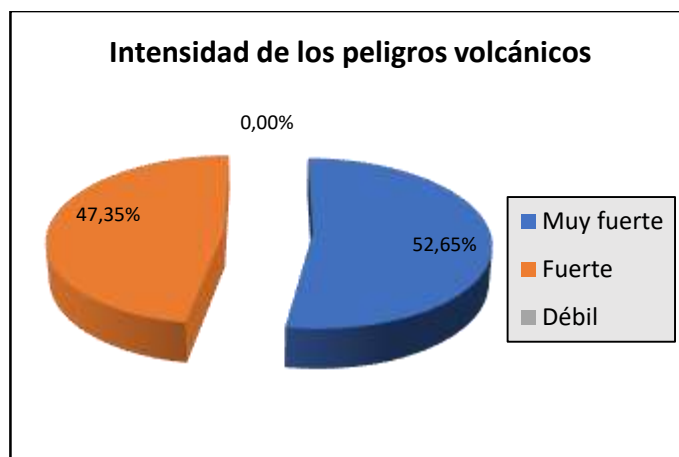
<b>Intensidad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Año</b>
Muy fuerte	119	52,65	1999 - 2006
Fuerte	107	47,35	2000 - 2001 - 2002
Débil	0	0,00	-
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>	<b>-</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

### **Gráfico 24**

*Intensidad de los peligros volcánicos*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** En lo referente a la intensidad con que se presentaron los peligros volcánicos el 52,65% de las personas encuestadas consideran que fue muy fuerte principalmente en los años 1999 y 2006; mientras que el 47,35% establecen como fuerte en los años 2000, 2001 y 2002.

### Nivel de afectación de los cultivos.

**Tabla 63**

*Nivel de afectación de los cultivos*

Nivel de afectación	Frecuencia	Porcentaje (%)
Muy Afectado	119	52,65
Medianamente Afectado	107	47,35
No Fue afectado	0	0,00
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

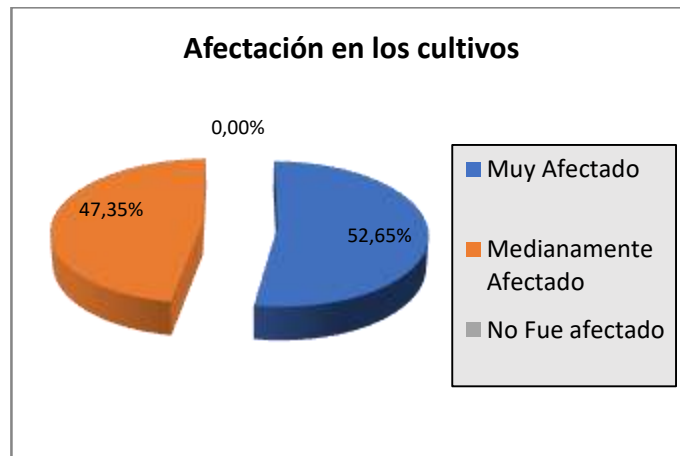
Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

### Gráfico 25



### Nivel de afectación de los cultivos



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** El 52,65% de los agricultores establecen que sus cultivos fueron muy afectados primordialmente por la constante caída de ceniza que quemaron los frutos, el follaje de las plantas y aplastaron cultivos más pequeños; por otro lado el 47,35% responden que sus sembríos resultaron medianamente afectados.

### Nivel de pérdida de los cultivos.

**Tabla 64**

#### Nivel de pérdida de los cultivos

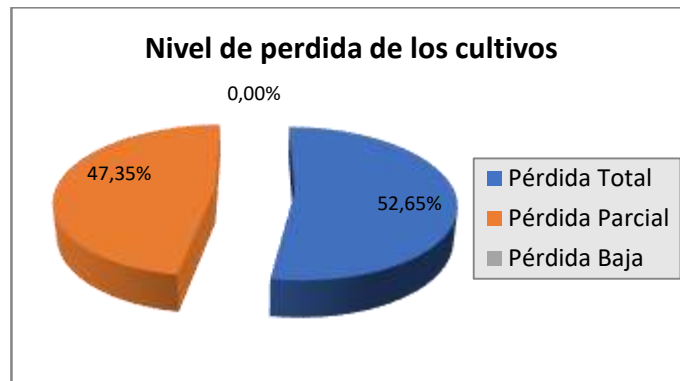
Nivel de pérdida	Frecuencia	Porcentaje (%)
Pérdida Total	119	52,65
Pérdida Parcial	107	47,35
Pérdida Baja	0	0,00
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

### Gráfico 26

### *Nivel de pérdida de los cultivos*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

Mediante una información obtenida con el Técnico del MAGAP Máximo Tixilema supo manifestar que, el seguro para cultivos no cubre las pérdidas que provoca una explosión volcánica (Ceniza, Flujos Piroclásticos o Lahares); este seguro en mención solo cubre el 60% en caso 12 fenómenos (inundación, heladas, sequías, granizada, enfermedades o plagas, vientos, incendios, taponamientos, deslizamientos, exceso de humedad y bajas temperaturas) además para beneficiarse de esto es necesario saber que tipo de cultivo tiene y presentar documentación en la que conste que el terreno cultivado es de un área mínima de 5.000m<sup>2</sup>. La mayoría de los habitantes pertenecientes a la parroquia Cotaló no desean asegurarse para obtener este beneficio.

