



**Determinación del impacto físico y económico en el Cantón Otavalo de la potencial  
erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura**

Cabrera Paladines, María Cristina y Calderón Tupiza, Juan Daniel

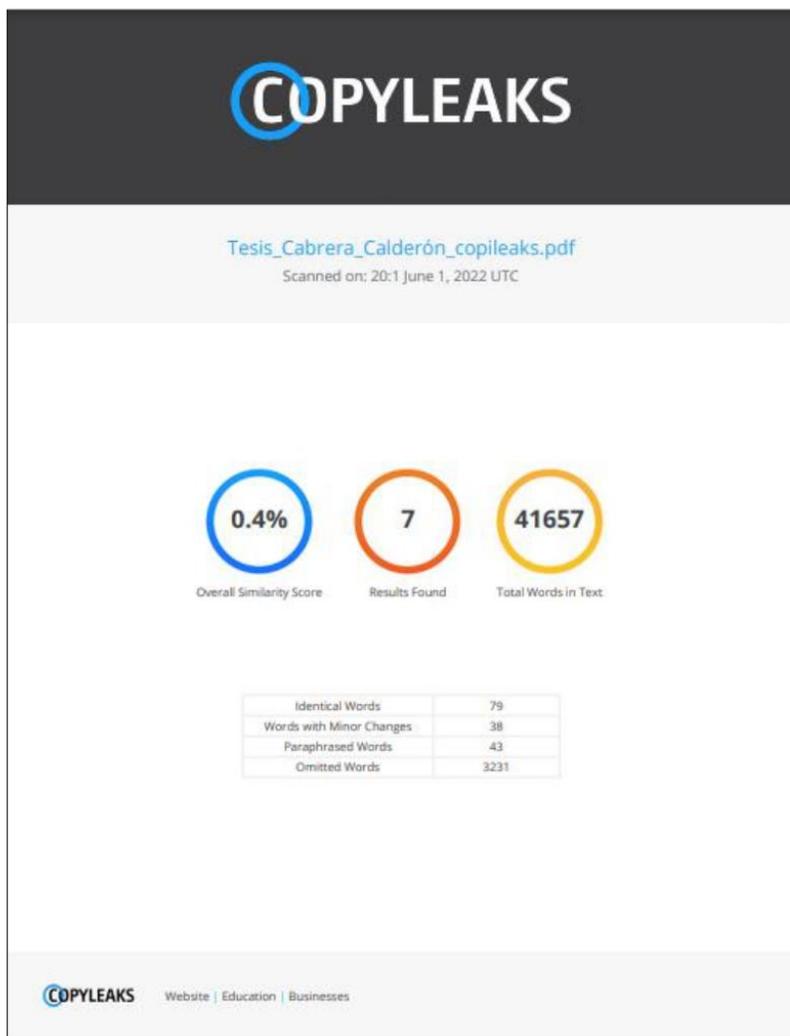
Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio  
Ambiente

Rodríguez Espinosa Fabián Francisco, PhD.

1 de junio del 2022



Firma:



firmado electrónicamente por:  
FABIAN FRANCISCO  
RODRIGUEZ  
ESPINOSA

**PhD. Rodríguez Espinosa, Fabián Francisco**

**DIRECTOR**



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**  
**Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: “**Determinación del impacto físico y económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.**” fue realizado por los señores **Cabrera Paladines, María Cristina y Calderón Tupiza, Juan Daniel**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 13 de junio de 2022**

Firma:



**PhD. Rodríguez Espinosa, Fabián Francisco**

C. C.: 1706853759



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Cabrera Paladines, María Cristina y Calderón Tupiza, Juan Daniel**, con cédulas de ciudadanía n° 0922868484 y n° 1720792231, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Determinación del impacto físico y económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura."** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 8 de julio de 2022**

*Cristina Cabrera*

.....  
**Cabrera Paladines María Cristina**  
C.C.: 0922868484

*Juan Daniel*

.....  
**Calderón Tupiza Juan Daniel**  
C.C.: 1720792231



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

**Autorización de Publicación**

Nosotros **Cabrera Paladines, María Cristina y Calderón Tupiza, Juan Daniel**, con cédulas de ciudadanía n° 0922868484 y n° 1720792231, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Determinación del impacto físico y económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura."** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 8 de julio de 2022**

*Cristina Cabrera*

**Cabrera Paladines María Cristina**

C.C.: 0922868484

*Juan Daniel*

**Calderón Tupiza Juan Daniel**

C.C: 1720792231

## Dedicatoria

*A Dios por su Guía en el camino correcto porque nunca me ha abandonado, por darme una excelente familia que ante cualquier adversidad siempre han estado conmigo, por permitirme conocer valiosos amigos, excelentes profesores que han llenado de luz, risas e inspiración mi vida.*

*A mis padres Alfonso y María Augusta por ser mis pilares, porque me han ayudado y guiado para llegar a este punto de mi carrera, me han dado su ejemplo de tenacidad, dedicación, todas sus palabras de aliento que no permitieron que me desmorone, siempre extendiendo sus manos para levantarme cuando desfallecía en los abismos de mi vida. Los amo.*

*A mis hermanos Andrés y Carlos por estar siempre conmigo, por hacerme reír, por ser mi alegría, ser mi apoyo incondicional y también por todas las peleas.*

*A mi Nicolás cambiaste mi vida, hiciste brillar mis días, me diste paz, me llenaste de amor y compañía cuando más lo necesitaba, agradezco que me hayas enseñado responsabilidad y amor incondicional. Ahora me iluminas desde el cielo de los perros.*

*Vivirás por siempre en mi memoria*

**María Cristina Cabrera P.**

## **Dedicatoria**

*A Dios por bendecirme, guiarme por el camino del bien y brindarme salud, sabiduría y fortaleza para alcanzar y finalizar con éxito cada etapa de mi vida.*

*A mi abuelita Hortencia, quien fue el pilar fundamental en mi vida, mi inspiración de esfuerzo, lucha, mi ejemplo a seguir de perseverancia en los caminos de Dios y de que todo en la vida se puede conseguir haciendo las cosas de la forma correcta.*

*A mi mami Mirian, por estar en todo momento al pendiente de mí, por sus palabras de motivación, por sus consejos y apoyo incondicional.*

**Juan Daniel Calderón T.**

## **Agradecimiento**

A Dios y a la Santísima Virgen María por encontrar mi fortaleza espiritual para continuar por el sendero del aprendizaje en la vida, por escucharme y llenarme de coraje y salud para seguir adelante.

A mis padres Alfonso y María Augusta, por haber estado a mi lado en cada paso, en cada traspasar de estudios, ya que sus valores y principios que me hicieron la mujer que soy ahora. Los amo con todo mi corazón.

A mis hermanos, que siempre han estado a mi lado apoyándome con mis aciertos y errores.

A mis tutores, PhD. Fabián Rodríguez y PhD Theofilos Toulkeridis, sabios maestros que además de sus conocimientos han sido guías incondicionales para culminar este proyecto.

A mis amigas, Carito, Gise y Michu por estar siempre a mi lado escuchándome y sin escatimar su ayuda.

A todos mis profesores, principalmente al PhD Theofilos Toulkeridis, PhD. Fabián Rodríguez, Ing. Eduardo Kirby, PhD. Edwin González, Ing. Alexander Robayo, Ing. Mirian Fernández, PhD. Izar Sinde, PhD. Ramiro Guerrón, Ing. Santiago Díaz, Ing. José Díaz, Quím. Erika Murgueitio y PhD Marco Luna, les agradezco profundamente por los conocimientos impartidos, sus consejos despertaron en mi la ilusión y apasionamiento por la carrera; para mi fueron más que profesores, son mis amigos.

Y finalmente por todas aquellas personas maravillosas que me rodearon, hoy tengo la oportunidad de sentirme una mujer luchadora y soñadora, llena de muchos valores y sentimientos nobles que en adelante serán baluartes para mi desarrollo profesional.

***María Cristina Cabrera P.***

## **Agradecimiento**

A Dios, por bendecirme con el mejor regalo que es la vida, por cobijarme bajo su manto, por permitirme alcanzar todas los objetivos y metas de vida.

A mi abuelita Hortencia, por su amor, su sacrificio, por sus enseñanzas de vida, por todo su apoyo incondicional, quien ha sido el pilar principal de mi formación personal como profesional, es y será mi ejemplo a seguir, infinitamente y de por vida agradecida con ella, mi madre abuela.

A mi mami Mirian, por guiarme, ayudarme en lo que necesitaba y la confianza depositada en mí, para poder lograr esta meta exitosa de tantas que se aproximan.

A mi tía Lourdes, tía Magdalena, Gaby y a mi familia por su preocupación, apoyo incondicional, por ayudarme y estar al pendiente de mi en todo momento.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a todos mis profesores de la carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, por sus enseñanzas en este trayecto, que me han permitido formarme como un buen profesional para el beneficio del país.

A nuestros tutores, PhD. Fabián Rodríguez y PhD. Theofilos Toulkeridis, quienes nos han apoyado incondicionalmente con su tiempo y conocimientos impartidos desde el inicio, desarrollo y culminación del presente proyecto.

A todos quienes conformaron parte de la realización de este proyecto al Ing. Byron Morales, al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Otavalo, por la apertura y la información brindada para la realización del proyecto.

***Juan Daniel Calderón T.***

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimiento .....	8
Agradecimiento .....	9
Índice de contenido.....	10
Índice de tablas.....	14
Índice de figuras.....	17
Resumen.....	24
Abstract.....	25
Capítulo I.....	26
Aspectos Generales.....	26
Antecedentes .....	26
Planteamiento del problema .....	30
Justificación e importancia .....	32
Estudios relacionados .....	34
Área de estudio .....	35
Objetivos.....	37
<i>Objetivo General</i> .....	37
<i>Objetivos Específicos</i> .....	37
Metas.....	37
Hipótesis de Investigación .....	39
Capítulo II.....	40
Marco Teórico .....	40
Base Teórica .....	40
Base Conceptual.....	46
Base Legal.....	51
Capítulo III .....	53
Metodología .....	53
Obtención de Información Geográfica del cantón Otavalo .....	56
Estudios y trabajo en Campo.....	57
Identificación de la situación actual del cantón Otavalo.....	58
Información base del peligro volcánico potencial que representa la laguna caldérica del Cuicocha.....	59

Elaboración de mapas temáticos de los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura.....	59
<i>Mapas de la caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura</i> .....	60
<i>Mapas del cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura</i> .....	63
Procesamiento de información geográfica de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del Cantón Otavalo .....	66
Procesamiento de información geográfica de infraestructura civil.....	67
Procesamiento de información geográfica de edificaciones .....	68
Procesamiento de información geográfica de uso y cobertura de suelo .....	68
Procesamiento de información geográfica de zonas de cultivos .....	71
Determinación del impacto físico en el cantón Otavalo .....	71
<i>Determinación del impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</i> .....	72
<i>Determinación del impacto físico en infraestructura civil</i> .....	72
<i>Determinación del impacto físico en edificaciones</i> .....	73
<i>Determinación del impacto físico en el uso de suelo</i> .....	74
<i>Determinación del impacto físico en zonas de cultivos</i> .....	74
Análisis del impacto económico.....	75
<i>Análisis del impacto económico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</i> .....	75
Impacto económico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza .....	75
Costo de limpieza con equipo por día. ....	76
Impacto económico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujos piroclásticos. ....	77
Costos de pérdida. ....	78
Costos de construcción.....	78
<i>Análisis del impacto económico en infraestructura civil</i> .....	79
Impacto económico en la infraestructura civil por caída de ceniza. ....	79
Costo de limpieza con equipo por día. ....	80
Costo de mano de obra por día. ....	81
Impacto económico en la infraestructura civil por flujos piroclásticos. ....	82
Costos de pérdida .....	82
Costos de construcción.....	82
<i>Análisis del impacto económico en edificaciones</i> .....	83
Impacto económico en edificaciones por caída de ceniza .....	83
Costo de limpieza con equipo por día .....	84

Costo de mano de obra por día .....	84
Impacto económico en edificaciones por flujos piroclásticos. ....	85
<i>Análisis del impacto económico en zonas de cultivos</i> .....	85
<i>Resumen del Impacto Económico</i> .....	87
Propuesta de medidas de prevención .....	88
Capitulo IV.....	90
Resultados .....	90
Identificación de la situación actual del cantón Otavalo.....	90
Información base del peligro volcánico que representa la laguna caldérica Cuicocha para el cantón Otavalo .....	96
Mapas temáticos de los peligros volcánicos .....	97
Procesamiento de información geográfica de la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo.....	107
Procesamiento de información geográfica de infraestructura civil del Cantón Otavalo. ....	115
Procesamiento de información geográfica de edificaciones del cantón .....	122
Procesamiento de información geográfica de uso y cobertura de suelo .....	129
Procesamiento de información geográfica de zonas de cultivos del cantón .....	140
Determinación del impacto físico en el cantón Otavalo .....	151
<i>Determinación del impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</i> .....	151
<i>Determinación del impacto físico en infraestructura civil</i> .....	170
<i>Determinación del impacto físico en edificaciones</i> .....	184
<i>Determinación del Impacto Físico en el uso de suelo</i> .....	199
<i>Determinación del Impacto Físico en zonas de cultivos</i> .....	215
Análisis del impacto económico.....	231
<i>Análisis del impacto económico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</i> .....	232
<i>Análisis del impacto económico en infraestructura civil</i> .....	238
<i>Análisis del impacto económico en edificaciones</i> .....	243
<i>Análisis del Impacto Económico en zonas de cultivos</i> .....	246
<i>Resumen del Impacto Económico</i> .....	251
Base de una propuesta de medidas de prevención que permitan disminuir el impacto físico y económico.....	257
Capítulo V .....	258
Conclusiones y Recomendaciones .....	258
Conclusiones.....	258
Recomendaciones .....	261

Bibliografia .....	263
--------------------	-----

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Proyectos relacionados.....	34
<b>Tabla 2</b> Información geográfica utilizada en el proyecto de investigación.....	56
<b>Tabla 3</b> Materiales y equipos .....	58
<b>Tabla 4</b> Taludes de material volcánico del volcán Cuicocha identificados en el cantón	90
<b>Tabla 5</b> Taludes de material volcánico del volcán Imbabura identificados en el cantón	94
<b>Tabla 6</b> Longitudes de radio y espesores de ceniza de los volcanes Cuicoche e Imbabura.....	98
<b>Tabla 7</b> Coordenadas de los puntos de control de las longitudes de radio de caída de ceniza del volcán Cuicocha .....	99
<b>Tabla 8</b> Coordenadas de los puntos de control de las longitudes de radio de caída de ceniza del volcán Imbabura.....	101
<b>Tabla 9</b> Coordenadas de los puntos de control referenciales del mapa geológico de los alrededores del volcán Cuicocha .....	102
<b>Tabla 10</b> Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha .....	158
<b>Tabla 11</b> Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha.....	162
<b>Tabla 12</b> Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura.....	167
<b>Tabla 13</b> Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura.....	169
<b>Tabla 14</b> Infraestructura civil afectada en el cantón Otavalo por la caída de ceniza del volcán Cuicocha.....	175
<b>Tabla 15</b> Infraestructura civil afectada en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha.....	179
<b>Tabla 16</b> Infraestructura civil afectada en el cantón Otavalo por la caída de ceniza del volcán Imbabura .....	182
<b>Tabla 17</b> Infraestructura civil afectada en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura .....	183
<b>Tabla 18</b> Edificaciones afectadas en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha .....	189
<b>Tabla 19</b> Edificaciones afectadas en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura.....	197
<b>Tabla 20</b> Uso del suelo afectado en el cantón Otavalo por caída de ceniz del volcán Cuicocha .....	205
<b>Tabla 21</b> Uso de suelo afectado en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha .....	210

<b>Tabla 22</b> Uso del suelo afectado en el cantón Otavalo por caída de ceniz del volcán Imbabura .....	213
<b>Tabla 23</b> Uso de suelo afectado en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura .....	215
<b>Tabla 24</b> Zonas de cultivos afectados en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha.....	223
<b>Tabla 25</b> Zonas de cultivos afectados en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha.....	228
<b>Tabla 26</b> Zonas de cultivos afectados en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura .....	229
<b>Tabla 27</b> Zonas de cultivos afectados en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura .....	231
<b>Tabla 28</b> Precio del uso de equipo por día .....	232
<b>Tabla 29</b> Costos estimados de construcción del 2000 .....	232
<b>Tabla 30</b> Pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha .....	234
<b>Tabla 31</b> Pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha .....	235
<b>Tabla 32</b> Pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura.....	236
<b>Tabla 33</b> Pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura.....	237
<b>Tabla 34</b> Días de limpieza por metro cuadrado.....	238
<b>Tabla 35</b> Precio de la mano de obra por días.....	238
<b>Tabla 36</b> Pérdida económica total en infraestructura civil en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha .....	239
<b>Tabla 37</b> Pérdida económica total en infraestructua civil por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha.....	240
<b>Tabla 38</b> Périda económica total en infraestructura civil en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura.....	241
<b>Tabla 39</b> Pérdida económica total en infraestructua civil por flujos piroclásticos del volcán Imbabura .....	242
<b>Tabla 40</b> Pérdida económica total en edificaciones en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha .....	244
<b>Tabla 41</b> Pérdida económica total en edificaciones en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura.....	245
<b>Tabla 42</b> Pérdida económica total en edificaciones en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha.....	246

<b>Tabla 43</b> Pérdida económica total en edificaciones en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura .....	246
<b>Tabla 44</b> Pérdida económica total en zonas de cultivos en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha .....	248
<b>Tabla 45</b> Pérdida económica total en zonas de cultivos en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha.....	249
<b>Tabla 46</b> Pérdida económica total en zonas de cultivos en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura.....	250
<b>Tabla 47</b> Pérdida económica total en zonas de cultivos en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura .....	251
<b>Tabla 48</b> Impacto económico por caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura .....	252
<b>Tabla 49</b> Impacto económico por flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura .....	254
<b>Tabla 50</b> Resumen del impacto económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura .....	256

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Mapa del área de estudio del cantón Otavalo .....	35
<b>Figura 2</b> Diagrama de flujo metodológico para la construcción de mapas de peligros volcánicos .....	44
<b>Figura 3</b> Factores involucrados en la evaluación económica frente al riesgo volcánico. 45	
<b>Figura 4</b> Modelo de evaluación económica frente al riesgo volcánico, costos directos e indirectos.....	46
<b>Figura 5</b> Diagrama de flujos de la metodología del proyecto.....	54
<b>Figura 6</b> Direcciones de viento representadas en un diagrama de rosas para el periodo diciembre 1999-2021 .....	60
<b>Figura 7</b> Mapa geológico de los alrededores del volcán Cuicocha .....	64
<b>Figura 8</b> Capa catastro_poligonos.....	68
<b>Figura 9</b> Capa de uso y cobertura de suelo de la provincia de Imbabura (uso_suelo2014) .....	69
<b>Figura 10</b> Capa de uso y cobertura de suelo del cantón Otavalo (CLIP_USO2014_GPI) .....	69
<b>Figura 11</b> Capa areas_manzanas .....	70
<b>Figura 12</b> Capa USO2014_MODIFICADO_FIN.....	70
<b>Figura 13</b> Selección por atributos de la clase zona de cultivos del cantón Otavalo .....	71
<b>Figura 14</b> Centroides de la entidad vectorial catastro_poligonos.....	73
<b>Figura 15</b> Talud de material volcánico del volcán Cuicocha con coordenadas geográficas aproximadas Latitud: 0°19'02.03" y Longitud: 78°26'10.35".....	91
<b>Figura 16</b> Deposito de material volcánico del volcán Cuicocha .....	92
<b>Figura 17</b> Talud 1 de material volcánico del volcán Imbabura con coordenadas geográficas aproximadas Latitud: 0°14'16.75" y Longitud: 78°16'5.25' .....	94
<b>Figura 18</b> Talud 2 de material volcánico del volcán Imbabura con coordenadas geográficas aproximadas Latitud: 0°15'21.03" y Longitud: 78°14'40.45' .....	95
<b>Figura 19</b> Talud 3 de material volcánico del volcán Imbabura con coordenadas geográficas aproximadas Latitud: 0°15'23.77" y Longitud: 78°14'37.70' .....	96
<b>Figura 20</b> Liberación de gases en la laguna del volcán Cuicocha.....	97
<b>Figura 21</b> Mapa temático del cantón Otavalo asociado a la caída de ceniza del volcán Cuicocha a 1:220.000.....	103
<b>Figura 22</b> Mapa del cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:100.000.....	104
<b>Figura 23</b> Mapa temático del cantón Otavalo asociado a la caída de ceniza del volcán Imbabura a 1:220.000.....	105
<b>Figura 24</b> Mapa del cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:100.000.....	106