**Análisis e interpretación.-** El 52,65% de los habitantes encuestados dedicados a la agricultura manifiestan que tuvieron una pérdida total de sus sembríos especialmente en comunidades ubicadas al pie del volcán como es el caso de Cusúa y Chacauco mencionando que parte de sus cultivos fueron enterrados por flujos de lodo (lahares) y devastados por flujos piroclásticos; por otro lado el 47,35% establecen la pérdida parcial en comunidades ubicadas en las partes más altas como Cotaló, Mucubí, San José de las Queseras, comentando que algunos casos la lluvia ayudaba a lavar la ceniza.

## Espesor de la ceniza depositada en el suelo.

**Tabla 65**

*Espesor de la ceniza depositada en el suelo*

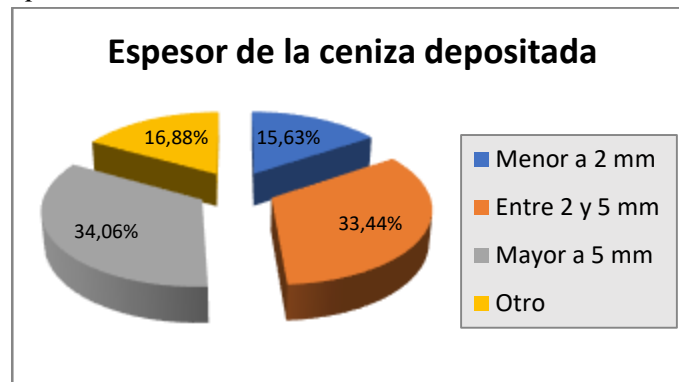
Espesor	Frecuencia	Porcentaje (%)	Año
Menor a 2 mm	50	15,63	2000 - 2002 - 2003
Entre 2 y 5 mm	107	33,44	2001 - 20014
Mayor a 5 mm	109	34,06	1999 - 2006
Otro	54	16,88	2006
<b>Total</b>	<b>320</b>	<b>100</b>	-

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 27**

*Espesor de la ceniza depositada*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** De los 320 pobladores de la parroquia encuestados el 34,06% dicen que el espesor de la ceniza fue mayor a 5 mm en los años de 1999 y 2006, el 33,44% evidenciaron un espesor del material volcánico entre 2 y 5 mm en los años 2001 y 2014; el 16,88% en cambio responden que en el año 2006 constataron un espesor de 4 a 7 cm en comunidades como San Juan y Pillate; mientras que el 15,63% indican que en los años 2000, 2002 y 2003 la ceniza depositada fue menor a 2mm, todo esto influyo directamente en los daños producidos en la agricultura del sector.

## Afectación del sistema de riego.

**Tabla 66**

*Afectación del sistema de riego*

Afectación en riego	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	0	0,00
No	318	100,00
<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 28**

*Afectación del sistema de riego*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** La totalidad de población encuestada establece que al no disponer de algún tipo de sistema de riego no tubo afectación, pero en algunos casos las fuentes de agua fueron afectadas por la constate caída del material volcánico.

Desarrollo de capacidades.- nos permite conocer la productividad de los suelos y determinar las medidas tomadas para minimizar el daño producido por los fenómenos volcánicos del Tungurahua.

## Disminución de la capacidad productiva del suelo.

**Tabla 67**

*Disminución de la capacidad productiva del suelo*

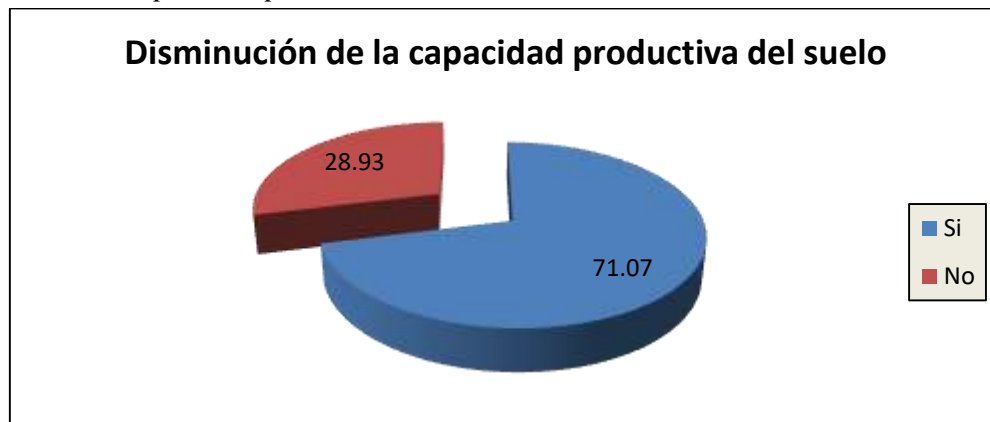
Disminución de productividad	Frecuencia	Porcentaje (%)
Si	226	71,07
No	92	28,93
<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>100</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Gráfico 29**