<b>Figura 25</b> Mapa de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo a 1:220.000 .....	108
<b>Figura 26</b> Detalle de la vía (E35), puentes y la quebrada La Banda de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:5.000.....	109
<b>Figura 27</b> Mapa de infraestructura vial de la parroquia Selva Alegre a 1:1.000 .....	110
<b>Figura 28</b> Mapa de infraestructura eléctrica de la parroquia San José de Quichinche a 1:1.000 .....	111
<b>Figura 29</b> Mapa de infraestructura hidráulica y vial de la parroquia San José de Quichinche a 1:1.000.....	112
<b>Figura 30</b> Mapa de infraestructura hidráulica y vial de la parroquia San Juan de Ilumán a 1:1.000 .....	113
<b>Figura 31</b> Mapa de infraestructura hidráulica y vial de la cabecera cantona de Otavalo a 1:1.000 .....	114
<b>Figura 32</b> Mapa de infraestructura vial de la cabecera cantonal de Otavalo a 1:1.000.....	115
<b>Figura 33</b> Mapa de la infraestructura civil del cantón Otavalo a 1:220.000.....	116
<b>Figura 34</b> Mapa de la infraestructura civil (centro de salud) de la parroquia Selva Alegre a 1:1.000 .....	117
<b>Figura 35</b> Mapa de la infraestructura civil (torre de comunicación) de la parroquia San José de Quichinche a 1:1.000.....	118
<b>Figura 36</b> Mapa de la infraestructura civil (central eléctrica) de la parroquia San José de Quichinche a 1:1.000.....	119
<b>Figura 37</b> Mapa de la infraestructura civil (escuelas) de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000.....	120
<b>Figura 38</b> Mapa de la infraestructura civil (alcantarillado) de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000.....	121
<b>Figura 39</b> Mapa de la infraestructura civil (centro de salud) de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000.....	122
<b>Figura 40</b> Mapa de edificaciones de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000 .....	123
<b>Figura 41</b> Mapa de edificaciones de la parroquia San Juan de Ilumán a 1:1.000 .....	124
<b>Figura 42</b> Mapa de edificaciones de la parroquia Peguche a 1:1.000 .....	125
<b>Figura 43</b> Mapa de edificaciones de la parroquia San Pablo a 1:1.000 .....	126
<b>Figura 44</b> Mapa de edificaciones de la parroquia González Suárez a 1:1.000.....	127
<b>Figura 45</b> Mapa de edificaciones de la parroquia San Rafeael a 1:1.000.....	128
<b>Figura 46</b> Mapa de edificaciones de la parroquia Eugenio Espejo a 1:1.000 .....	129
<b>Figura 47</b> Mapa de uso y cobertura de suelo del cantón Otavalo a 1:220.000.....	130
<b>Figura 48</b> Mapa de uso de suelo de la parroquia Selva Alegre a 1:5.000.....	131
<b>Figura 49</b> Mapa de uso de la parroquia San José de Quichinche a 1:5.000 .....	132

<b>Figura 50</b> Mapa de uso de suelo de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:5.000 .....	133
<b>Figura 51</b> Mapa de uso de suelo de la parroquia San Juan de Ilumán a 1:5.000.....	134
<b>Figura 52</b> Mapa de uso de suelo de la parroquia Peguche a 1:5.000.....	135
<b>Figura 53</b> Mapa de uso de suelo de la parroquia San Pablo a 1:5.000 .....	136
<b>Figura 54</b> Mapa de uso de suelo de la parroquia González Suárez a 1:5.000 .....	137
<b>Figura 55</b> Mapa de uso de suelo de la parroquia San Rafael a 1:5.000 .....	138
<b>Figura 56</b> Mapa de uso de suelo de la parroquia Eugenio Espejo a 1:5.00.....	139
<b>Figura 57</b> Mapa de uso de suelo de la parroquia Pataquí a 1:5.000.....	140
<b>Figura 58</b> Mapa de cultivos agrícolas del cantón Otavalo a 1:220.000.....	141
<b>Figura 59</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia Selva Alegre a 1:5.000 .....	142
<b>Figura 60</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia San José de Quichinche a 1:5.000 .....	143
<b>Figura 61</b> Mapa de cultivos agrícolas de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:5.000 .....	144
<b>Figura 62</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia San José de Ilumán a 1:5.000.	145
<b>Figura 63</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia Peguche a 1:5.000.....	146
<b>Figura 64</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia San Pablo a 1:5.000.....	147
<b>Figura 65</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia González Suárez a 1:5.000.....	148
<b>Figura 66</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia San Rafael a 1:5.000.....	149
<b>Figura 67</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia Eugenio Espejo a 1:5.000 .....	150
<b>Figura 68</b> Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia Pataquí a 1:5.000 .....	151
<b>Figura 69</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura vial por caída de ceniza de 30 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	152
<b>Figura 70</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura vial por caída de ceniza de 25 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	153
<b>Figura 71</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica y vial por caída de ceniza de 25 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.00 .....	155
<b>Figura 72</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura vial por caída de ceniza de 10 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	156
<b>Figura 73</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura eléctrica y vial por caída de ceniza de 0,8 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	157
<b>Figura 74</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura eléctrica y vial de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000.....	159

<b>Figura 75</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica y vial de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	160
<b>Figura 76</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica de la parroquia San Juan de Ilumán por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	161
<b>Figura 77</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica y vial de la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	162
<b>Figura 78</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza de 5 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	163
<b>Figura 79</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	164
<b>Figura 80</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza de 1 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	165
<b>Figura 81</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial de la parroquia Peguche por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	168
<b>Figura 82</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial de la parroquia San Pablo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	169
<b>Figura 83</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 30 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	170
<b>Figura 84</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 25 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	171
<b>Figura 85</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	172
<b>Figura 86</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	173
<b>Figura 87</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	174
<b>Figura 88</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil (escuela) de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	176
<b>Figura 89</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil (centro de salud y escuela) de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	177

<b>Figura 90</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil (escuela) de la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000....	178
<b>Figura 91</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil por caída de ceniza de 10 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	180
<b>Figura 92</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil por caída de ceniza de 5 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	181
<b>Figura 93</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial de la parroquia San Pablo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:1.000.....	183
<b>Figura 94</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 25 y 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000.....	184
<b>Figura 95</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	185
<b>Figura 96</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 15 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	186
<b>Figura 97</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 30 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	187
<b>Figura 98</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000.....	188
<b>Figura 99</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones (comunidad Urcusiqui) en la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	190
<b>Figura 100</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones (comunidad Gualsaquí) en la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	191
<b>Figura 101</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones (comunidad Uyancha) en la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	192
<b>Figura 102</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones en la parroquia San Juan de Ilumán por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000	193
<b>Figura 103</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones (comunidad libertad de Azama) en la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	194
<b>Figura 104</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones por caída de ceniza de 5 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.00 .....	196
<b>Figura 105</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	196

<b>Figura 106</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:1.000 .....	198
<b>Figura 107</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al noreste de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 25 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	199
<b>Figura 108</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al suroeste de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	201
<b>Figura 109</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	202
<b>Figura 110</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al sur de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	203
<b>Figura 111</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al noroeste de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	206
<b>Figura 112</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	207
<b>Figura 113</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la parroquia San Juan de Ilumán por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	208
<b>Figura 114</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al sureste de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	209
<b>Figura 115</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la zona rural sur de la cabecera cantonal por caída de ceniza de 1 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:5.000 .....	211
<b>Figura 116</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo de la parroquia Quichinche por caída de ceniza de 1 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:5.000 .....	212
<b>Figura 117</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la parroquia San Pablo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:5.000 .....	214
<b>Figura 118</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia de Selva alegre por caída de ceniza de 15 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	216
<b>Figura 119</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	217
<b>Figura 120</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 0,8 cm del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	218

<b>Figura 121</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 15 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	219
<b>Figura 122</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	220
<b>Figura 123</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 30 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	221
<b>Figura 124</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas al noroeste de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	224
<b>Figura 125</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la zona rural de la cabecera cantonal por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000 .....	225
<b>Figura 126</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia San Juan de Ilumán por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	226
<b>Figura 127</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas al noreste de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000 .....	227
<b>Figura 128</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la zona rural occidental de la cabecera cantonal por caída de ceniza de 1 cm y 3 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:5.000 .....	228
<b>Figura 129</b> Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la zona rural norotiental por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:5.000 .....	230
<b>Figura 130</b> Mapa temático del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones por caída de ceniza de la potencial erupción del volcán Cuicocha a 1:120.000 .....	252
<b>Figura 131</b> Mapa temático del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones por caída de ceniza de la potencial erupción del volcán Imbabura a 1:95.000 .....	253
<b>Figura 132</b> Mapa temático del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones por flujos piroclásticos de la potencial erupción del volcán Cuicocha a 1:65.000 .....	255
<b>Figura 133</b> Mapa temático del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones por flujos piroclásticos de la potencial erupción del volcán Imbabura a 1:65.000 .....	256

## Resumen

El presente estudio tiene como finalidad la determinación del impacto físico y económico en el Cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura. Se identificó la situación actual del cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos potenciales de estos dos volcanes, mediante estudios y trabajo en campo. Con la información geográfica de infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil, edificaciones, uso de suelo y zonas de cultivos agrícolas obtenidas a través del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Otavalo y el uso de herramientas geoespaciales, se procedió a la elaboración de mapas del cantón Otavalo relacionados a los peligros volcánicos como la caída de ceniza y flujos piroclásticos del volcán Cuicocha y del volcán Imbabura para la determinación del impacto físico. Se procedió a analizar el impacto económico mediante información geográfica, los mapas de peligros volcánicos y el análisis económico de costos, con los cuales se estimó las pérdidas económicas totales. Se obtuvo 235'524.287,89 USD de pérdida económica total en el cantón Otavalo en el caso de una eventual erupción del volcán Cuicocha y 300'917.625,51 USD de pérdida económica total en el caso de una eventual erupción del volcán Imbabura. Se realizó las bases para una propuesta de medidas de prevención que permitan disminuir el impacto físico y económico.

*Palabras clave:* erupción, flujos piroclásticos, ceniza, impacto y daño físico, pérdida económica.

### Abstract

The present study aims to determine the physical and economic impact on Otavalo canton out of the potential eruptive phase of the Cuicocha and Imbabura volcanoes. The current situation of Otavalo was identified in relation to the potential volcanic hazards of these two volcanoes through previous studies and field work. With geographic information on hydraulic, electrical, road and civil infrastructure, buildings, land use and agricultural crop areas obtained through the Autonomous Decentralized Government of Otavalo Canton and the use of geospatial tools, maps of Otavalo canton were prepared related to volcanic hazards such as ash fall and pyroclastic flows from the Cuicocha and Imbabura volcanoes in order to determine the physical impact. Furthermore, we evaluated the economic impact by using geographic information, volcanic hazard maps and economic cost analysis, with which the total economic losses were estimated. A total economic loss of 235,524,287.89 USD has been yield in the canton of Otavalo in the case of an eventual eruption of the Cuicocha volcano and some 300,917,625.51 USD in the case of an eventual eruption of the Imbabura volcano. Subsequently, we developed the basis for a proposal of preventive measures in order to reduce the physical and economic impact in the studied area.

*Key words:* eruption, pyroclastic flow, ash, physical impact and damage, economic loss.

## Capítulo I

### Aspectos Generales

El presente capítulo estudia el problema relacionado con el proyecto de investigación, así como también las posibles soluciones, las cuales consideran los antecedentes a nivel global, regional y local, recalcando la importancia de su conocimiento.

#### Antecedentes

Las amenazas volcánicas en el transcurso de la historia han sido un gran problema para las sociedades, han destruido infraestructura, han impedido la actividad socioeconómica y provocado la pérdida de vidas humanas (Bedón, 2014).

Siempre han ocurrido eventos extremos, entre los primeros registros en el año 79 d.C. en Italia, por ejemplo, se produjo la pérdida de 25.000 vidas humanas por flujos piroclásticos, la destrucción de ciudades y poblados como Pompeya, Herculano, Oplontis, Boscoreale y el puerto de Estabia, debido a la erupción del Volcán Vesubio (Mettra, 2020). En el año de 1815 en Indonesia se produjo más de 92.000 muertes a causa de la actividad volcánica del Tambora y en el año de 1883 se ocasionó 36.147 muertes a causa de la erupción del Krakatoa (Noji, 2002). En Camerún 1.800 personas y 3.500 cabezas de ganado murieron, debido a la inhalación de gases tóxicos emanados por la erupción límnica de la laguna volcánica Nyos el 21 de agosto de 1986 (Tanyileke *et al.*, 2019).

Algo semejante ocurre en el hemisferio occidental del planeta Tierra, diversos países de América Central y del Sur se encuentran situados en el anillo de fuego del Pacífico, son susceptibles a los daños y destrucción ocasionados por los peligros volcánicos (Bretón, 2018). Se puede citar el desastre en Guatemala el 3 de junio de

2018 donde hubo 114 muertos, 27 heridos y 197 personas desaparecidas; la caída de ceniza afectó a 1.7 millones de personas, destruyó tierras agrícolas, infraestructura y medios de subsistencia debido a la erupción del volcán de Fuego (Romano, 2019). Hay que mencionar que en la Isla Martinica hubo 29.000 muertos y mucha catástrofe a causa de la erupción del Monte Pelée por flujos piroclásticos en el año de 1902 (D'Ercole, 2015). En Sudamérica el 13 de noviembre de 1985 el pueblo de Armero en Colombia quedó diezmado y hubo 25.000 muertos por la presencia de lahares debido a la erupción del volcán Nevado del Ruiz (D'Ercole, 2015).

De acuerdo a Toulkeridis (2013), en el Ecuador existen quince volcanes activos, de los cuales se puede citar el Cotopaxi, Cayambe, Guagua Pichincha, El Reventador y Tungurahua que han causado pérdidas físicas y económicas en poblaciones aledañas debido a sus erupciones. Así en el año de 1534 varios pueblos indígenas asentados en las cercanías del volcán Cotopaxi sucumbieron ante la erupción que se produjo; en los años 1742, 1768, 1877 se destruyó infraestructura de vivienda, fábricas textiles, hubo pérdidas humanas en la ciudad de Latacunga a causa de los lahares por la reiteración de este fenómeno natural (Morales, 2012). Por otro lado, 2.000 personas de la comunidad rural de Lloa fueron afectadas a causa de la caída de ceniza por la erupción del volcán Guagua Pichincha en 1998 -1999, hubo efectos negativos sobre las actividades productivas de muchas empresas debido a la ausencia de los trabajadores, se cerró el antiguo aeropuerto internacional de Quito cuya pista fue cubierta por las cenizas, esto provocó la paralización del transporte de pasajeros y de mercadería con una estimación de pérdidas económicas de 222'550.000,00 USD (D'Ercole et al., 2009). Asimismo, cabe señalar que en la provincia del Napo varias comunidades de Las Palmas, Cascabel, Tres cruces, entre otras registraron 2.000 personas afectadas, se perdieron 40.000 hectáreas de pastizales y 700 cabezas de ganado por la erupción del

volcán Reventador el 3 de noviembre de 2002, el sector energético fue suspendido en las poblaciones del Chaco y Reventador por la caída de ceniza (Macías, 2002). En este contexto se puede citar a las poblaciones de Cusua, Pondoá, Pillate, Juive y Baños ubicadas en las cercanías del volcán Tungurahua que debido a la erupción el 16 de agosto de 2006, cerca de 4.900 personas perdieron sus casas, se disiparon 4.000 hectáreas agrícolas, frutícolas, y cultivos por la cobertura de ceniza, con pérdidas económicas estimadas en 150'000.000,00 USD (Jácome, 2011).

Por otra parte, aproximadamente 5.000 hectáreas de paisaje natural en el Cantón Otavalo fue afectado por una recia capa (5-20m) de ceniza y pómez debido a la última erupción del Cuicocha en los años 2900 y 3100 AP (antes del presente) (Von Hillebrandt, 1989). De acuerdo a Toulkeridis & Zak (2008), extensas áreas fueron alcanzadas por flujos piroclásticos letales. También cabe mencionar que aproximadamente 10.000 hectáreas de paisaje natural fue afectado por la caída de ceniza y flujos piroclásticos debido a la erupción del Imbabura 2900 años atrás (Solano, 2018), cambiando drásticamente la imagen geomorfológica de este Cantón.

Según Toulkeridis & Zak (2008), la actividad volcánica del Cuicocha nunca cesó, en la actualidad los escenarios eruptivos más probables de este volcán corresponden a una explosión límnica y explosiones plinianas caracterizadas por la expulsión de grandes volúmenes de gas volcánico, cenizas y rocas que podrían destruir la laguna y ser capaces de cambiar los paisajes colindantes y de tal forma afectar a los centros poblados de las parroquias Selva Alegre, San José de Quichinche, entre otras del Cantón Otavalo.

En el caso del Volcán Imbabura los escenarios eruptivos que experimentó corresponde a erupciones con volúmenes significativos de material magmático, emisiones pasivas de domos de lava, caída de ceniza y flujos piroclásticos en los

flancos del volcán (Barberi *et al.*, 1988), lo que pondría en riesgo las parroquias San Juan de Ilumán, Dr. Miguel Egas, San Pablo del Lago, González Suárez, San Rafael de la Laguna y la cabecera cantonal Otavalo ubicadas en el flanco sur del Imbabura. Estos fenómenos podrían afectar de forma importante el uso de suelo, infraestructura y la actividad económica del Cantón Otavalo, los vestigios de las erupciones volcánicas del Cuicocha y del Imbabura en el pasado, evidencian el riesgo volcánico que provocaría graves daños para los centros poblados de este Cantón en la actualidad (Pavón, 2017).

## Planteamiento del problema

Las poblaciones enfrentan situaciones alarmantes en relación a los desastres naturales como las erupciones volcánicas (Maturana, 2011), sin embargo, mayor parte de la responsabilidad se debe al crecimiento exponencial de la población humana en sitios donde estos fenómenos se manifiestan de forma natural y la falta de conocimiento acerca de las restricciones de la naturaleza (Rojas & Martínez, 2011); por lo que, estos eventos catastróficos tienen efectos directos en las condiciones de vida en una población, pueden afectar infraestructura pública, propiedades privadas y a las actividades económicas (Romero Toledo & Romero Aravena, 2015).

Las condiciones económicas de las poblaciones latinoamericanas inciden en la poca preparación y dificultad de capacidad de repuesta frente al riesgo volcánico (Corominas & Martí, 2015). Así pues, la falta de recursos destinados a los territorios, los niveles de precariedad, las malas gobernanzas determinan la poca resiliencia de las poblaciones ecuatorianas ante este tipo de amenazas (Guerrero, 2019).

Dicho esto, el cantón Otavalo por su ubicación geográfica está potencialmente en riesgo debido al estar cerca de dos volcanes activos Cuicocha e Imbabura (Instituto Geofísico EPN, 2018). El cantón Otavalo al situarse dentro del rango de afectación de estos volcanes podría ser afectado gravemente con pérdidas física y económicas a causa de los peligros volcánicos potenciales como flujos piroclásticos, flujos y domos de lava, caída de ceniza, avalanchas de escombros, gases y lahares. La exposición a daños físicos y económicos se incrementa en las zonas rurales de este cantón; en las cuales no ha existido políticas adecuadas para estos asentamientos humanos y déficit en la planificación de sus territorios (Romero Toledo & Romero Aravena, 2015).

El desconocimiento y la falta de preparación de la población del cantón Otavalo ante el riesgo de las potenciales erupciones de estos volcanes y la gravedad de pérdidas físicas y económicas que sufriría el Cantón Otavalo a causa de los peligros volcánicos del Cuicocha e Imbabura (Loaiza, 2019), dan lugar a la necesidad de determinar el impacto físico y económico en el Cantón Otavalo en caso de la potencial erupción del volcán Cuicocha, así como también, determinar el impacto físico y económico en caso de la potencial erupción del volcán Imbabura en la temporalidad 2021.

## **Justificación e importancia**

El nivel de riesgo y la importancia que conlleva las erupciones volcánicas depende de la vulnerabilidad de la población y de los peligros asociados a los volcanes sujetos de este estudio (Guerrero, 2019).

Si bien el Municipio del cantón ha trabajado con el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional en la elaboración de cartografía volcánica en 2008, no es suficiente para establecer el impacto físico y económico que sufriría el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura, por lo que se necesita de una cuantificación de los potenciales daños de infraestructura y uso de suelo (Hidalgo, 2019), también del análisis de información actualizada del desarrollo de su economía para poder establecer el impacto físico y económico.

El cantón Otavalo posee varias actividades económicas como la agricultura, la ganadería, el turismo, la producción y comercialización artesanal e industrial de diferentes productos como textiles, sombreros, instrumentos musicales, alimenticios, entre otros (Dirección de Desarrollo Económico Fomento Empresarial y Turismo Otavalo, 2020). Estas actividades dinamizan y generan flujos económicos con cantones aledaños a través de infraestructura vial de primer y segundo orden en excelentes condiciones (Hidalgo, 2019). Asimismo, en las zonas rurales se encuentra infraestructura muy antigua en condiciones físicas deplorables, así también, en las zonas urbanas se ubica infraestructura de alto valor económico y cultural como instituciones públicas, privadas, centros médicos, centros educativos, viviendas modernas y de la época colonial (Hidalgo, 2019), que se verían afectados por los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

De acuerdo al Gobierno Autónomo descentralizado de Otavalo (2015), los usos de suelo identificados son de tipo forestal, conservación, erosión, urbano, agrícola y pecuaria, siendo estos tres últimos los de mayor relevancia ya que abastecen y atienden la demanda económica que genera la población del cantón Otavalo. Por esta razón es importante conocer y cuantificar el impacto físico y económico de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

Este trabajo de investigación contribuirá con información base necesaria para las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Otavalo para establecer políticas públicas que ayuden a mitigar y reducir los efectos de las potenciales erupciones de los volcanes Cuicocha e Imbabura. Es en definitiva un aporte de información importante para las entidades que atienden emergencias y gestionan el riesgo a nivel parroquial, cantonal y provincial; información valiosa para el GAD del Cantón Otavalo y su población; además de que este proyecto puede brindar bases, pautas y directrices para futuros estudios.

## Estudios relacionados

Para el presente trabajo de investigación se utilizó bases de información de diferentes estudios, en la Tabla 1 se presentan los proyectos relacionados con el presente tema de investigación:

**Tabla 1**

*Proyectos relacionados*

<b>Autor/es</b>	<b>Año</b>	<b>Tema</b>
Rodríguez <i>et al.</i>	2016	Evaluación del riesgo económico del volcán Cotopaxi, Ecuador, en caso de un futuro emplazamiento de lahar.
Pavón, F.	2017	Análisis del impacto socioeconómico de los lahares y caída de ceniza ante una eventual erupción del volcán Cayambe en la actividad florícola en los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo.
Solano, S.	2018	Mecanismos y condiciones de emplazamiento de una explosión dirigida (BLAST): volcán Imbabura-Ecuador.
Hidalgo, M.	2019	Análisis de la vulnerabilidad y estimación de costos socioeconómicos por daños potenciales en la población de Lasso, ubicado en la parroquia de Tanicuchí del Cantón Latacunga, ante una eventual generación de lahares del volcán Cotopaxi.
Guerrero, M.	2019	Determinación de la vulnerabilidad volcánica en la Parroquia Angochagua- Ibarra, Ecuador.

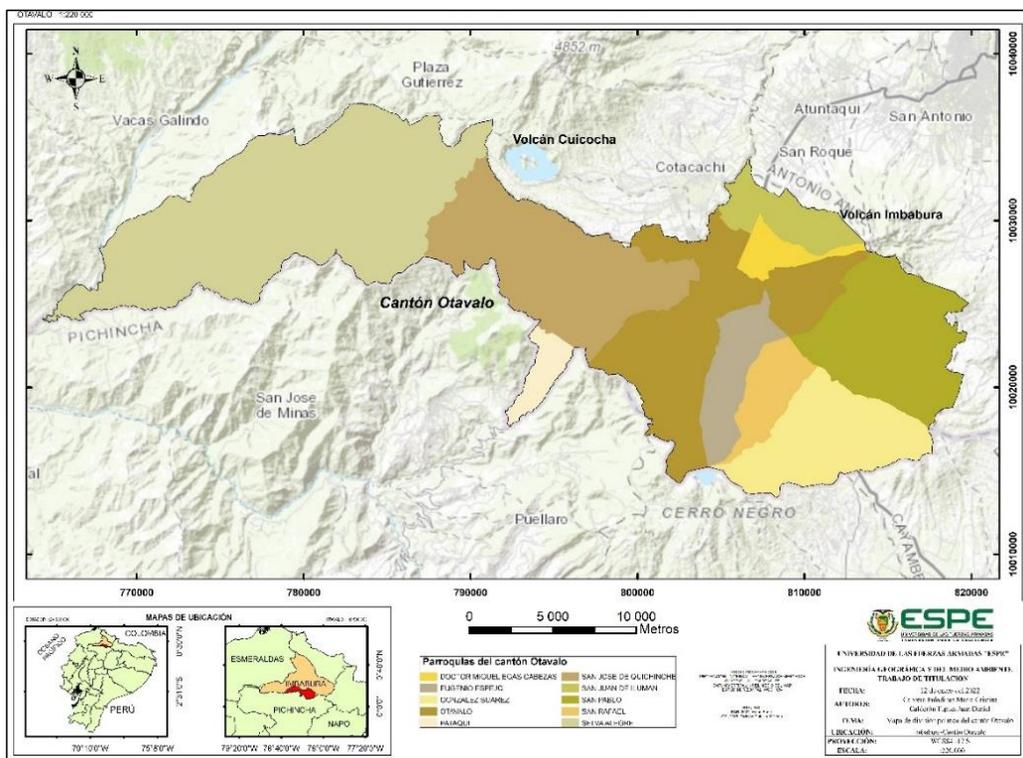
## **Área de estudio**

El Cantón Otavalo ubicado en el valle interandino del país, perteneciente a la provincia de Imbabura; se encuentra delimitado al norte por los cantones Cotacachi, Antonio Ante e Ibarra, al sur por los cantones Pedro Moncayo y Distrito Metropolitano de Quito, al este por los cantones Cayambe e Ibarra y al oeste por el cantón Cotacachi (Gobierno Autónomo descentralizado de Otavalo, 2015). El área de estudio abarca el cantón de Otavalo con sus parroquias: Otavalo, San Pablo del Lago, Eugenio Espejo, González Suárez, San Rafael, San Juan de Ilumán, San José de Quichinche, Selva Alegre, Dr. Miguel Egas Cabeza (Peguiche) y San Pedro de Pataquí (Gobierno Autónomo Descentralizado de Otavalo, 2015).

En la Figura 1 se puede observar el área de estudio del presente proyecto, la figura muestra la división política administrativa del cantón Otavalo, conformado por la ciudad del mismo nombre (parroquia urbana) y muestra sus nueve parroquias rurales, también se puede observar los volcanes Cuicocha e Imbabura.

### **Figura 1**

*Mapa del área de estudio del Cantón Otavalo.*



## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Determinar el impacto físico y económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura, mediante herramientas geoespaciales y el análisis económico de costos, para realizar una propuesta de medidas de prevención que permitan disminuir los potenciales daños.

### ***Objetivos Específicos***

- Identificar la situación actual del cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura, mediante revisión bibliográfica, información proporcionada por el GAD de Otavalo y estudios en campo.
- Determinar el impacto físico (infraestructura, uso de suelo) en el cantón Otavalo mediante la elaboración de mapas de peligros volcánicos potenciales.
- Analizar el impacto económico en el cantón Otavalo mediante información geográfica, mapas de peligros volcánicos potenciales y el análisis económico de costos.
- Realizar una propuesta de medidas de prevención que permitan disminuir el impacto físico y económico en el cantón Otavalo en cada caso.

### **Metas**

- Un reporte del cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos potenciales identificados de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

- Un reporte de información base del peligro volcánico potencial que representa la laguna caldérica del Cuicocha para el cantón Otavalo
- Mapas temáticos a escala general de 1:220.000 y escalas de análisis de 1:5.000 para las zonas rurales y 1:1.000 para las zonas urbanas del cantón Otavalo asociados a los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura.
- Mapas temáticos a escalas de análisis de 1:5.000 para las zonas rurales y 1:1.000 para las zonas urbanas del cantón Otavalo asociados al impacto físico (infraestructura afectada, uso de suelo afectado) de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.
- Mapas temáticos a escala 1:120.000, 1:95.000, 1:65.000 y 1:85.000 del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.
- Informe de resultados del impacto físico y económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura que se entregará al municipio del cantón.
- Informe de una propuesta de medidas de prevención en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura que se entregará al municipio del cantón.

## **Hipótesis de Investigación**

El uso de herramientas geoespaciales y el análisis económico de costos determinará el impacto físico y económico en el cantón Otavalo ante la eventual erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura, para realizar las bases de una propuesta con medidas de prevención que permitirán disminuir los daños y sirva como herramienta informativa para el gobierno cantonal.

## Capítulo II

### Marco Teórico

El presente capítulo contiene tres aspectos fundamentales: base teórica, conceptual y legal, con la finalidad de comprender los antecedentes más trascendentales del estudio del proyecto.

#### Base Teórica

Nuestro planeta ha sufrido muchos desastres de origen natural, ocasionados a través del tiempo en forma natural y agudizados en la actualidad por la intervención desmedida del hombre. Estos impactos están definidos por múltiples razones; como las carencias económicas, sociales, políticas e institucionales que crean altas fragilidades e impactan en la pérdida de materiales y muchas vidas humanas. Esto nos permite identificar los problemas, caracterizar, medir y evaluar las amenazas naturales considerando diversas variables, de medios distintos y de complicados enlaces y articulaciones (Thomas, 2013).

La afectación de las erupciones volcánicas como una de las amenazas naturales externas sobre la población constituye un axioma que se relaciona con la vulnerabilidad de las comunidades y zonas aledañas. Es decir que la mayor cantidad de gente damnificada por estos desastres habitan áreas suburbanas con privación de algunos servicios básicos, que se considera de alto riesgo ya que pueden ser afectadas fácilmente por varios fenómenos naturales. Concomitantemente, las erupciones denominadas como amenazas de carácter violento afectan extensas zonas de territorio con sus materiales. La caída de ceniza y lahares podrían modificar las características físicas y químicas de la tierra, mientras que las nubes de polvo en la atmósfera pueden alterar su estructura (Guerrero, 2019).

De lo anterior se resalta que los daños y afectaciones producidos por una erupción volcánica son consecuencia de la fragilidad existente en ciertas áreas y por la capacidad de reacción de las personas, de esta manera el peligro volcánico muestra múltiples fenómenos que se dan por las erupciones (Guerrero, 2019).

Uno de los mayores desastres producidos por las erupciones volcánicas plinianas, sale a la luz la erupción del volcán Tambora en Indonesia ocurrida en el año 1815 considerada como “el evento volcánico” más apoteósico de la historia moderna según (Awdankiewicz, 2011), del que se estima que la masa desprendida por el volcán es de  $50 \text{ km}^3$  (roca densa), de esta el 97% se considera flujos piroclásticos y phoenix clouds (depósitos con-ignimbriticos), con una columna de 43 km de altura (Vergara, 2014).

En la Cordillera de los Andes sobresale el complejo volcánico del cerro blanco situado en la región del altiplano La Puna, al noroeste de Argentina, este complejo volcánico data de una potente erupción explosiva riolítica (Fernandez-Turiel *et al.*, 2019) generando un área de afectación  $\sim 500.000 \text{ km}^2$  con una masa volcánica de  $> 100 \text{ km}^3$ , cubriendo una vasta extensión de  $> 400 \text{ km}$  con la caída de ceniza; impactos que en su momento representaron grandes efectos perjudiciales para toda las comunidades de la región.

Los estudios realizados sobre estos volcanes demuestran claramente los daños y afectaciones causados a la población y a sus medios circundantes, permitiéndonos comprender al mismo tiempo que las amenazas de las erupciones volcánicas inciden en el cambio climático global y los efectos catastróficos que causan en la biosfera (Awdankiewicz, 2011); investigaciones que coadyuban a conocer y valorar la importancia del estudio de las erupciones volcánicas más próximas en nuestro país, a fin de prever y concebir planes objetivos que sean utilizables para disminuir el riesgo

producido por dichos efectos y que nuestra población tenga todas las herramientas para encontrar una adecuada oportunidad de resiliencia (UNISDR, 2015).

En Ecuador se realizó un trabajo titulado “*El impacto socioeconómico por lahares y caída de ceniza ante la erupción del volcán Cayambe en la actividad florícola en Cayambe y Pedro Moncayo*”. Pavón, pag. 123 (2017), el cual utiliza una modelación espacial en las áreas de afectación del volcán, así como también se muestra claramente el alto impacto socioeconómico a nivel local y nacional que se produciría en caso de erupción, dadas por las exportaciones de flores que es uno de los rubros económicos de importancia para el país; razón suficiente para monitorear constantemente este volcán (Pavón, 2017).

Igualmente es preponderante el trabajo de investigación realizado en el estudio de “*Geochemistry of water and gas emissions from Cuicocha and Quilotoa volcanic lakes, Ecuador*” Melián *et al.*, pag. 1 (2021), que nos permite conocer el proceso físico del volcán Cuicocha, como consecuencia de la reacción química que se produce hacia el interior. En el lago se realizó estudios sobre la cantidad de CO<sub>2</sub> permanente en el periodo comprendido entre el 2006 y 2012 en particular los gases volcánicos que se presentan como burbujas en distintos sectores, especialmente en el borde norte del Domo Yerovi (Melián *et al.*, 2021a). Estas observaciones contribuyen a mantener vigilado el volcán Cuicocha; al mismo tiempo su información, nos indica la importancia de mantener un estudio constante de la mayoría de componentes volátiles, información con la cual se tomarán acciones para disminuir el riesgo volcánico presente en este volcán.

En consecuencia, las erupciones volcánicas son amenazas para las áreas aledañas, propensas por su vulnerabilidad en las cuales se vislumbra mayores

desastres por los riesgos socioeconómicos y demográficos que significan para la población.

Al analizar las amenazas, buscamos incorporar una serie de factores que faciliten identificar y ordenar las categorías de la amenaza en los volcanes Imbabura y Cuicocha; pudiendo adicionalmente considerar: lahares, caída de ceniza o caída de material piroclástico, gases volcánicos, flujos piroclásticos, avalanchas de escombros, erupciones límnicas; lo que nos permite constatar los daños en la topografía, hidrografía, red vial, centros poblados e infraestructura (Maskrey, 1998).

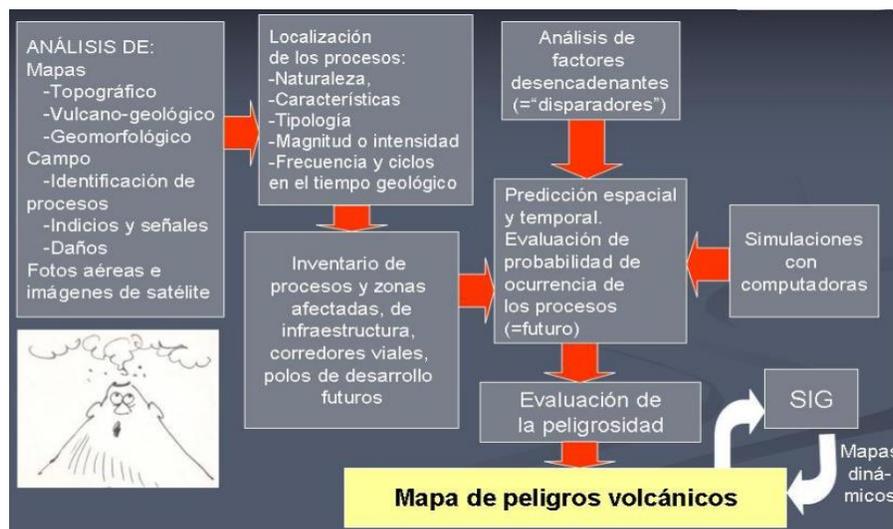
Una vez identificado los factores que inciden en las erupciones volcánicas y sus efectos, se utilizan las herramientas geoespaciales que permiten agrupar, administrar y analizar grandes cantidades de información geoespacial, relativa a regiones afectadas, en la infraestructura y los recursos; para conocer las particularidades de la zona y sobre todo el impacto social de la población sufrida por estos eventos catastróficos (Bitrán, 1982). Además la incorporación de herramientas geoespaciales en el marco de respuesta al desastre ha contribuido a mejorar la planificación, los tiempos de respuesta, la alerta temprana y comunicación en circunstancias críticas (Sekita, 2020). Estas herramientas por lo general, son sistemas completos que permiten gestionar información geográfica (ArcGIS Resources, 2021), la cual servirá para el mapeo de los peligros volcánicos potenciales, la identificación y evaluación del riesgo volcánico, de esta manera generar información relevante para las personas u organizaciones que lo requieran.

Según Soto & Alvarado (2008), el uso de herramientas geoespaciales como los mapas de peligros volcánicos permitió la evaluación del peligro volcánico en el proyecto hidroeléctrico Reventazón en Costa Rica y estableció su impacto físico. En la figura 2 se presenta un diagrama de flujo para la construcción de mapas de peligros volcánicos,

donde parte de un análisis de mapas que interviene lo topográfico, vulcano-geológico y geomorfológico, continuando con el análisis en campo, el cual abarca la identificación de procesos, daños, indicios y señales, por último se realiza un análisis de fotos aéreas y de imágenes satelitales, con esta información se ejecuta la localización de los procesos los cuales son la naturaleza, características, tipología, magnitud o intensidad, frecuencia y ciclos en el tiempo geológico; después se realiza un inventario de procesos y zonas afectadas, infraestructura, corredores viales y polos de desarrollo a futuro. También se parte de un análisis de factores desencadenantes y simulaciones con computadoras, de esta manera se llega a la predicción espacial y temporal, donde se obtiene una evaluación de probabilidad de ocurrencia de los procesos para terminar con una evaluación de peligrosidad y con ayuda del SIG obtener los mapas dinámicos de peligros volcánicos.

## Figura 2

Diagrama de flujo metodológico para la construcción de mapas de peligros volcánicos



Nota. Tomado de (Soto & Alvarado, 2008).

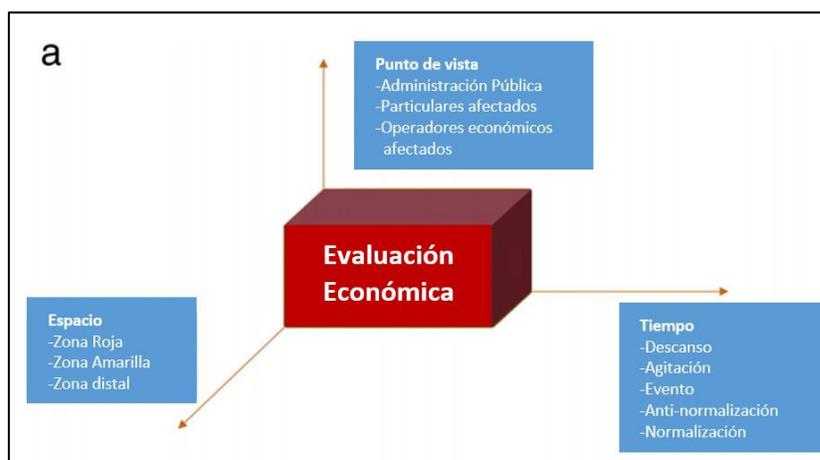
Los mapas de peligros volcánicos permiten determinar el impacto físico en las poblaciones y ayudan al análisis de otros puntos de vista que se encuentran ligados a este tema, como son las valoraciones de pérdidas económicas.

La implementación de una valoración de pérdida económica pretende obtener una medición monetaria de la pérdida de bienestar o utilidad que una persona o un determinado colectivo experimenta a causa de los desastres naturales como son los peligros asociados a las erupciones que afectan a dicha persona o colectivo (Raffo Lecca & Mayta Huatuco, 2015).

Según el estudio de Zuccaro *et al.* (2013), en primer lugar, para la valoración de pérdidas económicas ante el riesgo volcánico de una población existen tres factores que se deben tener en cuenta, que son: tiempo, espacio y punto de vista (ver Figura 3); en segundo lugar, las pérdidas económicas directas (capital construido, capital humano y activos agrícolas) e indirectas (número de personas afectadas) pueden cambiar según la fase temporal de la erupción y de la intensidad (ver Figura 4).

### Figura 3

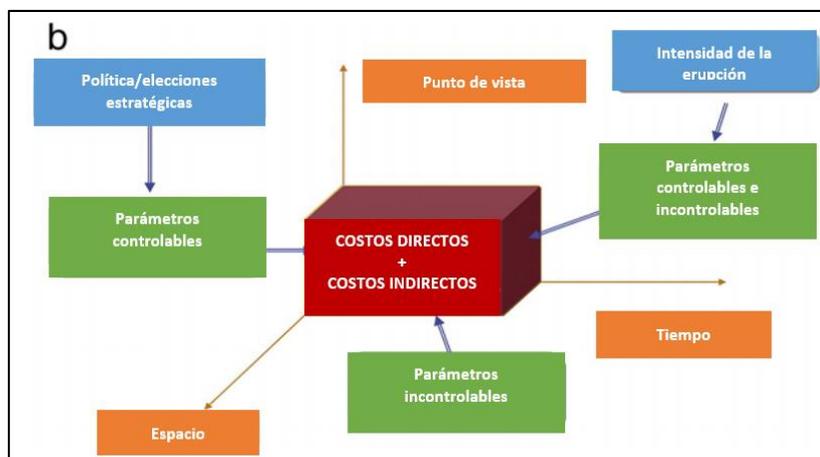
*Factores involucrados en la evaluación económica frente al riesgo volcánico*



*Nota.* Tomado de (Zuccaro *et al.*, 2013).

**Figura 4**

*Modelo de evaluación económica frente al riesgo volcánico, costos directos e indirectos*



*Nota.* Tomado de (Zuccaro *et al.*, 2013).