*Disminución de la capacidad productiva del suelo*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** El porcentaje más alto de la población de estudio en un 71,07% indican que la capacidad de productividad del suelo a disminuido debido a la constante afectación de materiales volcánicos emitidos en el último período eruptivo del Tungurahua con emisiones de gases y ceniza las mismas que al mezclarse provocaban lluvias ácidas en las cercanías del volcán envenenando el suelo, adicional los grandes espesores del polvo volcánico depositado; también comentan que las zonas cultivables que fueron alcanzadas por lava y flujos piroclásticos fueron devastadas dejándoles incultivables; en cambio el 28,93% manifiesta que los

suelos ubicados en las comunidades más altas y lejanas de la parroquia no han disminuido su capacidad de productividad.

**Aporte.-** para la determinación de la presente variable también se procedió a realizar un análisis de la información cartográfica disponible sobre geoformas, capacidad y uso del suelo; obteniendo la siguiente información:

**Tabla 68**

*Factores de disminución de la capacidad productiva del suelo*

<b>Descripción</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Área (ha)</b>
Área erosionada	533115,24	53,31
Área poblada	441136,96	44,11
Banco de arena	147212,95	14,72
Barranco	4094912,3	409,49
Cuerpo de agua	234372,28	23,44
Deposito volcánico	8329276,4	832,93
Infraestructura antrópica	289027,55	28,9
Lahar	4545459,6	454,55
Páramo	188705,57	18,87
Superficie volcánica	1452818	145,28

**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).

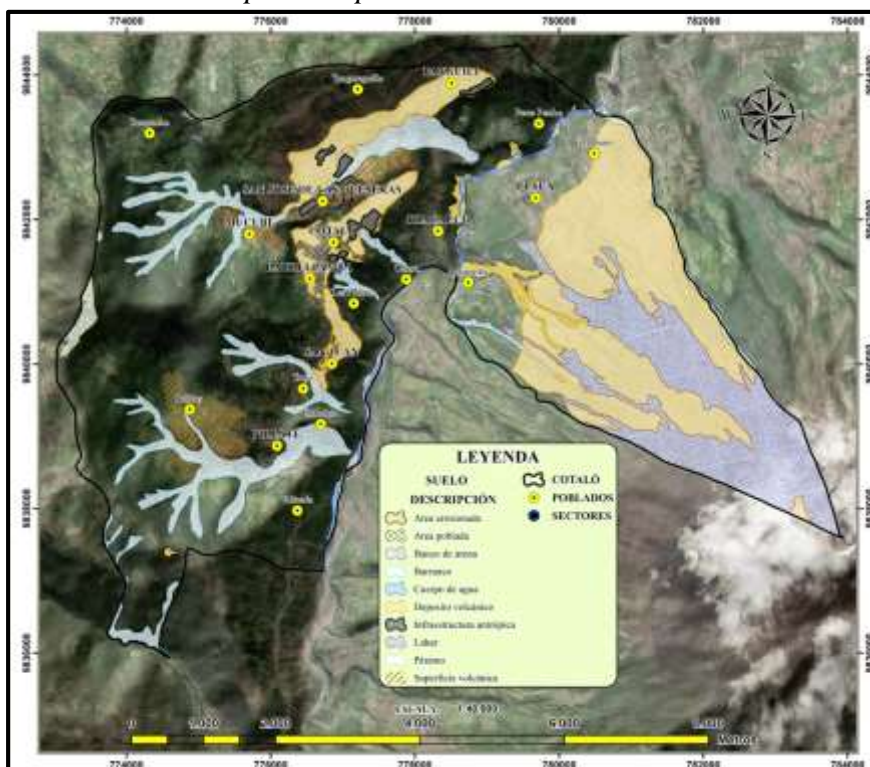
Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

Un área de 53,31 ha corresponden a suelos erosionados, 44,11 ha son áreas pobladas; 28,9 ha son suelos de infraestructura antrópica (en su mayoría son granjas avícolas); en un superficie de 14,72 ha encontramos bancos de arena; 409,49 ha de terreno son barrancos; 23,44 pertenecen a cuerpos de agua; 832,93 ha son depósitos de materiales volcánicos (lava basáltica, ceniza, lapilli y otros fragmentos piroclásticos); 454,55 ha corresponden a flujo de lahares correspondiente a la actividad reciente del Tungurahua; 18,87 ha del territorio es páramo y

145,28 ha son superficies volcánicas onduladas de formación de cangahua. Estos factores limitan la capacidad de cultivo del suelo; mencionando que el territorio afectado por flujos de lava, lahares y flujos piroclásticos destruyen el suelo y dejan zonas no cultivables.