Finalmente tenemos que considerar un factor coadyuvante en la valoración de pérdidas económicas causadas por las erupciones volcánicas, que son las medidas de prevención, las mismas que evitan, se multipliquen las afectaciones tanto a la población como a la infraestructura. Cabe recalcar que estas medidas establecen criterios a tomar en cuenta a corto, mediano y largo plazo, así como el realizar seguimiento y monitoreo, la difusión y el tratamiento adecuado para la pérdida de patrimonio cultural (Vallejo, 2015). En conclusión, de lo manifestado debemos indicar que el objetivo de las medidas de prevención contribuirá analizar las amenazas de los volcanes Cuicocha e Imbabura, las mismas que disminuirán el impacto en la población.

### **Base Conceptual**

La determinación del impacto físico y económico en el Cantón Otavalo debido a la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura es de suma importancia, ya que nos permite visualizar las afectaciones sobre el área en estudio, así como también manejar definiciones de términos adecuados para una mejor comprensión y desarrollo

de la tesis. Esta evidencia de riesgo señala la importancia de ampliar el conocimiento teórico, involucrar a las personas y gestionar estrategias que ayuden mitigar sus efectos.

En cuanto al manejo de términos relacionados en este tema, según (Romero *et al.*, 1993) el fenómeno natural son los cambios internos que se producen en la naturaleza, dándose de manera intempestiva y violenta. Históricamente los volcanes Cuicocha e Imbabura han arrejado la estructura de sus alrededores modificando cambios en las tierras aledañas (Toulkeridis & Zak, 2008), así como también destruyendo infraestructura y afectando a la economía zonal.

Los peligros volcánicos según manifiesta Linares *et al.*, pág. 40 (2004), son todos los eventos que produce un volcán causando daños inminentes a las personas y sus bienes. Estos eventos se manifiestan a través de erupciones, flujos piroclásticos, emisión de ceniza, lava, emisión de gases, lluvia y lahares (Campos Durán & Alvarado, 2019; Linares *et al.*, 2004; Paniagua, 1986; Paniagua & Soto, 1986) Es importante manifestar que, en los eventos ocurridos anteriormente por estos volcanes, las afectaciones se han dado solamente en la cercanía de los volcanes, a excepción de la ceniza que se extiende más allá por acción del viento (Garrido, 2017; H. Guerrero, 2004).

Casertano *et al.*, pág. 230 (1983), menciona que las erupciones freato-magmáticas se manifiestan a través de fuertes explosiones, tipo pliniano alcanzando varios kilómetros de altura (Ancochea & Barrera, 2002; Chiesa, 2013), emitiendo abundante material juvenil (Casertano *et al.*, 1983). Es el caso de la última erupción del volcán Cuicocha donde hubo expulsión violenta de abundantes flujos piroclásticos (Toulkeridis & Zak, 2008).

Estos Flujos piroclásticos también denominados nubes ardientes, son compuestos de gases calientes mezclados con cenizas que se encuentran a altas temperaturas y que se desplazan en declives a grandes velocidades alcanzando 200 km/h. aproximadamente, capaces de extenderse hasta 100 km. a partir del inicio (Caselli *et al.*, 2010; Duque, 2006; Merino, 2014; Moreno & Varela, 1985).

Las cenizas volcánicas son fragmentos de magma, son partículas diminutas que se asemejan a la arena compuestas por roca pulverizada, lava y fragmentos de vidrio expulsados por la chimenea de un volcán. Su tamaño oscila entre 0,063 mm y 2 mm aproximadamente (Caselli *et al.*, 2010; D'Elia *et al.*, 2015; Rivera, 2003).

Los gases volcánicos son compuestos químicos que se originan a través del magma (Galle *et al.*, 2007; Schiavo *et al.*, 2021) que surge desde el interior de un volcán en forma de fumarola. El gas volcánico principal es el vapor de agua (J. L. Macías, 2005; Martini, 2000), acompañado por otros como CO<sub>2</sub>, y SO<sub>2</sub>, que en grandes cantidades son perjudiciales para la salud (Caselli *et al.*, 2010; Melián *et al.*, 2021b; Sierra, 2012).

Otro de los componentes eruptivos que han sido propios de los volcanes Cuicocha e Imbabura son los lahares o corrientes de "barro" constituidos por ceniza y agua, es decir el material sólido mezclado con agua al producirse la erupción que fluyen pendiente abajo por las laderas de los volcanes (Caselli *et al.*, 2010; Toulkeridis & Zak, 2008).

Todos los eventos mencionados anteriormente conllevan un riesgo significativo para la población y el entorno territorial, es decir que un riesgo según (Linares *et al.*, 2004) es la preocupación de que ciertos eventos adversos produzcan impactos catastróficos sobre la población e infraestructura que se hallan en áreas circundantes a

los volcanes, acotando que en ausencia de gente o estructuras desarrolladas no cabría el riesgo.

Al considerar como amenazas latentes la propuesta de una posible erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura, los impactos que ocurriría pueden ser atenuados con educación y medidas preventivas a través de la gestión del riesgo de desastre (GRD). Entonces debemos estar claros que la Gestión de Riesgos son todas las acciones de planificación (Bohórquez, 2011; Galarza López & Almuiñas Rivero, 2015) que conlleva decisiones administrativas, de organización y de ejecución que han sido desarrolladas por la sociedad para implementar políticas, normas y estrategias que permiten fortalecer sus capacidades, de tal manera que se pueda reducir el impacto de dichas amenazas naturales o antrópicas (Cosamalón, 2007). La gestión de riesgos conlleva múltiples actividades y la participación de toda la población con las instituciones que la conforman a fin de propiciar planes que serán de conocimiento público tanto para ejecutar simulacros y su posible aplicación real (Justo, 2018).

Uno de los insumos de la gestión de riesgos es la utilización de las herramientas geoespaciales que según son elementos y técnicas que nos facilitan el análisis real a partir del conocimiento del espacio geográfico proporcionado por datos geoespaciales. Los resultados que proyectan los sistemas geoespaciales se plasman en una diversidad de mapas, en los cuales se observa la forma, dimensiones, distribución y otros aspectos de los fenómenos analizados (Solano, 2014). En cambio, el procedimiento que se realiza con la información geográfica, admite armonizar la información básica para conseguir información derivada en un ámbito geoespacial, esto es lo que se denomina SIG (Sistemas de Información Geográfica) (Domínguez, 2000; Pérez, 2020). Estas herramientas de gestión, de información geográfica se utilizó en el mapeo de los peligros ocasionados por los volcanes Cuicocha e Imbabura en el Cantón Otavalo.

La Georreferenciación corresponde a la señalización de un punto en el espacio (Cascón *et al.*, 2019; Dávila & Camacho, 2012), en un conjunto de coordenadas de mapa, cuyos elementos de la capa tienen una ubicación geográfica y una extensión específica que facilitan la ubicación en la superficie terrestre (ESRI & ArcGIS Resources, 2022), a través de los puntos de control que son grandes marcaciones agregadas a la estructura de una parcela, con la finalidad de obtener una referencia espacial (ESRI, 2022; Ordoñez & Condori, 2022).

Conociendo el escenario técnico, tanto de la conceptualización de las amenazas, como de las herramientas a utilizar en la gestión del riesgo, cabe analizar el impacto económico en el área de estudio.

La valoración económica constituye la identificación y cuantificación de todos los daños que ocasionaría una posible erupción de los volcanes en estudio, además de proponer una metodología como procedimiento de cálculo (Calderón *et al.*, 2003). La información del presente trabajo será utilizada por las autoridades del cantón Otavalo para determinar los sectores más afectados e implementar al mismo tiempo los planes de recuperación y reconstrucción.

Los valores que se deben considerar en la valoración económica son los costos directos e indirectos (Puig *et al.*, 2001). Es decir, los costos de los daños materiales y los que afectan a la producción (Mendoza, 2019). Mediante este procedimiento se calculará las pérdidas económicas en las áreas de afectación del cantón Otavalo.

Los costos de pérdida atribuidos por daños a la infraestructura y al uso del suelo, significa para el cantón Otavalo una pérdida económica muy alta, modificando la producción y los canales de distribución (Álvarez & Rettberg, 2008). En cambio, los costos de construcción que se aplica a la materiales, equipo, maquinaria y mano de

obra sufren constantemente alzas en sus precios, debido a varios factores de comercialización (INEC, 2019). El cálculo de estos costos conlleva a una estimación aproximada de precios deseados para los distintos proyectos en las diferentes fases de desarrollo, comúnmente la apreciación de estos costos se realiza con la información disponible al momento de su elaboración (Sánchez & Pérez, 2008).

### **Base Legal**

Los indicios de actividad de los volcanes Cuicocha e Imbabura, constituyen alarmas que permite investigar los impactos en las zonas de riesgo y seguridad en las poblaciones aledañas asentadas en sus flancos. Con estas hipótesis, el presente trabajo investigativo se enmarca en las medidas implementadas por el estado para reducir los riesgos y gestionar adecuadamente los desastres.

Cada estado es responsable de precautelar la seguridad de su población y bienes, por una eventual hipótesis causada por un desastre natural. En nuestro país, la (Constitución, 2008) avala la gestión del riesgo en sus artículos 389 y 390, teniendo además leyes que se consideran dentro del marco legal, así la ley que regulariza la seguridad del estado en un contexto integral es el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2019) Art. 140, el código que norma y regula planificación con las finanzas públicas es el Código Orgánico de planificación y de finanzas públicas (COPLAFIP, 2004) Art. 64, la ley que vincula los órganos de defensa del estado y la relación con los organismos de contribuyen a ella es la Ley Orgánica de Defensa Nacional (Ministerio de Defensa Nacional, 2009) Art. 5, las normas que regulan la contratación de bienes, trabajos o servicios es la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (Asamblea Nacional, 2008) Art. 1, La ley de Seguridad Pública y del Estado y su Reglamento (Decreto Ejecutivo, 2010) Art. 3, 18, 19 y 24.

Con este enfoque legal la presente investigación se encausa en la actualización de los documentos que permita renovar las políticas y estrategias orientadas a reducir las condiciones de vulnerabilidad de la población y al ejercicio cabal de Gestión de Riesgos por parte de las autoridades del cantón.

### **Capítulo III**

#### **Metodología**

En el presente capítulo se detalla el procedimiento metodológico empleado en el cumplimiento de los objetivos propuestos.

En la Fase I se realizó una revisión bibliográfica teórica cuyo objetivo fue la de identificar estudios y metodologías similares, así también, la prefactibilidad de la realización del presente proyecto. Mediante la información geográfica 2021 proporcionada por el GAD de Otavalo y estudios en campo se identificó en el cantón Otavalo los peligros volcánicos a los que se encuentra expuesto ante la potencial erupción volcánica. Se elaboró un reporte de la situación actual del cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos potenciales de estos volcanes, de igual forma se generó un reporte de información base del peligro potencial que representa la laguna caldérica del Cuicocha para el cantón Otavalo.

En la Fase II se realizó la depuración de la información geográfica 2021 del cantón Otavalo y con el reporte de la situación actual del cantón relacionado a los peligros volcánicos identificados, se procedió a elaborar los mapas temáticos del cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura y se determinó el impacto físico (infraestructura afectada, uso de suelo afectado) en cada caso.

Se obtuvo los mapas temáticos del cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura, con la base de datos de la información geográfica 2021 del cantón Otavalo y el análisis económico de costos basados en las potenciales pérdidas se procedió a analizar el impacto económico en ambos casos, se realizó la comparación de estos dos eventos, el desastre natural que conllevó mayores pérdidas físicas y económicas en el cantón Otavalo. Se procedió a la

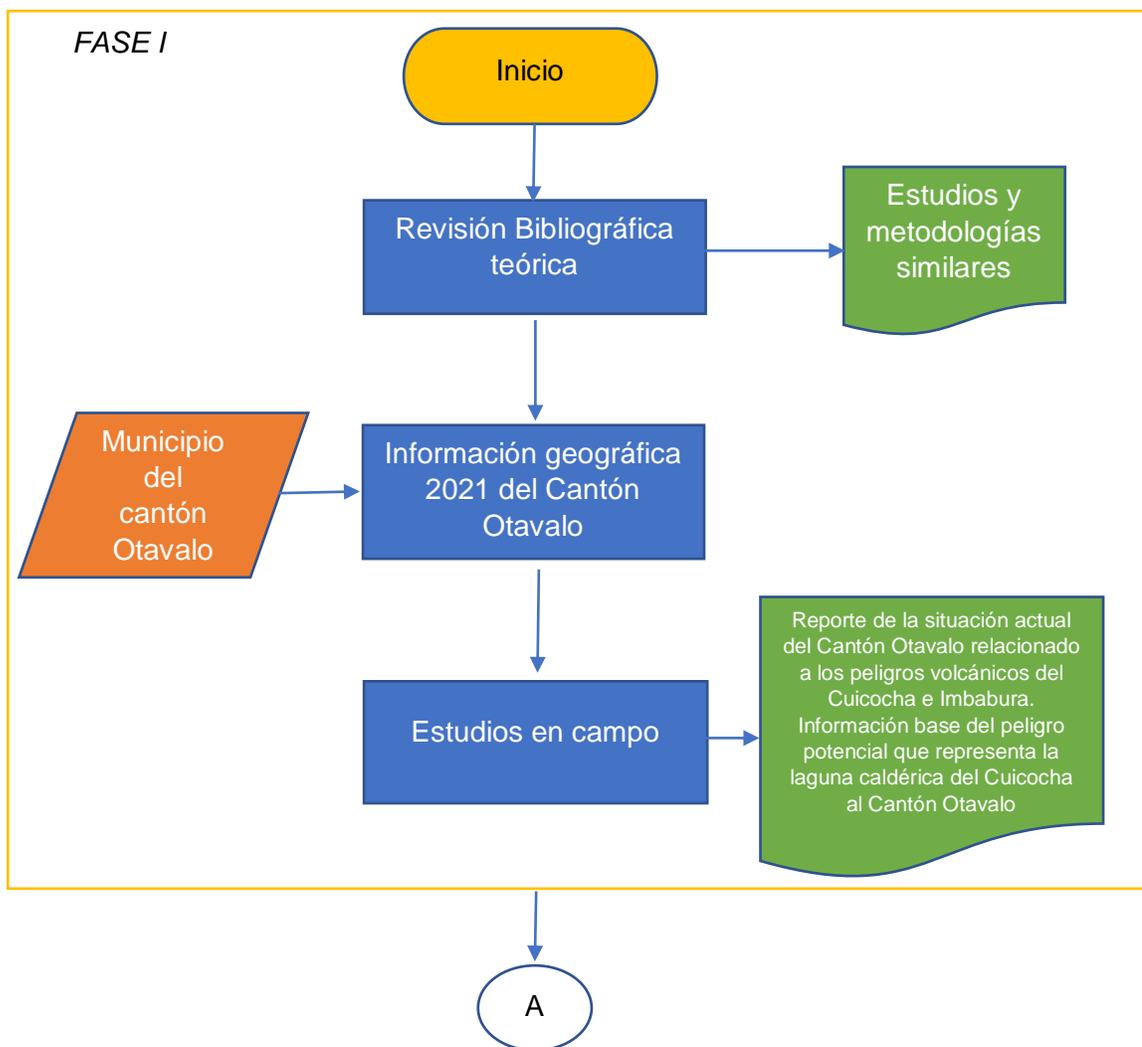
elaboración de un informe de resultados del impacto físico y económico que se entregó al GAD Cantonal.

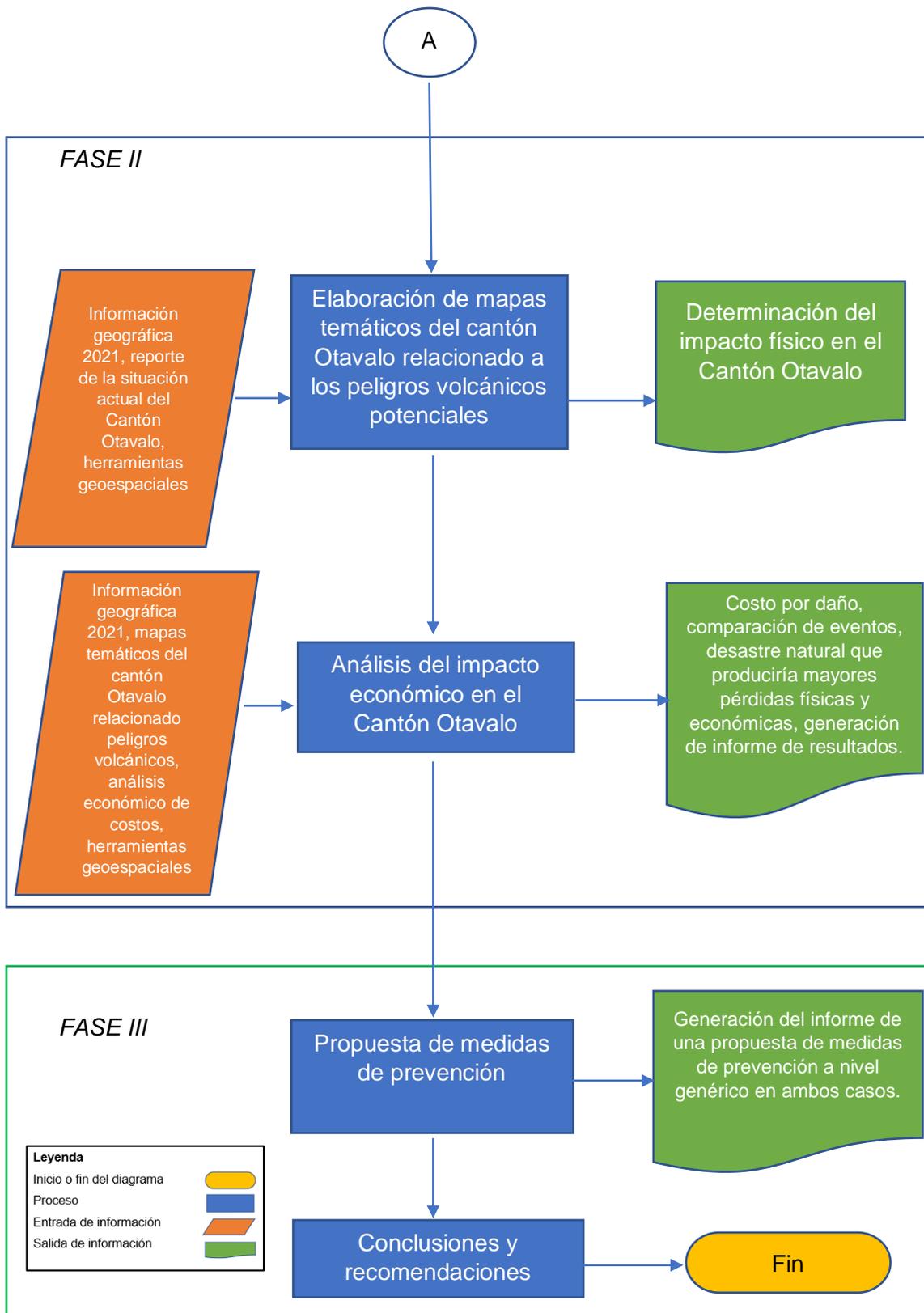
En la Fase III se realizó una propuesta de medidas de prevención en el cantón Otavalo a nivel genérico, de tal forma se generó un informe que se entregó al GAD cantonal. Para finalizar, se realizaron las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Todo lo mencionado se puede observar en la figura 5 la cual muestra el desarrollo de las actividades y el flujo de la metodología aplicada en el proyecto de investigación.

### Figura 5

Diagrama de flujo de la metodología del proyecto





## Obtención de Información Geográfica del cantón Otavalo

Se obtuvo información geográfica correspondiente al área de estudio a través de diferentes instituciones públicas como: Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), Sistema Nacional de Información (SNI), Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo, Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura, entre otras. En la Tabla 2 se detalla la información que se utilizó en la realización del proyecto de investigación.

**Tabla 2**

*Información geográfica utilizada en el proyecto de investigación.*

<b>Variable</b>	<b>Escala</b>	<b>Fuente de información</b>
Limite Cantonal	1:50.000	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI)
División política Cantón Otavalo	1:50.000	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI)
Uso y cobertura del suelo	1:50.000	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI)
Áreas Urbanas	1:50.000	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo
Red Vial	1:50.000	Instituto Geográfico Militar (IGM)
Anillos Viales	1:50.000	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI)

Acequias	1:50.000	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI)
Línea de transmisión	1:50.000	Sistema Nacional de información (SNI)
Alcantarilla	1:50.000	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI)
Torre de comunicación	1:50.000	Sistema Nacional de información (SNI)
Puentes Otavalo	1:50.000	Sistema Nacional de información (SNI)
Centrales eléctricas	1:50.000	Sistema Nacional de información (SNI)
Establecimientos Educativos	1:50.000	Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG)
Establecimientos de Salud	1:50.000	Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG)

---

### **Estudios y trabajo en Campo**

La identificación de la situación actual del Cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos de los volcanes Cuicocha e Imbabura y el peligro que representa la laguna caldérica del Cuicocha para el Cantón, se realizó bajo un método experimental, donde se planificó detalladamente, en el cual se utilizó diversos materiales y equipos para la

obtención de esta información en campo y su procesamiento en gabinete que se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Materiales y equipos*

<b>N°</b>	<b>Equipo/Material</b>	<b>Descripción</b>
1	Celulares	Samsung J6 – iPhone 7
2	Flexómetro	Cinta métrica
3	GPS Navegador	Aplicación GPS Map Camera Lite
4	Computadores	HP ENVI-DELL
4	Excel	Software informático de calculo
5	Word	Programa de procesamiento de texto
6	ArcGIS-ArcMap	Software comercial SIG
7	Martillo	Stanley
8	Espátula	Mango de madera

### **Identificación de la situación actual del cantón Otavalo**

El día 10 de octubre de 2021 se realizó la primera salida de campo, se identificó material volcánico de erupciones pasadas del volcán Cuicocha, se tomó muestras en una cantera ubicada en la vía Cotacachi – Quiroga – Cuicocha que está formada por pómez, dacitas, y sílice producto de una erupción violenta del volcán Cuicocha. A través de registro fotográfico se evidenció taludes que indican los depósitos del material

volcánico del volcán Cuicocha. El día 20 de noviembre de 2021 se realizó la segunda salida de campo, se identificó en el Cantón Otavalo material volcánico de erupciones pasadas del volcán Cuicocha e Imbabura, en tal sentido a través de registro fotográfico se evidenció taludes o cortes formados por material volcánico del volcán Cuicocha y ceniza del volcán Imbabura dentro del perímetro del cantón Otavalo. Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4 en el apartado: “Resultados de la identificación de la situación actual del Cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura”.