### Mapa 17

*Factores de disminución de la capacidad productiva del suelo*



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).  
Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

### Alternativas de producción para minimizar daños.

**Tabla 69**

*Alternativas de producción*

Utilización de alternativas	Frecuencia	Porcentaje (%)	Tipo
Si	92	28,93	Invernadero, Siembra de nuevos cultivos, Arado más profundo
No	226	71,07	Utilización de abono orgánico
<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>100</b>	<b>-</b>

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

### Gráfico 30

#### *Alternativas de producción*



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** El 71,07% manifiestan que no utilizan alternativas de producción sino que han continuado con la misma rutina de trabajo para sus cultivos y con la utilización de abono orgánico; mientras que el 28,93% indican que para minimizar los daños han optado por la siembra de plantas más resistentes a la ceniza como el maíz y cebolla; además de que el arado los realizan más profundo con el objeto de mezclar la ceniza y facilitar su descomposición; de la misma manera algunas de los habitantes dicen haber implementado invernaderos con productos de ciclo corto.

#### **Capacidad productiva agrícola actual.**

### Tabla 70

#### *Capacidad productiva agrícola actual*

Capacidad productiva agrícola	Población	Porcentaje (%)
Excelente	0	0,00
Buena	145	45,60
Regular	119	37,42
Mala	54	16,98



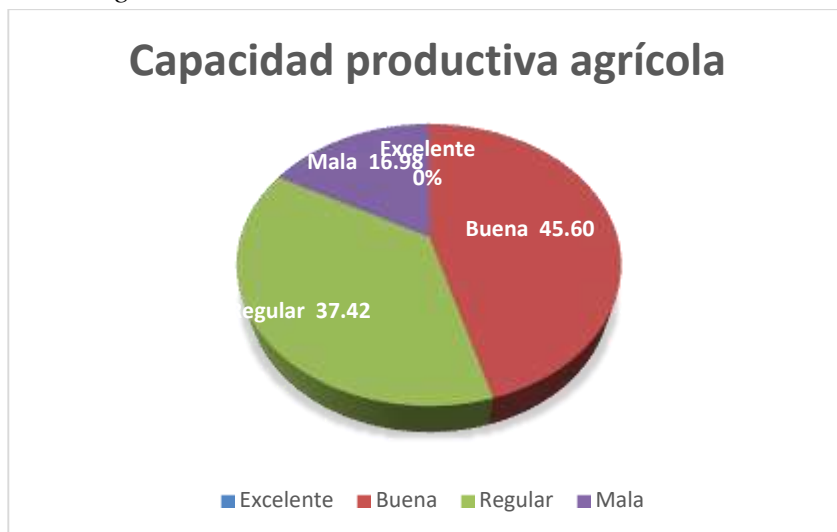
<b>Total</b>	<b>318</b>	<b>100</b>
--------------	------------	------------

Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

### Gráfico 31

#### Capacidad productiva agrícola actual



Nota. Encuestas realizadas a la población (2020).

Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

**Análisis e interpretación.-** En lo que respecta a la capacidad productiva de la agricultura en la actualidad, el 45,60% de los pobladores encuestados expresan que es buena, ya que han pasado algunos años desde la última erupción del volcán Tungurahua donde las tierras cultivables se han ido recuperando de poco; además de que los agricultores han aprendido a convivir con este tipo de fenómenos volcánicos; el 37,42% indican que es regular ya que hasta la actualidad no se han podido recuperar por completo de los daños ocasionados en sus cultivos; y el 16,98% responden que es mala debido a que la producción agrícola ha disminuido por la grave afectación producida en las áreas cultivables y la pérdida de algunos terrenos.

**Aporte.-** para determinar la capacidad productiva agrícola actual adicional a la encuesta realizada a los agricultores de la zona y la identificación de los factores de disminución de la capacidad productiva del suelo del parámetro anterior, se procedió analizar la información

cartográfica obtenida del Ministerio de Agricultura sobre los tipos de cultivos; obteniendo la siguiente información:

**Tabla 71**

*Principales cultivos de la parroquia Cotaló*

<b>Tipo de Cultivo</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Área (ha)</b>
Cebolla blanca	212486,20	21,25
Cebolla blanca, Haba	25365,88	2,54
Cebolla blanca, Papa	18763,66	1,88
Maíz suave	5692840,88	569,28
Maíz suave, Papa	517376,11	51,74
Papa	677415,80	67,74
Papa, Haba	2364,19	0,24
Pastizal	7449348,98	744,93
Pastizal, Papa	146994,75	14,70
Plantación forestal	99714,32	9,97
Tomate de árbol	249541,40	24,95
Tomate de árbol, Fréjol	510726,89	51,07
Tomate de árbol, Fréjol, Maíz suave	1521351,63	152,14
Tomate de árbol, Maíz suave	621010,98	62,10