### **Información base del peligro volcánico potencial que representa la laguna caldérica del Cuicocha**

El 10 de octubre de 2021, se visitó la laguna caldérica de Cuicocha y a través de registro fotográfico se evidenció gases emitidos desde su interior, dando lugar a la formación de burbujas como muestra de la actividad post volcánica. Los resultados obtenidos se pueden observar en el capítulo 4 en el apartado: “Resultados de la información base del peligro volcánico, que representa la laguna caldérica Cuicocha para el Cantón Otavalo”.

### **Elaboración de mapas temáticos de los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura**

Para la Elaboración de mapas temáticos del cantón Otavalo relacionado a los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura se realizó el procesamiento de Información Geográfica 2021 del cantón Otavalo, se utilizó el sistema de coordenadas proyectadas WGS 1984 UTM Zona 17S y varias herramientas del software ArcGIS-ArcMap. Estos mapas permitieron establecer el impacto físico en el Cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

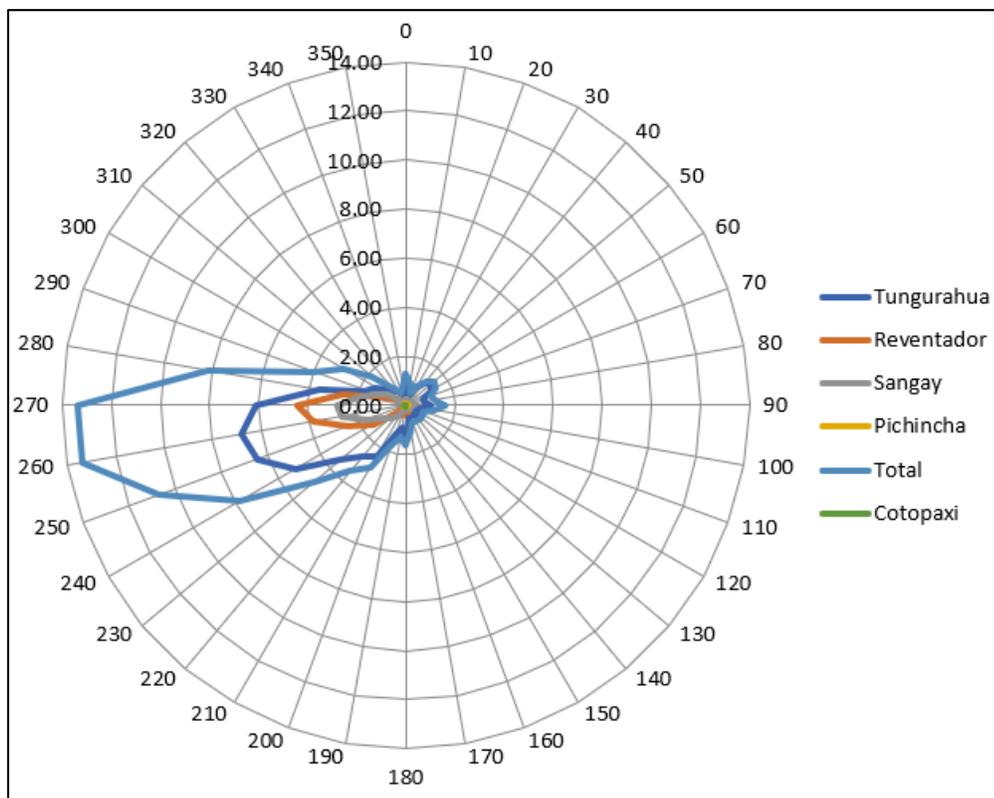
### ***Mapas de la caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura***

Para la elaboración de los mapas del Cantón Otavalo relacionado a la caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura se utilizó las direcciones de viento representadas en un diagrama de rosas para el periodo de diciembre 1999 -2021 (Ver Figura 8) de la base de datos del estudio de (Toulkeridis & Zach, 2017), los datos se fundamentaron en los vientos generados por el Modelo de Circulación Global (Global Forecast System / North American Model) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica ( NOAA) de los Estados Unidos las 24 horas del día, los 7 días de la semana que se informan cada pocas horas según la gravedad de las emisiones y se pronostican a 6,12 y 18 horas.

Según (Toulkeridis & Zach, 2017), se utilizaron 4.905 imágenes satelitales de Ecuador del sitio web de Servicio Nacional de Información, Datos y Satélites Ambientales de la NOAA, de donde se obtuvieron más 19.620 datos para la determinación de la dirección predominante el viento en diferentes sitios del Ecuador; estos datos se han representado en un diagrama de rosas regulares como se observa en la figura 6, que representa las direcciones de viento de los volcanes Tungurahua, Reventador, Sangay, Pichincha y Cotopaxi. Se utilizó estos datos con 22 años de recopilación para el volcán Cuicocha e Imbabura, ya que el comportamiento de las direcciones de viento es similar en el Ecuador continental.

#### **Figura 6**

*Direcciones de viento representadas en un diagrama de rosas para el periodo diciembre 1999 -2021*



*Nota.* Tomado de (Toulkeridis & Zach, 2017).

Para la obtención de las capas de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura se requirió que las direcciones de viento representadas en un diagrama de rosas para el periodo diciembre 1999 -2021 se encuentre en formato raster por lo cual se trabajó con una extensión .jpg y se procedió a cargar en el software ArcGIS-ArcMap, seguidamente se dimensionó y asignó la ubicación espacial al formato raster y se utilizó el proceso de georreferenciación y el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM ZONA 17S (Dávila & Camacho, 2012; Toulkeridis & Zach, 2017).

Se establecieron 9 y 5 puntos de control tomando como referencia las coordenadas del centro del cráter del volcán Cuicocha e Imbabura respectivamente obtenidas del mapa base georreferenciado World Topographic, que coinciden con el centro del diagrama de rosas. Para la determinación de los otros 4 puntos de control

restantes se utilizó la longitud del radio de la circunferencia mayor del diagrama de rosas y las direcciones de viento a 270°, 0°, 90° y 180°.

Una vez obtenida las longitudes de los radios de caída de ceniza se procedió a sumar y restar estas distancias a las coordenadas de los cráteres de los volcanes Cuicocha e Imbabura dependiendo de la ubicación de la intersección de los radios de las direcciones de viento a 270°, 0°, 90° y 180° y la circunferencia mayor.

De tal forma se obtuvo las coordenadas de los puntos de control para cada una de las longitudes de radio de caída de ceniza del volcán Cuicocha y del volcán Imbabura se obtuvo realizando un estudio bibliográfico sobre el análisis de tefra de volcanes con el mismo índice de explosividad volcánica (Bonadonna & Houghton, 2005; Hill *et al.*, 1998; Paladio-melosantos *et al.*, 2012; Toloza *et al.*, 2020; Volentik *et al.*, 2010), ver Tabla 7 y 8 que se presentan en el apartado de resultados.

Con los puntos de control obtenidos se procedió a georreferenciar los raster de las direcciones de viento (diagrama de rosas del período diciembre 1999-2021) para obtener el modelo de la dirección de ceniza con su respectiva longitud de radio y espesor.

Para realizar este modelo primero se cargó desde la hoja de Excel (.xls) las coordenadas de puntos de control de cada longitud de radio para caída de ceniza a ArcGis desde File - Add Data – Add XY Data, se configuró, X Field con la coordenada Este y Y Field con la coordenada Norte, se importó el sistema de coordenadas WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S, seguidamente se procedió a exportar la capa en shapefile, se realizó zoom to layer al raster y se procedió a georreferenciar con la herramienta Georeferencing- Add control points donde se colocó los puntos de control que coinciden con el shapefile de longitud de radio.

Una vez georreferenciado el raster del diagrama de rosas con su respectiva longitud de radio se procedió a digitalizar, para lo cual se usó ArcCATALOG y se creó un nuevo shapefile de polígono con el sistema de coordenadas WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S. Con la herramienta EDITOR se señaló el nuevo shapefile y en este se comenzó a digitalizar, de tal manera que represente un modelo predictivo de la dirección del viento y la longitud de radio ante la eventual erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura. Esto se realizó con cada longitud de radio para representar la ceniza y poder clasificarla según su espesor. Finalmente se utilizó la herramienta UNION para crear un solo shapefile con todas las capas de ceniza diferenciadas de sus longitudes de radio y sus diferentes espesores; este procedimiento se realizó para ambos volcanes.

De tal forma se obtuvo el mapa temático del cantón Otavalo asociado a la caída de ceniza del volcán Cuicocha y el mapa temático del cantón Otavalo asociado a la caída de ceniza del volcán Imbabura en el apartado de resultados: Elaboración de mapas temáticos de los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

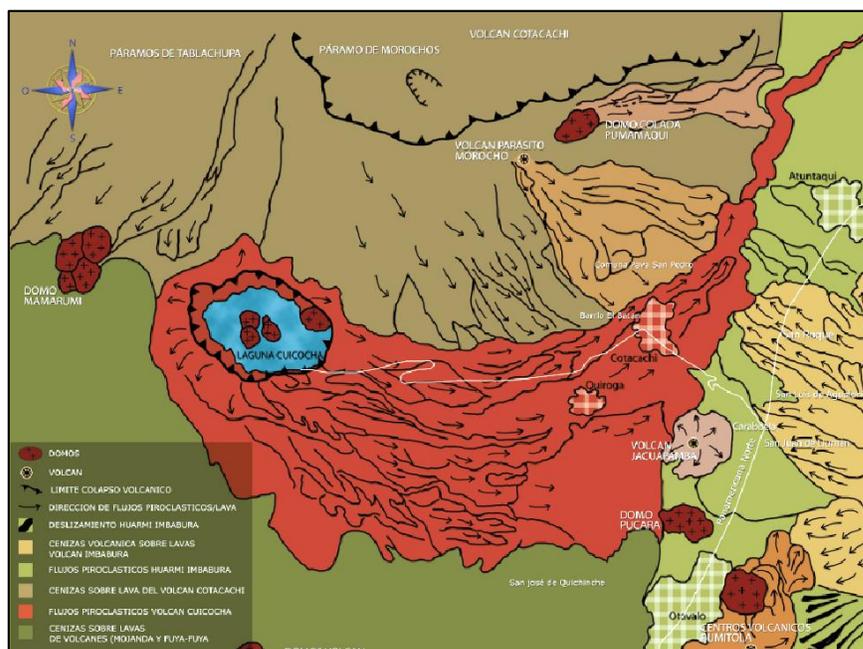
### ***Mapas del cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura***

Para la elaboración de los mapas del Cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha se utilizó el Mapa geológico de los alrededores del volcán Cuicocha del estudio de (Toulkeridis & Zak, 2008) que se realizó mediante fotointerpretación y experiencia de los autores del mapa geológico. Este mapa no contiene una escala en el texto y al subirla con sus coordenadas, esta acción determina su escala que es 1:117.500.

En la representación de los flujos piroclásticos se requirió que el mapa de flujos se encuentre en formato raster por lo cual se trabajó con una extensión .tif y se procedió a cargar en el software ArcGIS-ArcMap (ver Figura 7), en esta figura se puede ver la afectación por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha que es de ayuda para nuestro trabajo, el área que cubre llega a la parte norte de la parroquia San José de Quichinche, la parte noroeste de la cabecera cantonal del cantón Otavalo, Quiroga y Cotacachi (Toulkeridis & Zak, 2008).

### Figura 7

*Mapa geológico de los alrededores del volcán Cuicocha.*



*Nota.* Tomado de (Toulkeridis & Zak, 2008).

Para dimensionar y asignar la ubicación espacial al formato raster de los flujos piroclásticos se utilizó el proceso de georreferenciación y el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM ZONA 17S (Dávila & Camacho, 2012; ESRI & ArcGIS Resources, 2022).

Se establecieron 4 puntos de control referenciales, las coordenadas del centro de la Isla Teodoro Wolf, el Domo Mamarumi, el Volcán Jacuapamba y el borde Nor-Este del Lago San Pablo, obtenidas del mapa georreferenciado World Topographic, que coinciden con el mapa geológico del alrededores del volcán Cuicocha (Toulkeridis & Zak, 2008). Estos puntos se evidencian en la tabla 9 que se encuentra en el apartado de resultados en el capítulo 4.

Con los puntos de control obtenidos se procedió a georreferenciar los raster del mapa, Para realizar la georreferenciación primero se cargó desde la hoja de Excel (.xls) las coordenadas de puntos de control referenciales a ArcGis desde File - Add Data – Add XY Data, se configuró, X Field con la coordenada Este y Y Field con la coordenada Norte, se importó el sistema de coordenadas WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S, seguidamente se procedió a exportar la capa en shapefile, se realizó zoom to layer al raster y se procedió a georreferenciar con la herramienta Georeferencing- Add control points donde se colocó las coordenadas. Se constató nuevamente con el mapa base Topographic del Software ArcGIS y el shape creado con las coordenadas de los puntos de control referencial (Dávila & Camacho, 2012).

Una vez georreferenciado el mapa se procedió digitalizar la capa de flujos piroclásticos del volcán Cuicocha. Se utilizó ArcCATALOG y se creó un nuevo shapefile de polígono con el sistema de coordenadas WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S. Con la herramienta Editor, se señaló el nuevo shape y en este se comenzó a digitalizar los flujos piroclásticos del volcán Cuicocha (Bustos *et al.*, 2015; Ferrari *et al.*, 2018; Páez *et al.*, 2015).

Para la elaboración de los mapas del cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos del volcán Imbabura se utilizó un análisis heurístico, es decir un análisis cualitativo y la unión de factores a partir del criterio y la experiencia de expertos

(PREDECAN, 2008). A través de fotointerpretación y trabajo en campo, se procedió digitalizar la capa de flujos piroclásticos del volcán Imbabura. Se utilizó la herramienta Editor, el mapa base Topographic del software ArcGis para la identificación y zonificación de las características de los flujos piroclásticos del volcán Imbabura, como son las zonas planas alrededor del volcán, el cambio de altura de las curvas de nivel y el aumento en la morfología del terreno para la delimitación del área aproximada en la que actúa este fenómeno natural.

De acuerdo a estos procedimientos se obtuvo el Mapa del Cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura que se presenta en el apartado de resultados: Elaboración de mapas temáticos de los peligros volcánicos potenciales de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

### **Procesamiento de información geográfica de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del Cantón Otavalo**

Para el procesamiento de la información geográfica de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo, se trabajó a un escala de 1:5.000 para la zona rural y 1:1.000 para la zona urbana y se utilizó las capas línea\_transmisión\_electrica\_I, anillos\_viales\_I, acequias I y la capa LIMITE\_OFICIAL del cantón Otavalo obtenidas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI) y del Sistema nacional de información (SNI), con la herramienta CLIP de geoprocésamiento se obtuvo las capas CLIP\_anillovial\_GPI, CLIP\_lineadetransmisión\_SNI y CLIP\_acequias\_GPI de infraestructura vial, eléctrica e hidráulica del cantón Otavalo. Con la capa CLIP\_anillovial\_GPI, obtenida del GAD del cantón Otavalo, el uso de las herramientas de geoprocésamiento Select by attributes (permite seleccionar entidades de una capa mediante una consulta de atributos) y data-export data, se modificó la capa

CLIP\_anillovial\_GPI y se creó las capas Vías\_temporales, Vías\_pavimentadas, Vías\_no\_pavimentadas y Vías(otros) (Pavón *et al.*, 2019; G. J. Soto & Sjöbohm, 2006).

De acuerdo a estos procedimientos se obtuvo el mapa de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo que se presenta en el apartado de resultados: Procesamiento de información geográfica de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del Cantón Otavalo.

### **Procesamiento de información geográfica de infraestructura civil**

Para el procesamiento de la información geográfica de infraestructura civil del cantón Otavalo se trabajó a un escala de 1:5.000 para la zona rural y 1:1.000 para la zona urbana y se utilizó las capas puente\_p, alcantarilla\_p, torre\_comunicacion\_p, CENTRALES\_ELECTRICAS\_2014, ESTABLECIMIENTOS\_EDUCATIVOS\_GEOCOD\_DA\_DPA\_23DIC014, ESTABLECIMIENTOS\_SALUD\_MSP\_P y la capa LIMITE\_OFICIAL del cantón Otavalo obtenidas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI), Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geospaciales (IEDG) y del Sistema Nacional de Información (SNI), con la herramienta CLIP de geoprocésamiento se obtuvo las capas Alcantarilla, Torres de comunicación, Centrales eléctricas de Otavalo, Establecimientos de salud MSP y Establecimientos educativos de infraestructura civil del cantón Otavalo (J. C. Carracedo *et al.*, 2004; Pavón *et al.*, 2019)

De acuerdo a estos procedimientos se obtuvo el mapa de infraestructura civil del cantón Otavalo que se presenta en el apartado de resultados: Procesamiento de información geográfica de infraestructura civil del cantón Otavalo

## Procesamiento de información geográfica de edificaciones

Para el procesamiento de información geográfica de edificaciones se utilizó la capa catastro\_poligonos con escala 1:5.000 (ver Figura 8) otorgada por el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Otavalo.

### Figura 8

*Capa catastro\_poligonos*



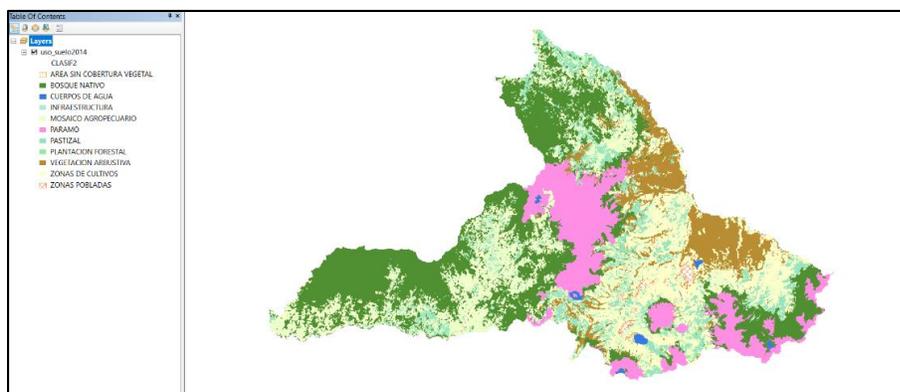
Se trabajó bajo el supuesto de que cada predio representa una edificación y se identificó de forma unívoca (Santos *et al.*, 2012). Se realizaron los mapas de edificaciones del cantón Otavalo que se presenta en el apartado de resultados.

## Procesamiento de información geográfica de uso y cobertura de suelo

Para el procesamiento de la información geográfica de uso y cobertura de suelo del cantón Otavalo se utilizó la capa uso\_suelo2014 (ver Figura 9) y la capa LIMITE\_OFICIAL del Cantón Otavalo obtenidas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura (GPI), con la herramienta CLIP de geoprocésamiento se obtuvo la capa CLIP\_USO2014\_GPI de uso y cobertura de suelo del Cantón Otavalo.

**Figura 9**

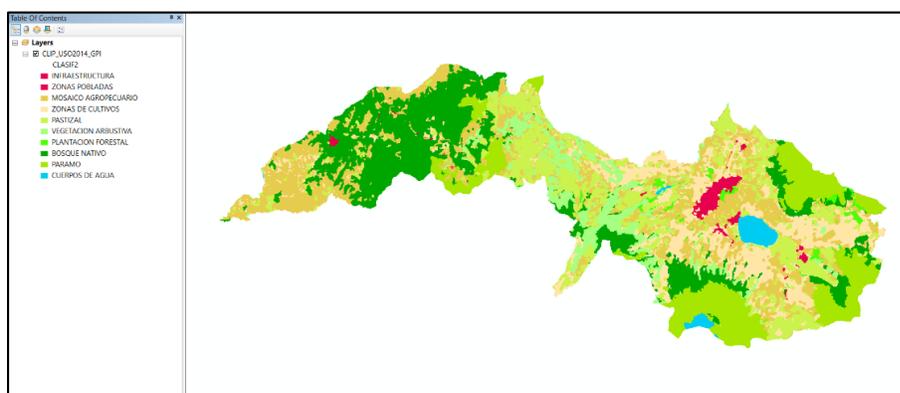
Capa de uso y cobertura de suelo de la provincia de Imbabura (uso\_suelo2014)



En la figura 10 se puede observar que se delimitó la capa de uso y cobertura de suelo para el área de estudio, a través de la herramienta de geoprocésamiento CLIP. Esta capa permitió obtener información importante para la cuantificación de daños en cobertura de suelo en el cantón a causa de los peligros volcánicos en este estudio.

**Figura 10**

Capa de uso y cobertura de suelo del cantón Otavalo (CLIP\_USO2014\_GPI)

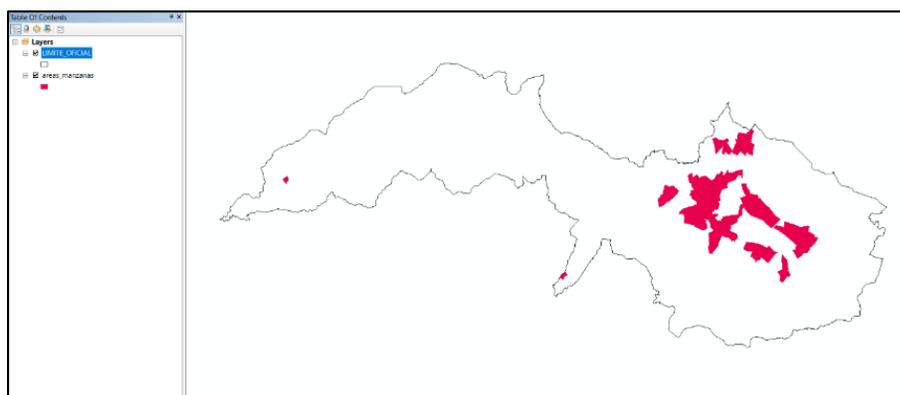


Con la capa CLIP\_USO2014\_GPI y la capa areas\_manzanas (ver Figura 11), obtenidas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo, el uso de las herramientas de geoprocésamiento Erase que permite borrar elementos de

entrada que sean comunes con la capa de borrado y Unión que permite unir dos capas (Rojas & Medina, 2014), se modificó el uso de suelo INFRAESTRUCTURA y ZONAS POBLADAS a un solo uso de suelo URBANO y se creó la capa USO2014\_MODIFICADO\_FIN.

### Figura 11

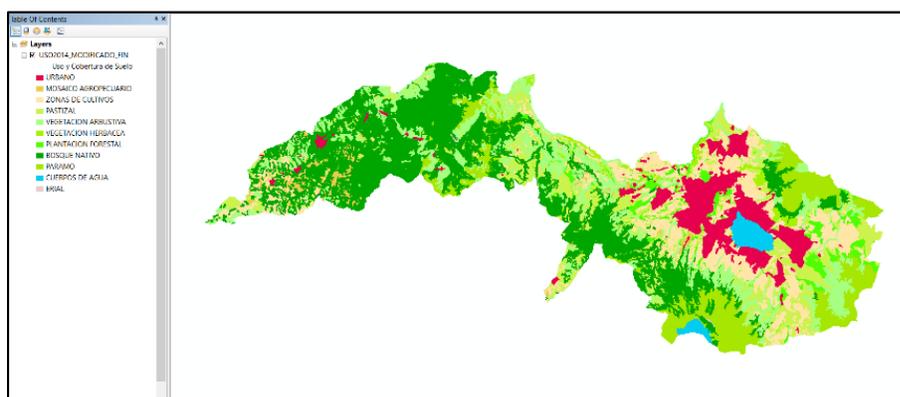
*Capa areas\_manzanas*



En la figura 12 se puede observar la capa USO2014\_MODIFICADO\_FIN de capa de uso y cobertura de suelo finalizada con la que se trabajó, se puede apreciar una expansión considerable de las zonas pobladas.

### Figura 12

*Capa USO2014\_MODIFICADO\_FIN*



Finalmente se realizaron los diferentes mapas de uso y cobertura de suelo del cantón Otavalo que se presentan en el capítulo 4 de resultados.

### Procesamiento de información geográfica de zonas de cultivos

Para el procesamiento de información geográfica de zonas de cultivos se realizó una exportación de datos de la capa USO2014\_MODIFICADO\_FIN correspondiente al uso de suelo del Cantón Otavalo. Mediante selección por atributos se eligieron los elementos que cumplen con las condiciones de la clase zona de cultivos de la tabla de atributos de la capa USO2014\_MODIFICADO\_FIN (Torres, 2009), en la figura 13 se presenta la clase de zona de cultivos seleccionada y se procedió a la exportación de estos datos.

**Figura 13**

*Selección por atributos de la clase zona de cultivos del cantón Otavalo*

FID	Shape	CLASE	Hectareas
1050	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	20.043856
1051	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	11.359959
1052	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	0.890717
1053	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	35.06528
1054	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	2.348009
1055	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	2.602999
1056	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	1.324366
1057	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	1.060334
1058	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	1.420421
1059	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	27.167884
1060	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	1.433501
1061	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	0.723643
1062	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	2.566465
1063	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	20.543195
1064	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	24.228435
1065	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	3.809588
1066	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	4.40065
1067	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	14.894527
1068	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	12.305913
1069	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	3.274277
1070	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	1.946877
1071	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	6.215142
1072	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	1.119536
1073	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	2.951682
1074	Polygon ZM	ZONAS DE CULTIVOS	1.215994

Se obtuvo la capa de zona de cultivos y se realizaron los diferentes mapas de cultivos agrícolas del cantón Otavalo que se presentan en el capítulo 4 de resultados.

### Determinación del impacto físico en el cantón Otavalo

Para la determinación del impacto físico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura se realizó un análisis espacial referente

al peligro de caída de ceniza y flujos piroclásticos de estos dos volcanes por separado, para lo cual se utilizó la herramienta de geoprocésamiento Erase. Además, para el análisis de infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones afectadas, se utilizó la selección por atributos y por localización al superponer las capas de los peligros volcánicos de caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura respectivamente.

Para el análisis de las hectáreas afectadas de uso de suelo y zonas de cultivos agrícolas del cantón Otavalo por caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura Otavalo se utilizó la herramienta de geoprocésamiento Clip.

#### ***Determinación del impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial***

Para la determinación del impacto físico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo se superpone los mapas de caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura respectivamente, sobre el mapa de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo y utilizando las herramientas CLIP y SUMMARIZE se obtuvo en el área afectada el total de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial.

Los resultados obtenidos son evidenciados en el capítulo 4 en el apartado de resultados: Determinación del Impacto Físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial.

#### ***Determinación del impacto físico en infraestructura civil***

Para la determinación del impacto físico en la infraestructura civil del cantón Otavalo se superpone los mapas de caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura respectivamente, sobre el mapa de infraestructura civil

del cantón Otavalo y utilizando las herramientas CLIP y SUMMARIZE se obtuvo en el área afectada el número de infraestructura (centros de salud, establecimientos educativos, centrales eléctricas, torres de comunicación y alcantarillado).

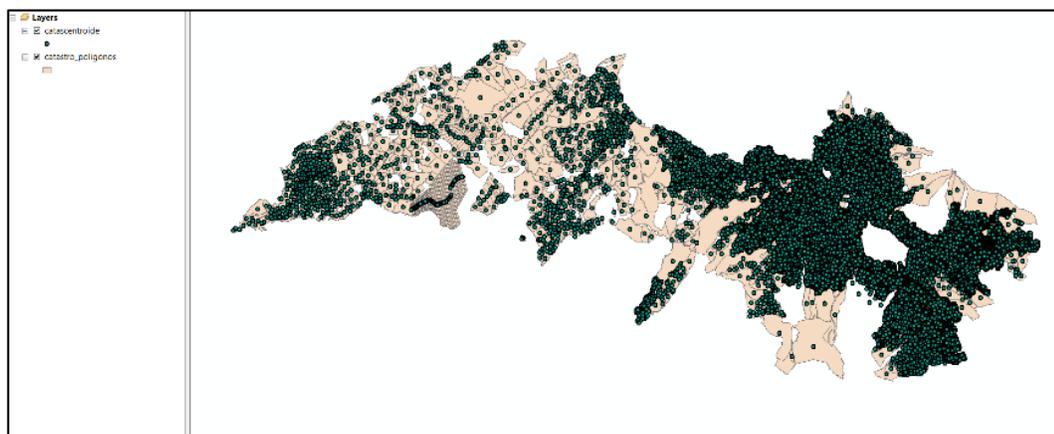
Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4 en el apartado de resultados: Determinación del Impacto Físico en infraestructura civil.

### ***Determinación del impacto físico en edificaciones***

Para la determinación del impacto físico en edificaciones del cantón Otavalo se trabajó bajo el supuesto de que cada predio es una edificación, se utilizaron los centroides o puntos centrales de la entidad vectorial catastro\_poligonos (Ver Figura 14) con la finalidad de evitar la dualidad de que una edificación o predio se situó en más de un área de afectación por espesor de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

### **Figura 14**

*Centroides de la entidad vectorial catastro\_poligonos*



Se superpone los mapas de caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura respectivamente, sobre el mapa de edificaciones del

Cantón Otavalo, se utilizó la selección por atributos y por localización para la obtención de las edificaciones afectadas en el área de interés.

Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4 en el apartado de resultados: Determinación del Impacto Físico en edificaciones.

#### ***Determinación del impacto físico en el uso de suelo***

Para la determinación del impacto físico en el uso de suelo del cantón Otavalo se superpone los mapas de caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura respectivamente, sobre el mapa de uso de suelo del Cantón Otavalo y se utilizó la herramienta clip para obtener las hectáreas afectadas del área de interés.

Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4 en el apartado de resultados: Determinación del Impacto Físico en el uso de suelo.

#### ***Determinación del impacto físico en zonas de cultivos***

Para la determinación del impacto físico en zonas de cultivos del cantón Otavalo se superpone los mapas de caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura respectivamente, sobre el mapa de zonas de cultivos del Cantón Otavalo y se utilizó la herramienta clip para obtener las hectáreas afectadas del área de interés

Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4 en el apartado de resultados: Determinación del Impacto Físico en zonas de cultivos.

## **Análisis del impacto económico**

Para el análisis del impacto económico en el cantón Otavalo, el presente estudio se basó en la estimación de pérdidas económicas totales. Se utilizó información obtenida de la Cámara de la Industria de la Construcción, el Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha y proyectos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas como el MTOP (2019), MTOP (2020) y el MTOP (2021) en temas de: costos directos por km para vías de Tipo I, II y III, referencias de costo de construcción de hospitales básicos por metro cuadrado (pedernales 30 camas), referencia de costo por metro cuadrado de centro educativos (unidad replica 24 mayo con 5.800 metros cuadrados), costos de movimientos de tierra (excavaciones), costos de desalojos, entre otros.

### ***Análisis del impacto económico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial***

El análisis del impacto económico en Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se realizó diferenciando las pérdidas económicas por caída de ceniza y flujos piroclásticos.

**Impacto económico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza.** En el análisis de las pérdidas económicas totales en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial, se estimó utilizando la sumatoria del costo de limpieza con equipo por día, para lo cual se valoró los m<sup>3</sup> afectados, el costo de limpieza por m<sup>3</sup>, el número de cargas en las volquetas por día y los días de limpieza como se presenta en la ecuación 1:

$$C(x) = \sum_{i=1}^n V(x)_i \quad (1)$$

Donde:

$C(x)$ : costo de limpieza total en infraestructura vial por caída de ceniza.

$V(x)$ : costo de limpieza con equipo por día.

$n$ : valores de espesores de ceniza dentro del área de afectación correspondientes a cada volcán.

$x$ : es el número de  $m^3$  afectados por espesores de ceniza.

**Costo de limpieza con equipo por día.** El costo de limpieza con equipo por día se estimó a través del producto del precio de uso de equipo por día y el número de días de limpieza de volumen de ceniza con equipo en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial (ver ecuación 2).

El precio de usar equipo diario y el número de días de limpieza del volumen de ceniza del volcán Cuicocha e Imbabura en la infraestructura vial se calculó por metro cúbico afectado y el número de volquetas con las que cuenta el GAD del cantón Otavalo. Cuenta con una flota de 8 volquetas de 8 metros cúbicos y cada volqueta puede realizar 12 cargas (ver ecuaciones 3, 4, 5 y 6).

$$V(x) = p(x) \times D \quad (2)$$

$$p(x) = U_2 \times FC \quad (3)$$

$$U = C \times U_1 \quad (4)$$

$$U_2 = \frac{N_v \times U_1}{U} \quad (5)$$

$$D(x) = \frac{M \times 1 \text{ día}}{U_2} \quad (6)$$

Donde:

$V(x)$ : costo de limpieza con equipo por día.

$FC$ : costo fijo de limpieza (USD) por metro cúbico. (3,70 \$)

$D(x)$ : número de días de limpieza de volumen de ceniza en edificaciones con equipo.

$p$ : precio por día de uso de equipo (USD).

$U$ : unidad de volquetas de tiempo en días.

$U_1$ :  $m^3$  de cada volqueta.

$U_2$ :  $m^3$  de volquetas por día.

$C$ : número de cargas que realiza una volqueta.

$N_v$ : número de volquetas disponibles.

$M$ : metros cúbicos afectados totales por cada diferente espesor de ceniza.

$x$ : es el número de  $m^3$  afectados por espesores de ceniza.

El costo de usar equipo diario y el número de días de limpieza del volumen de ceniza de los volcanes en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial se calculó por metro cúbico afectado, es decir una flota de 8 volquetas de 8 metros cúbicos con las que cuenta el GAD del cantón Otavalo.

Los resultados del impacto económico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza se pueden observar en el apartado de resultados: Análisis del impacto económico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial.

**Impacto económico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujos piroclásticos.** El análisis de las pérdidas económicas totales en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se estimó a través de la sumatoria de costos de pérdida y costos de construcción como se expresa en la ecuación 7:

$$H(y) = C_H + C_C \quad (7)$$

Donde:

$H(y)$ : pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujos piroclásticos.

$C_H$ : costos de pérdida.

$C_C$ : costos de construcción.

$y$ : es el número de  $m^3$ , km o  $m^2$  afectados por flujos piroclásticos.

**Costos de pérdida.** Los costos de pérdida se calcularon con el producto de las respectivas distancias afectadas y de los costos estimados de construcción del año 2,000 por  $m^3$  en el caso de acequias, km para vías temporales y pavimentadas y  $m^2$  para vías no pavimentadas (ver ecuación 8).

$$C(y) = d \times V \quad (8)$$

Donde:

$C(y)$ : costos de pérdidas.

$d$ : distancias afectadas.

$V$ : costos estimados de construcción del año 2000.

$y$ : es el número de  $m^3$ , km o  $m^2$  afectados por flujos piroclásticos.

**Costos de construcción.** Los costos de pérdida se calcularon con el producto de las respectivas distancias afectadas y de los costos de construcción del año 2022 por  $m^3$  en el caso de acequias, km para vías temporales y pavimentadas y  $m^2$  para vías no pavimentadas (ver ecuación 9).

$$C_c = d \times V \quad (9)$$

Donde:

$C_c$ : costos de construcción.

$d$ : distancias afectadas.

$V$ : costos estimados de construcción del año 2022.

El impacto económico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujo piroclástico se presenta en el apartado de resultados: Análisis del impacto económico en la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial.

### ***Análisis del impacto económico en infraestructura civil***

El análisis del Impacto Económico en Infraestructura civil del cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se realizó diferenciando las pérdidas económicas por caída de ceniza y flujos piroclásticos.

**Impacto económico en la infraestructura civil por caída de ceniza.** En el análisis de las pérdidas económicas totales en la infraestructura civil, se estimó utilizando la sumatoria del costo de mano de obra por día y costo de limpieza con equipo por día, para lo cual se valoró los m<sup>3</sup> afectados, el costo de limpieza por m<sup>3</sup>, el número de cargas en las volquetas por día y los días de limpieza que se expresa en la ecuación 10:

$$C(x) = V(x) + FC \quad (10)$$

Donde:

$C(x)$ : costo de limpieza total en infraestructura civil por caída de ceniza.

$V(x)$ : costo de limpieza con equipo por día.

$FC$ : costo fijo de mano de obra por día.

$x$ : es el número de  $m^3$  afectados por espesores de ceniza.

**Costo de limpieza con equipo por día.** Se estimó con el producto del precio de uso del equipo diario y el número de días de limpieza por volumen de ceniza con equipo en la infraestructura civil (ver ecuación 11).

El precio de usar equipo diario y el número de días de limpieza del volumen de ceniza del volcán Cuicocha e Imbabura en la infraestructura vial se calculó por metro cúbico afectado y el número de volquetas con las que cuenta el GAD del cantón Otavalo. Cuenta con una flota de 8 volquetas de 8 metros cúbicos y cada volqueta puede realizar 12 cargas (ver ecuaciones 12, 13, 14 y 15).

$$V(x) = p(x) \times D \quad (11)$$

$$p(x) = U_2 \times FC \quad (12)$$

$$U = C \times U_1 \quad (13)$$

$$U_2 = \frac{N_p \times U_1}{U} \quad (14)$$

$$D(x) = \frac{M \times 1 \text{ día}}{U_2} \quad (15)$$

Donde:

$V(x)$ : costo de limpieza con equipo por día.

$FC$ : costo fijo de limpieza (USD) por metro cúbico. (3,70 \$)

$D(x)$ : número de días de limpieza de volumen de ceniza en edificaciones.

$p$ : precio uso de equipo por día (USD).

$U$ = unidad de volquetas de tiempo en días.

$U_1 = m^3$  de cada volqueta.

$U_2 = m^3$  de volquetas por día.

$C =$  número de cargas que realiza una volqueta.

$N_v =$  número de volquetas disponibles.

$M:$  metros cúbicos afectados totales por cada diferente espesor de ceniza.

$x:$  es el número de  $m^3$  afectados por espesores de ceniza.

**Costo de mano de obra por día.** Se calculó por el producto del precio de mano de obra diario y el número de la infraestructura civil (establecimientos educativos, establecimientos de salud, alcantarillas, torres de comunicación y centrales eléctricas) como se expresa en la ecuación 16. El precio de mano de obra diario se estimó a través del área promedio de edificaciones ( $729 m^2$ ), los días promedio en limpiar determinada área (3 días) y el pago por día de un peón 15,00 (USD). En 3 días el valor será 45,00 (USD) y este se multiplica por el número de edificaciones que se encuentran en las zonas de caída de ceniza de los volcanes como se expresa en la ecuación 17.

$$FC(x) = p \times z(x) \quad (16)$$

$$p = \frac{D_1 \times p_p}{D_0} \quad (17)$$

Donde:

$FC:$  costo fijo de mano de obra por día.

$p(x):$  precio de mano de obra en tres días.

$z:$  número de infraestructura civil afectadas por caída de ceniza.

$D =$  número de días promedio de limpieza.

$D_0$ =unidad de tiempo en días.

$p_p$ = valor pagado de un peón diario por la mano de obra.

$x$ : es el número de  $m^3$  afectados por espesores de ceniza.

### **Impacto económico en la infraestructura civil por flujos piroclásticos.** El

análisis de las pérdidas económicas totales en la infraestructura civil por flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se estimó a través de la sumatoria de costos de pérdida y costos de construcción.

**Costos de pérdida.** Para los costos utilizamos las estimaciones del valor de la propiedad en su año de construcción guiándonos en el concepto que se menciona en la base conceptual dado por (Álvarez & Rettberg, 2008).

**Costos de construcción.** Los costos de pérdida se estimaron con el área de las infraestructuras en  $m^2$  y con el valor del costo de construcción por  $m^2$  diferenciando cada infraestructura civil (ver ecuación 18), por ejemplo, para centros de salud el costo de construcción por  $m^2$  es de 1.645,96 (USD) y para los establecimientos educativos es de 468,97 (USD).

Con el costo de pérdida y construcción para infraestructura civil podemos sacar el estimado de la pérdida total a partir de la pérdida de cada infraestructura cómo se expresa en las ecuaciones 19 y 20:

$$C = a \times C_C \quad (18)$$

$$H(y) = V(y) + C \quad (19)$$

$$H_T = \sum_{j=1}^m H_{U_j} \quad (20)$$

Donde:

$C$ : costo de construcción.

$a$ : área en  $m^2$  de cada infraestructura civil.

$C_c$ : costo de construcción por  $m^2$  (USD).

$H_U$ : pérdida total por cada infraestructura.

$V(y)$ : costo de pérdida de la infraestructura civil

$H_T$ : pérdida total de toda la infraestructura civil del área afectada.

$y$ : es el número afectados por flujos piroclásticos.

El impacto económico en la infraestructura civil por caída de ceniza y flujo piroclástico se presenta en el apartado de resultados: Análisis del impacto económico en infraestructura civil.

### ***Análisis del impacto económico en edificaciones***

El análisis del impacto económico en edificaciones del cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se realizó diferenciando las pérdidas económicas por caída de ceniza y flujos piroclásticos.