**Fuente:** Ministerio de Agricultura - MAG.

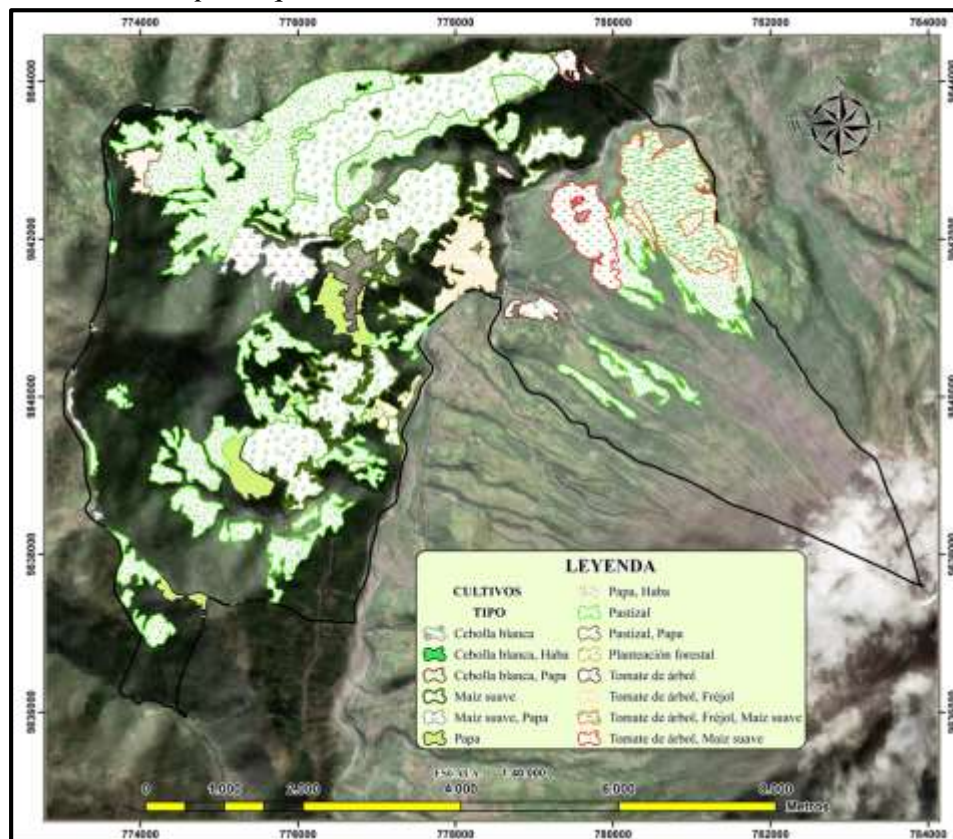
Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

Dentro de los principales cultivos agrícolas de la parroquia encontramos que una superficie de 569,28 ha corresponde a sembríos de maíz suave, un 67,74 ha a cultivos de papa, 24,95 ha dedicado la siembra de tomate de árbol, 21,25 ha dedicado a la siembra de cebolla blanca, 744,93 ha son pastizales y 9,97 ha son plantaciones forestales; mientras que dentro de los cultivos asociados tenemos que 152,14 ha con cultivos de tomate de árbol, fréjol y maíz suave; 62,10 ha de tomate de árbol y maíz suave; 51,07 ha son de tomate de árbol y fréjol; 51,74

dedicados al cultivo de maíz suave y papa; 14,70 ha de pastizal y papa; 2,54 ha de cebolla blanca y habas; 1,88 correspondiente a cebolla blanca y papa; 0,24 ha de papa y haba.

### Mapa 17

#### *Principales cultivos de la parroquia Cotaló*



**Fuente:** Sistema Nacional de Información - SNI (2014).  
Elaborado por Antonela Ledesma y Gabriela Sayay.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Los principales hallazgos de esta investigación en función de los objetivos planteados, revelan que:

- Se analizaron los datos existentes acerca de los peligros volcánicos registrados en las diferentes fuentes de información certificada y antes mencionadas en este trabajo investigativo, en donde se conoció que en el último periodo de erupción del volcán Tungurahua comprendido entre los años de 1999 a 2016 la afectación al sector agrícola de la parroquia Cotaló fue alta ya que, se perdieron los cultivos en su totalidad, por otro lado, conocimos también que dichos sembríos no cuentan con seguro agrícola debido a que no cubre erupciones volcánicas.
- Con el uso de la Metodología de Valoración de Tierras Rurales del MAGAP y con base al Índice de Explosividad Volcánica (VEI) se logró determinar dos niveles de susceptibilidad, un alto que abarca 3598 Ha y un nivel de susceptibilidad medio que comprende 1052 Ha de superficie del territorio de estudio.
- Al interpretar los datos obtenidos en la aplicación de una encuesta a los habitantes de la parroquia Cotaló quienes, basados en su experiencia y realidad propia vivida durante el último periodo de actividad del Tungurahua, indicaron que los peligros volcánicos de mayor afectación para los cultivos son la ceniza, lapilli o cascajo debido a que estos alteran la acidez, la retención de agua y nutrientes del suelo.

## **5.2 Recomendaciones**

Una vez concluida esta investigación se recomienda al Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP) se reformen las políticas del Seguro Agrícola de modo que cubra las afectaciones por peligros volcánicos ya que, es el motivo de mayor pérdida para el sector agrícola de los lugares vulnerables ante la actividad volcánica en nuestro país.