**Impacto económico en edificaciones por caída de ceniza.** El análisis de las pérdidas económicas totales en edificaciones por la caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se estimó a través de la sumatoria del costo de limpieza con equipo por día y el costo de mano de obra por día que se expresa en la ecuación 21:

$$CLTE = cle + cmo \quad (21)$$

Donde:

$CLTE$ : Costo de limpieza total en edificaciones por caída de ceniza

*cle*: costo de limpieza con equipo por día

*cmo*: costo de mano de obra por día

**Costo de limpieza con equipo por día.** El costo de limpieza con equipo por día se estimó a través del producto del precio de uso de equipo por día y el número de días de limpieza de volumen de ceniza con equipo en edificaciones. El precio de uso de equipo por día es de 2.841,60 (USD). A continuación, se presenta la ecuación 22 para el cálculo del costo de limpieza con equipo por día:

$$cle = p \times ndec \quad (22)$$

Donde:

*cle*: costo de limpieza con equipo por día

*p*= precio de uso de equipo por día (USD).

*ndec*: número días de limpieza volumen de ceniza en edificaciones con equipo

**Costo de mano de obra por día.** El costo de mano de obra por día se estimó a través del producto del precio de mano de obra en 3 días que se tarda un peón en limpiar la ceniza de una edificación promedio de 729 m<sup>2</sup> y el número de edificaciones que se encuentran en las zonas de caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura. El pago por día de un peón es de 15,00 (USD), en 3 días será de 45,00 (USD).

Este valor se multiplica por el número de edificaciones que se encuentran en las zonas de caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura y se obtiene el costo de mano de obra como se expresa en la ecuación 23:

$$cmo = p \times nec \quad (23)$$

Donde:

*cmo*: costo de mano de obra por día

*p*: precio de mano de obra en 3 días

*nec*: número de edificaciones afectadas por caída de ceniza

El impacto económico en edificaciones por caída de ceniza se presenta en el apartado de resultados: Análisis del impacto económico en edificaciones.

**Impacto económico en edificaciones por flujos piroclásticos.** El análisis de las pérdidas económicas totales en edificaciones por flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se estimó a través de la sumatoria de los valores de las edificaciones que se encuentran dentro de las zonas de afectación, obtenidos de la información catastral brindada por el GAD de Otavalo y que se expresa en la ecuación 24:

$$PEE = \sum vee \quad (24)$$

Donde:

*PEE*: pérdida económica total en edificaciones por flujos piroclásticos

*vee*: valores de las edificaciones que se encuentran dentro del área de afectación

El impacto económico en edificaciones por flujos piroclásticos se presenta en el apartado de resultados: Análisis del impacto económico en edificaciones

### **Análisis del impacto económico en zonas de cultivos**

Para cuantificar las pérdidas económicas totales en el uso de suelo, se basó el análisis en las zonas de cultivos que se verían afectadas por la caída de ceniza y flujo

piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura. Se realizó la sumatoria de los beneficios por hectárea más el costo de producción por hectárea y se multiplico por las hectáreas afectadas por caída de ceniza y flujos piroclásticos respectivamente que se presentan en las ecuaciones 25 y 26:

$$PEZC = \left( \frac{B}{ha} + \frac{Cpr}{ha} \right) \times q_c \quad (25)$$

Donde:

*PEZC*: pérdida económica total en zonas de cultivos por caída de ceniza

*B/ha*: beneficios por hectárea

*Cpr*: costos de producción por hectárea

*q<sub>c</sub>*: hectáreas afectadas por caída de ceniza

$$PEZF = \left( \frac{B}{ha} + \frac{Cpr}{ha} \right) \times q_f \quad (26)$$

Donde:

*PEZF*: pérdida económica total en zonas de cultivos por flujos piroclásticos

*B/ha*: beneficios por hectárea

*Cpr*: costos de producción por hectárea

*q<sub>c</sub>*: hectáreas afectadas por flujos piroclásticos

Los datos de beneficios por hectárea y costos de producción por hectárea de los diferentes cultivos se obtuvieron del INEC (2020). Los datos de hectáreas afectadas se obtuvieron del análisis de impacto físico.

El impacto económico en zonas de cultivos por caída de ceniza y flujos piroclásticos se presenta en el apartado de resultados: Análisis del impacto económico en zonas de cultivos.

### **Resumen del Impacto Económico**

Para resumir el impacto económico en cultivos agrícolas se realizó la sumatoria de las pérdidas económicas totales por caída de ceniza y flujos piroclásticos respectivamente, que se presenta en la ecuación 27:

$$PA = Z_c + Z_p \quad (27)$$

Donde:

*PA*: producción agrícola

*Z<sub>c</sub>*: pérdidas económicas totales por caída de ceniza en cultivos agrícolas

*Z<sub>p</sub>*: pérdidas económicas totales por flujos piroclásticos en cultivos agrícolas

Para resumir el impacto económico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial se realizó la sumatoria de las pérdidas económicas totales por caída de ceniza y flujos piroclásticos respectivamente, que se presenta en la ecuación 28:

$$IHEV = Z_{c1} + Z_{p1} \quad (28)$$

Donde:

*IHEV*: infraestructura hidráulica, eléctrica y vial

*Z<sub>c1</sub>*: pérdidas económicas totales por caída de ceniza en infraestructura  
hidráulica, eléctrica y vial

*Z<sub>p1</sub>*: pérdidas económicas totales por flujos piroclásticos en infraestructura

hidráulica, eléctrica y vial

Para resumir el impacto económico en infraestructura civil se realizó la sumatoria de las pérdidas económicas totales por caída de ceniza y flujos piroclásticos respectivamente, que se presenta en la ecuación 29:

$$IC = Z_{c2} + Z_{p2} \quad (29)$$

Donde:

*IC*: infraestructura civil

*Z<sub>c2</sub>*: pérdidas económicas totales por caída de ceniza en infraestructura civil

*Z<sub>p2</sub>*: pérdidas económicas totales por flujos piroclásticos en infraestructura civil

Para resumir el impacto económico en edificaciones se realizó la sumatoria de las pérdidas económicas totales por caída de ceniza y flujos piroclásticos respectivamente, que se presenta en la ecuación 30:

$$ED = Z_{c3} + Z_{p3} \quad (30)$$

Donde:

*ED*: edificaciones

*Z<sub>c3</sub>*: pérdidas económicas totales por caída de ceniza en edificaciones

*Z<sub>p3</sub>*: pérdidas económicas totales por flujos piroclásticos en edificaciones

Las pérdidas económicas totales por el volcán Cuicocha y por el volcán Imbabura se presenta en el apartado de resultados: Resumen del impacto económico.

### **Propuesta de medidas de prevención**

Para realizar las bases de una propuesta de medidas de prevención se recolectó bibliografía puntual sobre las medidas de prevención donde se estudió a autores como

(Ancochea & Barrera, 2022; J. Carracedo & Pérez Torrado, 2015; Paniagua, 1986; Paniagua & Soto, 1986) , y se observó de forma general los mapas del cantón Otavalo relacionados a la caída de ceniza y flujos piroclástico de los volcanes Cuicocha e Imbabura. Los resultados para la propuesta de medidas de prevención ante una eventual erupción, se presentan en el capítulo 4, en el apartado “*Resultados de las bases de una propuesta de medidas de prevención que permitan disminuir el impacto físico y económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura*”.

## Capítulo IV

### Resultados

En el presente capítulo se encuentra el resumen de todos los aspectos que marcaron la investigación, pormenores que detallan desde la insensibilidad de las autoridades, ante un posible desastre; además del desconocimiento de la población y el impacto económico que causaría la erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

#### **Identificación de la situación actual del cantón Otavalo**

El volcán Cuicocha se encuentra en la parte occidental de Otavalo; los taludes formados por material volcánico del Cuicocha presentan espesores finos, piedra pómez y la roca ígnea dacita, se evidenció por estos taludes que el volcán tuvo una erupción muy violenta, y tiene una clasificación pliniana lo que indica un índice de explosividad volcánica de 5 o 6 y esto hace referencia a una erupción cataclísmica o colosal que alcanza una altura mayor a los 15 kilómetros.

En la tabla 4 se enlista los taludes de material volcánico del volcán Cuicocha con sus coordenadas geográficas aproximadas encontrados en la visita a campo, el primer talud que se visitó fue cerca del barrio San Juan, ubicado al noroeste de Otavalo en la vía a la carretera Otavalo – Selva Alegre. El segundo talud fue en la cantera de la vía Cuicocha, cerca de la comunidad Morochos.

#### **Tabla 4**

*Taludes de material volcánico del volcán Cuicocha identificados en el cantón.*

Talud	Coordenadas Geográficas aproximadas	Referencia de ubicación
1	Latitud: 0°19'2,0300" N Longitud: 78°26'10,3500" W	Barrio San Juan, Ubicado al Nor-Oeste de Otavalo. Vía a la carretera Otavalo – Selva Alegre.
2	Latitud: 0°17'42,4428" N Longitud: 78°19'18,8544" W	Cantera vía Cuicocha, cerca de la comuna de Morochos.

En la figura 15 resalta un talud formado de material volcánico correspondiente a los volcanes de la periferia de la ciudad, pero principalmente del volcán Cuicocha, en el cual se puede observar la corona del talud formada de suelo orgánico por la presencia de vegetación y varias capas de material piroclástico, principalmente cangahua de color caqui grisácea. Las demás capas son formadas por la acumulación de cenizas por previas erupciones del Cuicocha, también se puede visualizar unos moldes tipo lombrices con ceniza ignimbrita blanca.

### **Figura 15**

*Talud 1 de material volcánico del volcán Cuicocha con coordenadas geográficas aproximadas Latitud: 0°19'02,03" S y Longitud: 78°26'10,35" W*



La figura 16 resalta una cantera de ceniza volcánica, muestra un talud de material piroclástico fino, compuesto de pómez blanco, dacíticas grises con tonalidades blancas, cenizas y fragmentos líticos derivados de rocas ígneas, se puede observar que se encuentran semicompactados y fueron expulsados de forma violenta por volcán Cuicocha, también sobresale en la corona del talud un suelo orgánico por la presencia de poca vegetación.

### **Figura 16**

Depósito de material volcánico del volcán Cuicocha



Los taludes formados por material volcánico del Imbabura que se identificaron, presentan espesores muy finos, muy delgados y no presentan pómez. Estos taludes están formados por bajas cantidades de material volcánico, lo que describe que los volúmenes de material arrojado son menores a  $1'000.000 \text{ m}^3$  corresponden a un índice de explosividad volcánica baja de 2 clasificado como estromboliano.

En la Tabla 5 se enlista los taludes formados por material volcánico del volcán Imbabura que fueron identificados en las salidas de campo y se presentan las referencias de ubicación en donde se sitúa cada talud con sus coordenadas geográficas aproximadas.

**Tabla 5**

*Taludes de material volcánico del volcán Imbabura identificados en el cantón*

<b>Talud</b>	<b>Coordenadas Geográficas aproximadas</b>	<b>Referencia de ubicación</b>
1	Latitud: 0°14'16,7568" N Longitud: 78°16'5,2500" W	Caminos de Herradura, calle San Luis, occidente de la ciudad de Otavalo
2	Latitud: 0°15'21,0348" N Longitud: 78°14'40,4592" W	Ruko Ñan, Vía Bolívar, UE Dr. Miguel Egas Cabezas (Colegio)
3	Latitud: 0°15'23,7700" N Longitud: 78°14'37,7000" W	Vía Bolívar, UE Dr. Miguel Egas Cabezas (Colegio), aproximadamente 5 min más al norte

Con las coordenadas geográficas aproximadas y las referencias de ubicación se presentan los registros fotográficos de los taludes identificados, en la figura 17 se resalta el talud 1 formado por bloques de material volcánico correspondientes al volcán Imbabura, en el cual se puede observar que la parte superior se encuentra cubierto por abundante vegetación debido a que tiene una capa de suelo orgánico, las capas que se señalan en la parte sin cobertura forestal están formadas por material muy fino y ceniza de erupciones pasadas.

**Figura 17**

*Talud 1 de material volcánico del volcán Imbabura con coordenadas geográficas*

*aproximadas Latitud: 0°14'16.7568" N y Longitud: 78°16'5.2500" W*



En la figura 18 se muestra el talud 2 formado por suelo orgánico en su parte superior dando origen a una gran cobertura de vegetación, se señala en la parte desnuda del talud las capas formadas por material muy fino y cenizas del volcán Imbabura, además se puede evidenciar la presencia de capas de musgo en formas discontinuas.

### Figura 18

*Talud 2 de material volcánico del volcán Imbabura con coordenadas geográficas aproximadas Latitud: 0° 15' 21.0348" N y Longitud: 78° 14' 40.4592" W*



En la figura 19 se muestra el talud 3 formado por cuatro bloques de abajo hacia arriba: material volcánico, sedimentario, volcánico y sedimentario. El material sedimentado se da por la influencia de agua que ha arrastrado consigo material del volcán Imbabura; se puede observar que cuenta con una capa de suelo orgánico en la parte superior y cultivos de maíz. Además, se evidencia la presencia de una edificación en la zona de afectación por material volcánico.

### Figura 19

*Talud 3 de material volcánico del volcán Imbabura con coordenadas geográficas aproximadas Latitud: 0° 15' 23.7700" N y Longitud: 78° 14' 37.7000" W*



### Información base del peligro volcánico que representa la laguna caldérica Cuicocha para el cantón Otavalo

La laguna caldérica Cuicocha es alimentada principalmente por agua de lluvia y fuentes hidrotermales, la actividad volcánica es representada por el calentamiento de aguas y una actividad fumarólica sublagunar que se manifiesta por la emisión de gases en diferentes partes de la laguna, especialmente en el centro, por las emisiones del CO<sub>2</sub> se puede observar la vegetación muerta, también por estas emisiones se puede

visualizar en el agua una especie de burbujas que es una señal clara de la actividad volcánica del Cuicocha como se presenta en la figura 20.

### **Figura 20**

Liberación de gases en la laguna del volcán Cuicocha



*Nota.* Tomado de (*Theofilos Toulkeridis, 2022*).

### **Mapas temáticos de los peligros volcánicos**

La representación de los resultados por los peligros volcánicos potenciales como caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se pueden observar en las figuras 21, 22, 23 y 24 obtenidas con ayuda de las tablas 6, 7 y 8 que muestran las coordenadas de los puntos de control de las longitudes de radio que abarcan la ceniza para cada volcán.

En la tabla 6 se observa las longitudes de radio y los espesores de ceniza obtenidos de los volcanes Cuicocha e Imbabura, se presenta el volcán Cuicocha con un índice de explosividad volcánico de 5-6 y ante una eventual erupción la longitud de radio empezaría cubriendo 10,5 kilómetros con un espesor de 30 cm de ceniza, continuaría

con 18,5 kilómetros con un espesor de 25 cm, 30,5 kilómetros con espesor de 20 cm, 48,5 kilómetros con espesor de 15 cm, 60,5 kilómetros con espesor de 10 cm, 76,6 kilómetros con un espesor de 5 cm, 83,3 kilómetros un espesor de 3 cm de ceniza, 90 kilómetros con un espesor de 1 cm de ceniza, finalizando con la mayor longitud de radio que abarcaría 95 kilómetros con un espesor de 0,8 cm de ceniza.

El volcán Imbabura con un índice de explosividad volcánico de 2 y ante una eventual erupción la longitud de radio empezaría cubriendo 8 kilómetros con un espesor de 10 cm de ceniza, continuaría con 12 kilómetros con un espesor de 5 cm, 15 kilómetros con espesor de 3 cm, 23 kilómetros con espesor de 1 cm, finalizando con la mayor longitud de radio que abarcaría 28 kilómetros con un espesor de 0,8 cm de ceniza.

**Tabla 6**

*Longitudes de radio y espesores de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura.*

<b>Volcán Cuicocha VEI=5-6</b>		<b>Volcán Imbabura VEI=2</b>	
<b>Longitud de radio (km)</b>	<b>Espesor de ceniza (cm)</b>	<b>Longitud de radio (km)</b>	<b>Espesor de ceniza (cm)</b>
10,5	30	8	10
18,5	25	12	5
30,5	20	15	3
48,5	15	23	1
60,5	10	28	0,8
76,6	5		

83,3	3
90	1
95	0,8

En la tabla 7 se describe las coordenadas cartesianas este y norte del volcán Cuicocha, las primeras coordenadas que se presentan en la tabla fueron tomadas en el centro del volcán (cráter), de aquí parten el resto de coordenadas obtenidas de los puntos de control de las longitudes de radio de caída de ceniza ante una eventual erupción, con un índice de explosividad volcánica de 5-6 que se encuentran en la tabla 6, se toma en consideración las longitudes de radio en kilómetros, las direcciones de viento en 270, 0, 90 y 180 grados.

**Tabla 7**

*Coordenadas de los puntos de control de las longitudes de radio de caída de ceniza del volcán Cuicocha.*

<b>Volcán Cuicocha VEI=5-6</b>			
<b>Longitud de radio (km)</b>	<b>Direcciones de viento (°)</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
	Cráter	793.572,2410	10'033.562,4310
10,5	270	783.072,2410	10'033.562,4310
10,5	0	793.572,2410	10'044.062,4310
10,5	90	804.072,2410	10'033.562,4310
10,5	180	793.572,2410	10'023.062,4310
18,5	270	775.072,2410	10'033.562,4310
18,5	0	793.572,2410	10'052.062,4310
18,5	90	812.072,2410	10'033.562,4310

18,5	180	793.572,2410	10'015.062,4310
30,5	270	763.072,2410	10'033.562,4310
30,5	0	793.572,2410	10'064.062,4310
30,5	90	824.072,2410	10'033.562,4310
30,5	180	793.572,2410	10'003.062,4310
48,5	270	745.072,2410	10'033.562,4310
48,5	0	793.572,2410	10'082.062,4310
48,5	90	842.072,2410	10'033.562,4310
48,5	180	793.572,2410	9'985.062,4310
60,5	270	733.072,2410	10'033.562,4310
60,5	0	793.572,2410	10'094.062,4310
60,5	90	854.072,2410	10'033.562,4310
60,5	180	793.572,2410	9'973.062,4310
76,6	270	716.972,2410	10'033.562,4310
76,6	0	793.572,2410	10'110.162,4310
76,6	90	870.172,2410	10'033.562,4310
76,6	180	793.572,2410	9'956.962,4310
83,3	270	710.272,2410	10'033.562,4310
83,3	0	793.572,2410	10'116.862,4310
83,3	90	876.872,2410	10'033.562,4310
83,3	180	793.572,2410	9'950.262,4310
90,0	270	703.572,2410	10'033.562,4310
90,0	0	793.572,2410	10'123.562,4310
90,0	90	883.572,2410	10'033.562,4310
90,0	180	793.572,2410	9'943.562,4310
95,0	270	698.572,2410	10'033.562,4310
95,0	0	793.572,2410	10'128.562,4310
95,0	90	888.572,2410	10'033.562,4310
95,0	180	793.572,2410	9'938.562,4310

---

En la tabla 8 se describe las coordenadas cartesianas este y norte del volcán Imbabura, las primeras coordenadas que se presentan en la tabla fueron tomadas en el centro del volcán (cráter), de aquí parten el resto de coordenadas obtenidas de los puntos de control de las longitudes de radio de caída de ceniza ante una eventual erupción, con un índice de explosividad volcánica de 2 que se encuentran en la tabla 6, se toma en consideración las longitudes de radio en kilómetros, las direcciones de viento en 270, 0, 90 y 180 grados.

**Tabla 8**

*Coordenadas de los puntos de control de las longitudes de radio de caída de ceniza de los volcanes Imbabura.*

<b>Volcán Imbabura VEI=2</b>			
<b>Longitud de radio (km)</b>	<b>Direcciones de viento (°)</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
	Cráter	814.085,9420	10'028.261,9170
8	270	805.385,9420	10'028.261,9170
8	0	814.085,9420	10'036.961,9170
8	90	822.785,9420	10'028.261,9170
8	180	814.085,9420	10'019.561,9170
12	270	801.385,9420	10'028.261,9170
12	0	814.085,9420	10'040.961,9170
12	90	826.785,9420	10'028.261,9170
12	180	814.085,9420	10'015.561,9170
15	270	798.385,9420	10'028.261,9170
15	0	814.085,9420	10'043.961,9170
15	90	829.785,9420	10'028.261,9170
15	180	814.085,9420	10'012.561,9170
23	270	790.385,9420	10'028.261,9170
23	0	814.085,9420	10'051.961,9170
23	90	837.785,9420	10'028.261,9170
23	180	814.085,9420	10'004.561,9170
28	270	785.385,9420	10'028.261,9170
28	0	814.085,9420	10'056.961,9170
28	90	842.785,9420	10'028.261,9170
28	180	814.085,9420	9'999.561,9170

La tabla 9 presenta las coordenadas de los puntos de control obtenidos de puntos referenciales que se usó para georreferenciar el mapa geológico de los alrededores del volcán Cuicocha, y de esta manera se consiguió el mapa de flujos piroclásticos (Ver Figura 22), en la tabla se puede observar las coordenadas cartesianas este y norte de los puntos de control de la Isla Teodoro Wolf, del domo Mamarumi, del volcán extinto Jacuapamba y las coordenadas del Lago San Pablo.