Exhortamos al GAD parroquial de Cotaló a implementar una adecuada planificación territorial que incluyan programas de financiamiento a largo plazo con el fin evitar que futuras generaciones siembren en estos lugares mayormente vulnerables a los riesgos volcánicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera , E., & Dueñas, W. (Abril de 2007). *Las erupciones explosivas del volcán Tungurahua de julio y agosto del 2006*. Quito, Ecuador: COSUDE.
- Arteaga López, J. (2016). *Análisis de la percepción comunitaria sobre la seguridad alimentaria ante la amenaza del volcán Tungurahua*. Quito.
- Aspden, J., & Litherland, M. (1987). *Un nuevo cinturón ofiolítico en la cordillera real, ecuador, y su posible influencia regional*. En British Geological Survey.
- Baró Suárez, J. E., & Monroy Gaytán, F. (2018). *Enfrentado los Riesgos Socionaturales* (Primera edición ed.). Ciudad de México, México: CONACYT.
- Bernard, B., Narvaez, D., & Encalada, M. (2016). *INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/14154-triptico-ceniza-del-volcan-tungurahua/file>
- CAPRA - ERN, Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina-. (s.f.). *Metodología de Modelación Probabilística de Riesgos Naturales*. Bogotá, Barcelona, México: ERN.
- Cas, R., & Wright, J. (1987). *Volcanic Successions, Modern and ancient*. Chapman & Hall.
- Comunidad Andina. (s.f.). *El Fuego Interno de los Andes*. Obtenido de [http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/inicio/pdf/8\\_El\\_fuego\\_interno\\_de\\_los\\_Andes.pdf](http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/inicio/pdf/8_El_fuego_interno_de_los_Andes.pdf)
- de los Ángeles Llinares, Ortiz, R., & Marrero, J. M. (2004). *Riesgo Volcánico*. (D. G. Emergencias, Ed.) Madrid, España: Imprenta Nacional del Boletín Oficial del Estado.

DEMORAES, F., & D'ERCOLE, R. (2001). *CARTOGRAFÍA DE RIESGOS Y CAPACIDADES EN EL ECUADOR. Diagnóstico previo a planes de intervención de las ONG's.*

*Prevención, mitigación, preparación ante desastres, evaluación de capacidades y reducción de vulnerabilidad.* Quito, Ecuador: ISBN.

EcuRed. (2012). *Domo de lava.* Obtenido de EcuRed: [https://www.ecured.cu/Domo\\_de\\_lava](https://www.ecured.cu/Domo_de_lava)

Fernández, Alex. (19 de Junio de 2019). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.*

Recuperado el 26 de Marzo de 2020, de Evaluación multitemporal del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca baja del Río Chambo:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11161>

GAD Parroquial Rural Cotaló. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Cotaló.*

GAD Parroquial Rural Cotaló. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Cotaló.*

GK. (16 de Septiembre de 2019). *GK.* Obtenido de ¿Conocemos el verdadero riesgo de los volcanes en el Ecuador?: <https://gk.city/2019/09/16/riesgo-volcanes-ecuador-cotopaxi-tungurahua/>

González Cárdenas, E. (2006). *PELIGROS Y RIESGOS VOLCÁNICOS EN BIOGEOGRAFÍA: EFECTOS SOBRE LA VEGETACIÓN.* Real.

Hall, M. L., Robin , C., Beate, B., Mothes , P., & Monzier , M. (1999). Tungurahua Volcano, Ecuador: structure, eruptive history and hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 21.

INEC. (2010). *Censo de población y vivienda.* Obtenido de

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/sistema-integrado-de-consultas-redatam/>

INPRES. (s.f.). *Instituto Nacional de Prevención Sísmica*. Obtenido de

<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/TIPOS%20DE%20ERUPCIONES%20VOLC%C3%81NICAS.pdf>

Instituto Geofísico - Escuela Politécnica Nacional. (2015). *Instituto Geofísico - IGEPN*.

Recuperado el Febrero 2020 de 22, de <https://www.igepn.edu.ec/tungurahua>

Instituto Geofísico - Escuela Politécnica Nacional. (2006). *Actividad del Volcán Tungurahua -*

*Julio del 2006*. Resumen Mensual, Escuela Politécnica Nacional, Geofísica, Quito.

Instituto Geofísico - EPN. (27 de Agosto de 2018). *INSTITUTO GEOFÍSICO - ESCUELA*

*POLITÉCNICA NACIONAL*. Recuperado el 2020 de Febrero de 26, de Tungurahua

Vulcanología: <https://www.igepn.edu.ec/tungurahua>

Instituto Geofísico - Escuela Politecnica Nacional. (s.f.). *EVENTO ERUPTIVO DEL VOLCÁN*

*TUNGURAHUA DEL 16 DE AGOSTO DE 2006*. Obtenido de Instituto Geofísico -

Escuela Politecnica Nacional: <https://www.igepn.edu.ec/portal/tung10anios/01.html#top>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (Marzo de 2008). *Instituto Geofísico -*

*EPN*. Obtenido de Mapa Interactivo del Volcán Tungurahua:

<https://www.igepn.edu.ec/mapas/amenaza-volcanica/mapa-volcan-tungurahua>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (29 de Julio de 2014). *Instituto Geofísico*

- *EPN*. Obtenido de Un día como hoy: [https://www.igepn.edu.ec/un-dia-como-](https://www.igepn.edu.ec/un-dia-como-hoy/tag/historia)

[hoy/tag/historia](https://www.igepn.edu.ec/un-dia-como-hoy/tag/historia)

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (25 de Septiembre de 2016). *Instituto*

*Geofísico - EPN*. Obtenido de [https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1394-informe-](https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1394-informe-especial-volcan-tungurahua-n-8-2016)

[especial-volcan-tungurahua-n-8-2016](https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1394-informe-especial-volcan-tungurahua-n-8-2016)



Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). *Instituto Geofísico - EPN*. Obtenido de EVENTO ERUPTIVO DEL VOLCÁN TUNGURAHUA DEL 16 DE AGOSTO DE 2006: <https://www.igepn.edu.ec/portal/tung10anios/01.html#top>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). *Instituto Geofísico - EPN*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/tungurahua-informes>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). *Instituto Geofísico - EPN*. Obtenido de Clasificación de los volcanes en el Ecuador: <https://www.igepn.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig>

Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional. (Marzo de 2008). *Mapa de Peligros - Tungurahua*, 3ra. Edición. Obtenido de Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional: <https://www.igepn.edu.ec/tungurahua-mapa-de-peligros>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). *Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de Preguntas más frecuentes - Volcanes: <https://www.igepn.edu.ec/preguntas-frecuentes?tmpl=component&faqid=12>

Le Pennec, J.-L., Ruiz, G. A., Ramón, P., Palacios, E., Mothes, P., & Yepes, H. (2012). Impacto de la caída de tefra en las comunidades andinas: las influencias del tamaño de la erupción y las condiciones climáticas durante la actividad 1999–2001 del volcán Tungurahua, Ecuador. *Revista de Vulcanología e Investigación Geotérmica*, 91-103.

Le Pennec, J.-L., Samaniego, P., Eissen, J.-P., Hall, M., Molina, I., Robin, C., . . . Egred, J. (2005). *Los Peligros Volcánicos Asociados con el Tungurahua* (Segunda ed., Vol. 1). (U. d. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Ed.) Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional, IG-EPN, IRD.

- León Velasco, J. B. (2010). *Manual de geografía del Ecuador: medio natural, población y organización del espacio* (1. edición ed.). Quito, Ecuador: ISBN.
- MAGAP. (2015). *Proyecto para la generación mapa de sistemas productivos sierra del Ecuador. Escala 1:250000*. Quito, Ecuador.
- Maldonado, Y. (1 de Enero de 2018). *GEOLOGIAWEB*. Obtenido de Geología, Ciencias de la tierra, sus ramas y aplicaciones: <https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/tipos-de-volcanes/>
- Martínez, N. G. (1932). *Las grandes erupciones del Tungurahua de los años 1916-1918*. (s. d. Publicaciones del Observatorio Astronómico de Quito, Ed.) Quito, Ecuador: Imprenta Nacional.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2008). *Metodología para la Valoración de Tierras Rurales*. Quito: Unimarket.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *ECONCIENCA Verde Revista de Investigación Ambiental. ECONCIENCA Verde, 7 - 13*.
- Mothes, P. (1998). *Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Abya Yala.
- Natenzon E, C. (1995). *Catastrofes naturales, riesgos e incertidumbre*. FLACSO.
- Programa Naciones Unidas para el Desarrollo; Ministerio de Seguridad de la Nación. (2017). *Manual para la Elaboración de Mapas de Riesgos*. Buenos Aires: ISBN.
- Rodríguez Gonzalez, A., & Fernandez Turiel, J. L. (2015). *Las geoformas volcánicas y su modelado morfométrico con Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. ISSN.

Samaniego, P., Le Pennec, J., Barba D., Hall, M., Robin, C., Mothes, P., . . . Jaya, D. (2008).

*Mapa de los Peligros Potenciales del Volcán Tungurahua* (3 ed. ed.). (IGM-IG/EPN-IRD, Ed.)

Samaniego, P., Eissen, J. P., Le Pennec, J. L., L. Hall, M., Monzier, M., Mothes, P., . . . Yepes,

H. (2003). *Los Peligros Volcánicos asociados con el Tungurahua* (Primera edición ed., Vol. 1). Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (s.f.). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*.

Obtenido de [https://www.care.org.ec/wp-](https://www.care.org.ec/wp-content/uploads/biblioteca_virtual/gestion%20de%20riesgos/Primera-Parte-RpGdR-V3-final.pdf)

[content/uploads/biblioteca\\_virtual/gestion%20de%20riesgos/Primera-Parte-RpGdR-V3-final.pdf](https://www.care.org.ec/wp-content/uploads/biblioteca_virtual/gestion%20de%20riesgos/Primera-Parte-RpGdR-V3-final.pdf)

Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos. (2009). Evaluación de la influencia de la ceniza

volcánica sobre suelos agrícolas aledaños al volcán Tungurahua. *Revista Informativa de la Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos*, 6.

Silva Guano, D. (Julio de 2015). *RESEÑA HISTÓRICA DE COTALÓ*. Obtenido de

PARROQUIA COTALÓ EN TUNGURAHUA:

<http://parroquidecotalotungurahua.blogspot.com/>

Sourdat, M., Winckell, A., & Zebrowski, C. (1997). *Los paisajes Naturales del Ecuador*. (C. E.

Geográfica, Ed., O. Chávez, A. Armendáriz, M. Luna, C. Simon, F. López, J. León, & C. Zebrowski, Trads.) Quito, Ecuador: IPGH, IGM and IRD (ORSTOM).

Toulkeridis, T. (2013). *Volcanes Activos*. Quito, Ecuador: ESPE.

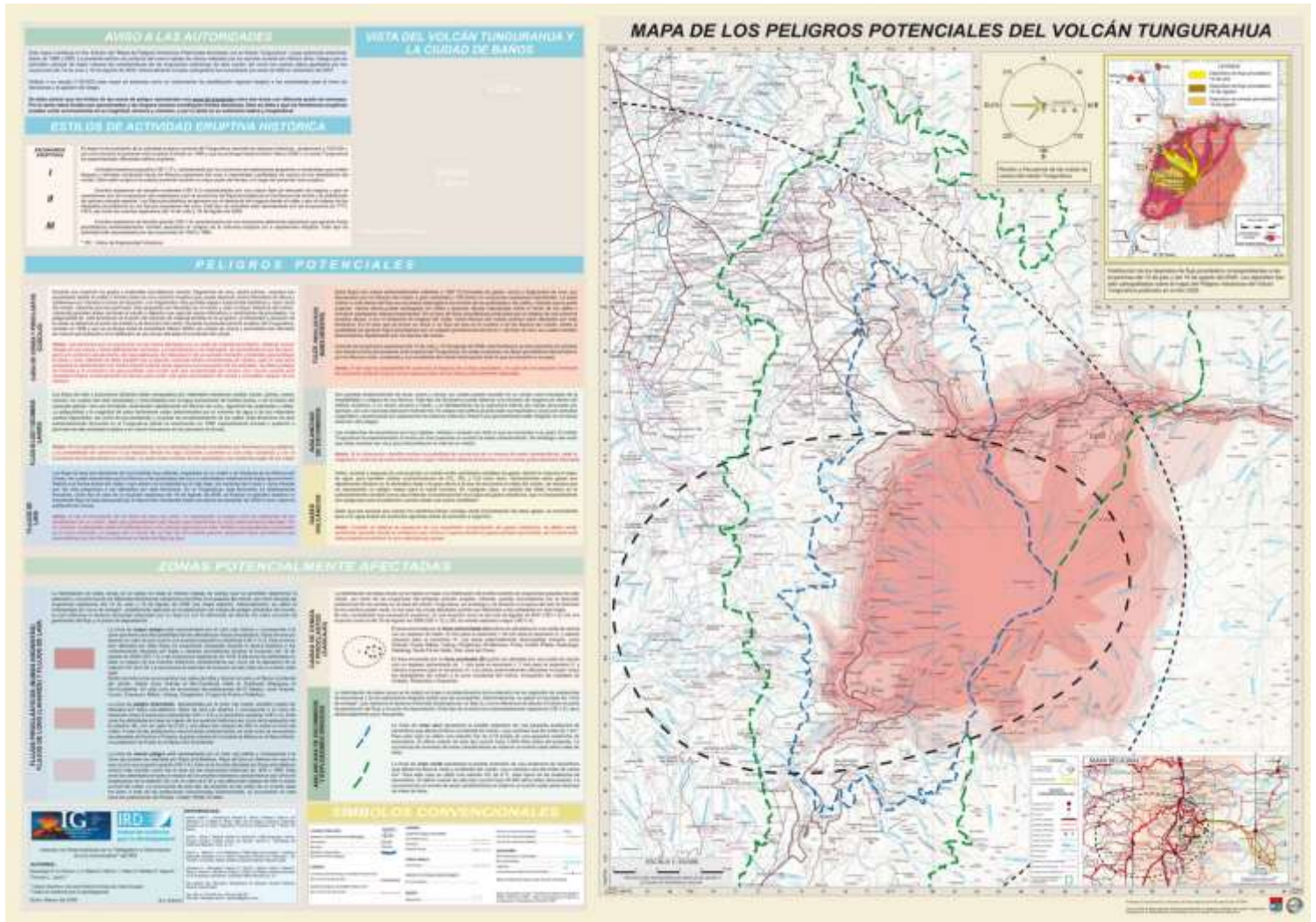
Valencia, J. (2010). *Sistematización de prácticas para la gestión del riesgo por la erupción de*

*volcan Tungurahua*. Recuperado el 20 de Marzo de 2020

Valencia, Jenny; Consultora Nacional FAO Ecuador. (2010). *Sistematización de prácticas para la gestión del riesgo por la erupción del volcán Tungurahua*. Quito, Ecuador: TCP/RLA.

# ANEXOS

## Anexo 1



Imágenes de evidencia