**Tabla 9**

*Coordenadas de los puntos de control referenciales del mapa geológico de los alrededores del volcán Cuicocha.*

<b>Mapa geológico de los alrededores del volcán Cuicocha</b>		
<b>Puntos de control</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
Isla Teodoro Wolf	793.734,244	10°033.876,251
Domo Mamarumi	789.386,314	10°035.822,657
Volcán Jacuapamba	806.077,920	10°029.984,724
Lago San Pablo	808.348,832	10°024.442,603

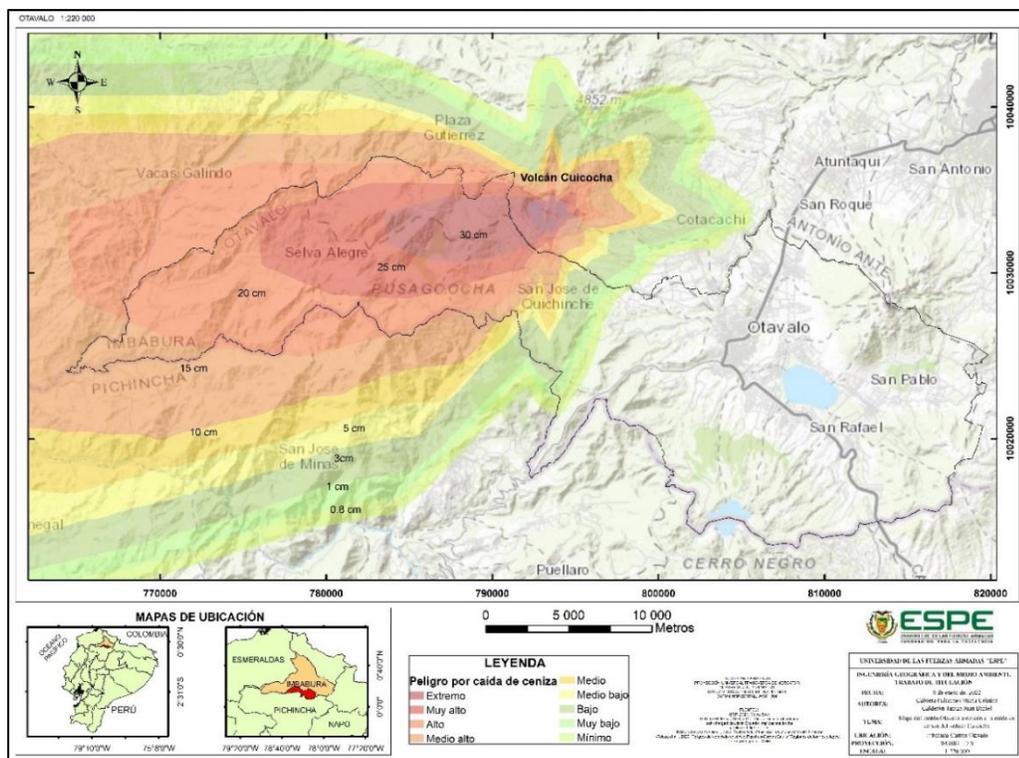
El resultado de los mapas temáticos del cantón Otavalo referentes a la caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura (Ver Figura 21 y 23), se muestran a escala 1:220.000 ya que en esta extensión se puede visualizar toda el área de afectación que cubriría cada volcán en el cantón.

De igual manera el resultado de los mapas temáticos del cantón Otavalo referentes a los flujos piroclásticos de los volcanes estudiados (Ver Figura 22 y 24), se muestran a escala 1:100.000 ya que con esta extensión se puede observar toda el área de afectación que provocaría cada volcán en caso de erupción.

El mapa temático del cantón Otavalo representando la caída de ceniza se encuentra a una escala de 1:220.000, se muestra en la figura 21, la cual representa el área de afectación del volcán Cuicocha, como se puede observar, cubre toda la parroquia Selva Alegre, la parte noroeste de San José de Quichinche, debido a que es de tipo pliniano con un índice de explosividad de 5-6, y por acción del viento la ceniza puede cubrir parte de la provincia de Pichincha y Esmeraldas. Se puede visualizar las 9 capas de peligros que representan los espesores de ceniza, los cuales van desde peligro extremo con 30 cm de ceniza (color morado oscuro), bajando a, un peligro muy alto con 25 cm de ceniza (color rojo oscuro), peligro alto con 20 cm de ceniza (color anaranjado oscuro), peligro medio alto con 15 cm de ceniza (color anaranjado claro), peligro medio con 10 cm de ceniza (color amarillo oscuro), peligro medio bajo con 5 cm de ceniza (color amarillo claro), peligro bajo con 3 cm de ceniza (color verde oscuro), peligro muy bajo con 1 cm de ceniza (color verde claro) y llegando a un peligro mínimo con 0,8 cm de ceniza (color verde lima).

### **Figura 21**

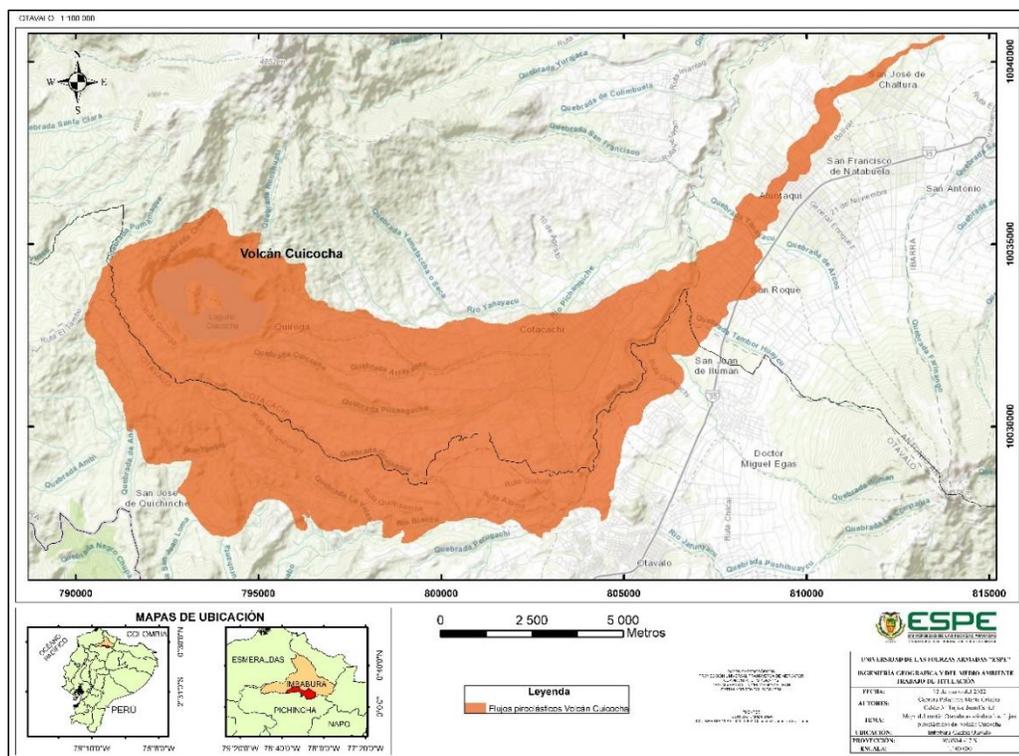
*Mapa temático del cantón Otavalo asociado a la caída de ceniza del volcán Cuicocha a 1:220.000*



En la figura 22 se presenta el mapa relacionado a flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, este se encuentra en una escala de 1:100.000, la cual nos permite visualizar toda el área de afectación que tendría. Se puede observar en la figura la influencia de los flujos piroclásticos (color rojo oscuro) dentro del cantón Otavalo y fuera de él; dentro del cantón los flujos viajan por San José de Quichinche, la zona rural de la cabecera cantonal y por el noroeste de San Juan de Ilumán, se puede observar fuera del cantón que estos flujos van por las áreas aledañas, por Quiroga, siguiendo por Cotacachi pasando Atuntaqui y San José de Chaltura.

### Figura 22

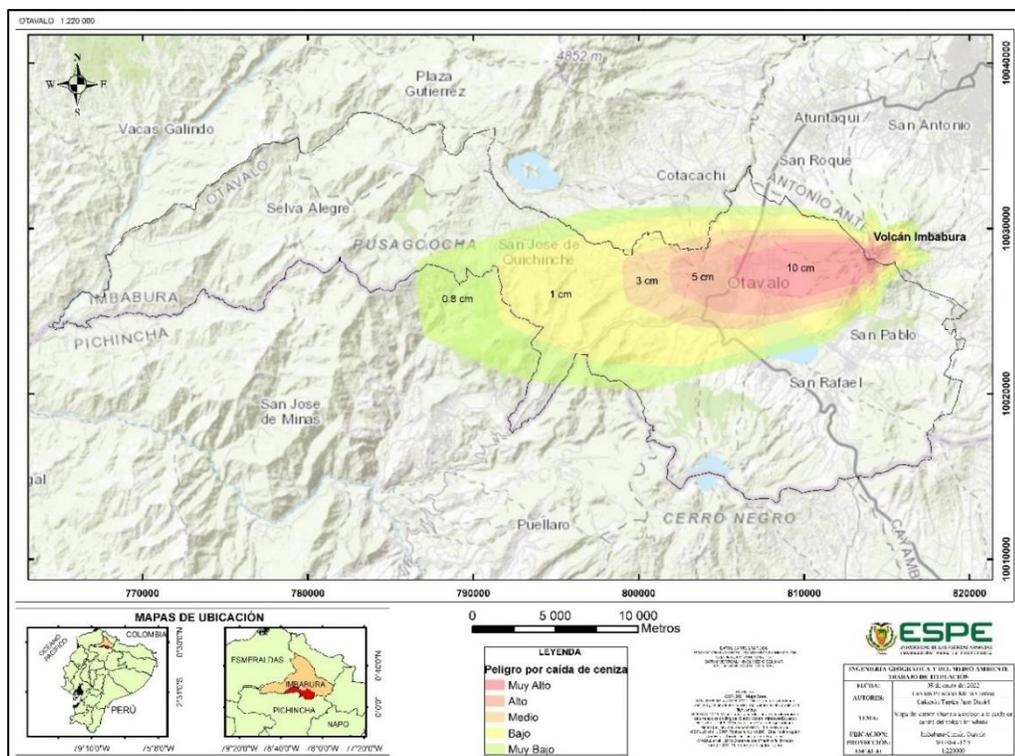
*Mapa del cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:100.000*



En la figura 23, se representa el área de afectación del volcán Imbabura, se puede observar que la caída de ceniza cubriría las parroquias de Peguche, San Juan de Ilumán, la cabecera cantonal Otavalo, San José de Quichinche, el occidente de San Pablo y el norte de las parroquias Eugenio Espejo y San Rafael. Se puede visualizar las 5 capas de peligros que representan los espesores de ceniza, los cuales van desde peligro muy alto con 10 cm de ceniza (color rojo oscuro), bajando a un peligro alto con 5 cm de ceniza (color rojo claro), peligro medio con 3 cm de ceniza (color anaranjado), peligro bajo con 1 cm de ceniza (color amarillo) y llegando a un peligro mínimo con 0.8 cm de ceniza (color verde claro).

### Figura 23

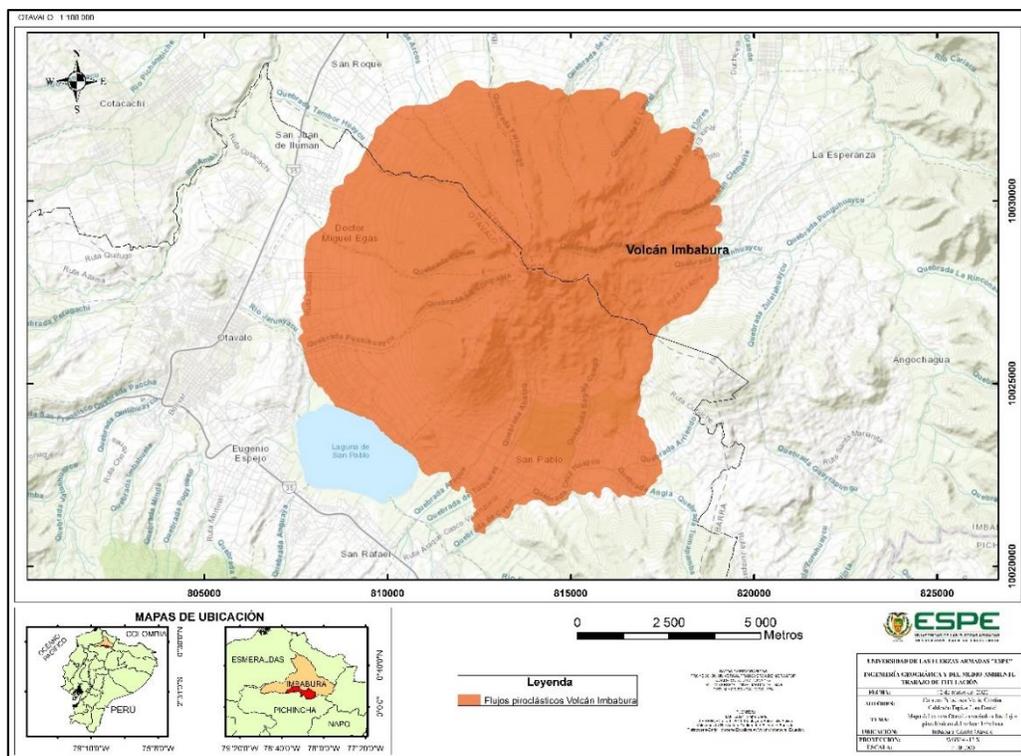
*Mapa temático del cantón Otavalo asociado a la caída de ceniza del volcán Imbabura a 1:220.000*



En la figura 24 se presenta el mapa relacionado a flujos piroclásticos del volcán Imbabura que se encuentra en una escala de 1:100.000. Se puede observar la influencia de los flujos piroclásticos (color rojo oscuro) sobre las zonas aledañas del volcán, estas implican el norte de las parroquias San Juan de Ilumán, Doctor Miguel Egas Cabezas, la cabecera cantonal Otavalo y San Pablo.

### Figura 24

*Mapa del cantón Otavalo relacionado a flujos piroclásticos del volcán e Imbabura a 1:100.000*



### Procesamiento de información geográfica de la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo

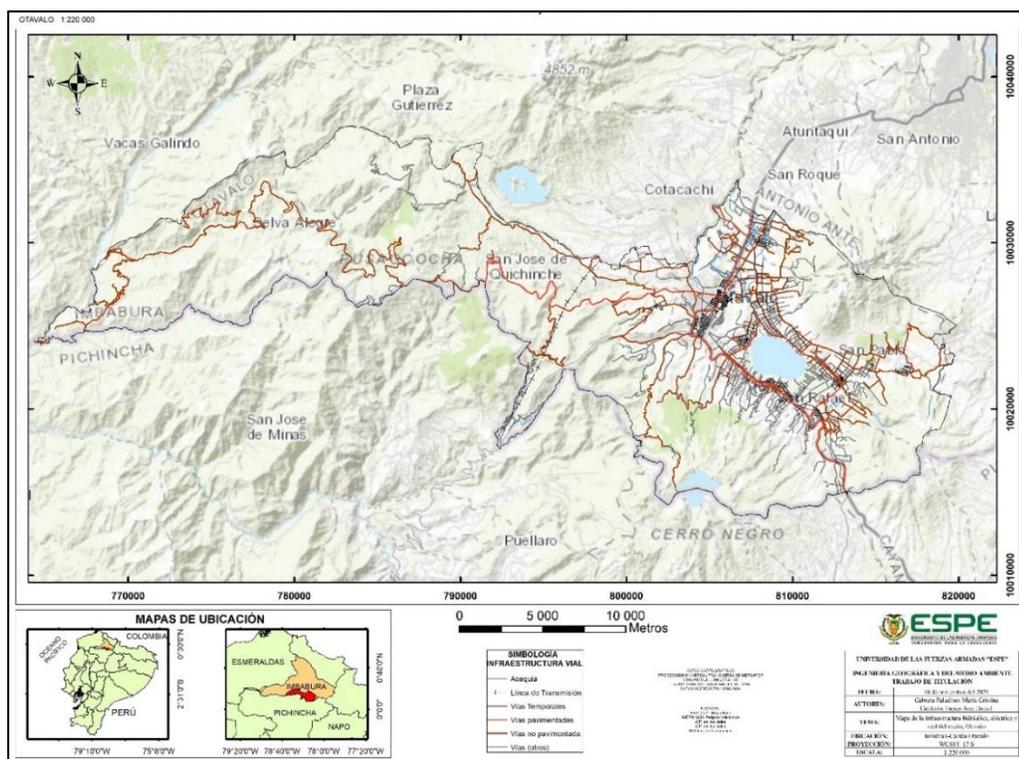
Los resultados, luego de procesar la información de la infraestructura hidráulica, eléctrica y vial se muestra en las figuras 25 y 26 de una manera general, sin embargo, se tiene una idea más completa de todo el cantón a una escala 1:220.000 y de la cabecera cantonal a 1:10.000.

En la figura 25 podemos observar de manera general el mapa con la infraestructura hidráulica, acequias (color celeste) en San Juan de Ilumán y en parte de la zona rural de la cabecera cantonal, se puede diferenciar la infraestructura eléctrica, líneas de comunicación que cruzan la parroquia San José de Quichinche (color negro) y por último, está la infraestructura vial que corresponde a las vías pavimentadas (color rojo), no pavimentadas (color rojo oscuro), temporales (color gris) en todo el cantón, vías otros (color negro) ubicadas en la cabecera cantonal; a un lado del mapa se puede

visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 25**

*Mapa de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón Otavalo a 1:220.000*

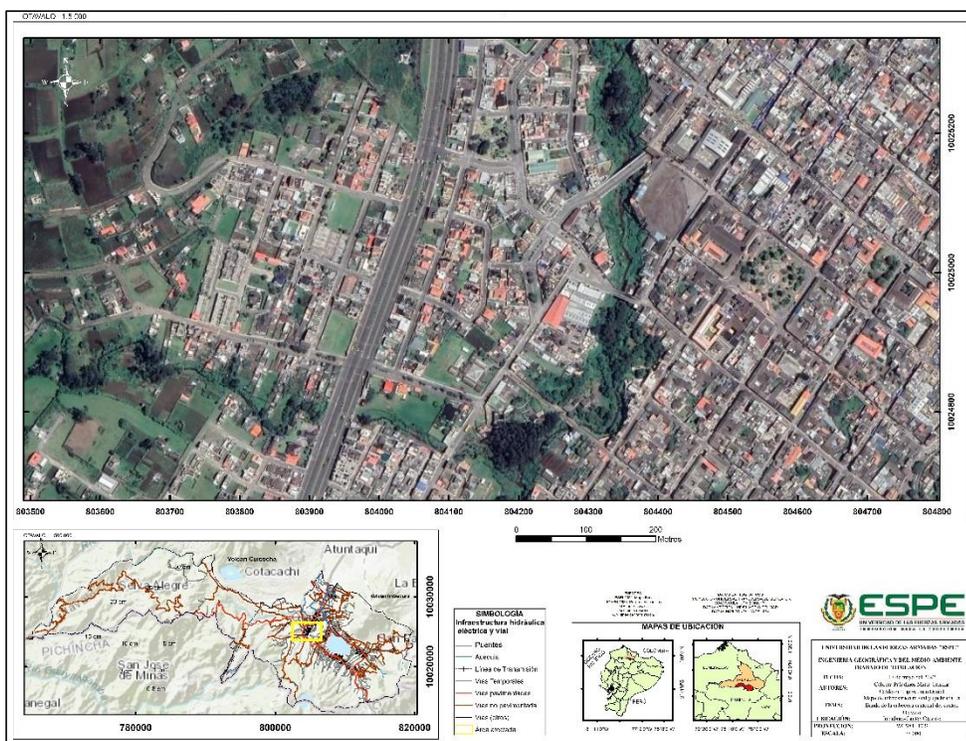


El mapa que corresponde a la figura 26 se encuentra a una escala de 1:5.000, la cual muestra las vías de la cabecera cantonal, por ejemplo; gran parte de la vía pavimentada troncal de la sierra (E35) se puede observar en la zona noroeste del mapa y corresponde a la vía que tiene mayor longitud encontrándose junto a la quebrada La Banda, desde donde se pueden visualizar 3 puentes que conectan vías pavimentadas; también se pueden observar las calles que cruzan parte de la zona urbana así como las vías no pavimentadas que se encuentran al sureste y forman parte del cantón; a un lado

del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 26

*Detalle de la vía (E35), puentes y la quebrada La Banda de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:5.000*



El mapa de infraestructura vial a escala 1:1.000 que corresponde a la figura 27, muestra un camino serpenteado, no pavimentado de color gris claro en la parroquia Selva Alegre. A los lados de esta vía se puede observar vegetación y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra al suroeste de la parroquia y por ende del cantón; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los

mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 27**

*Mapa de infraestructura vial de la parroquia Selva Alegre a 1:1.000*

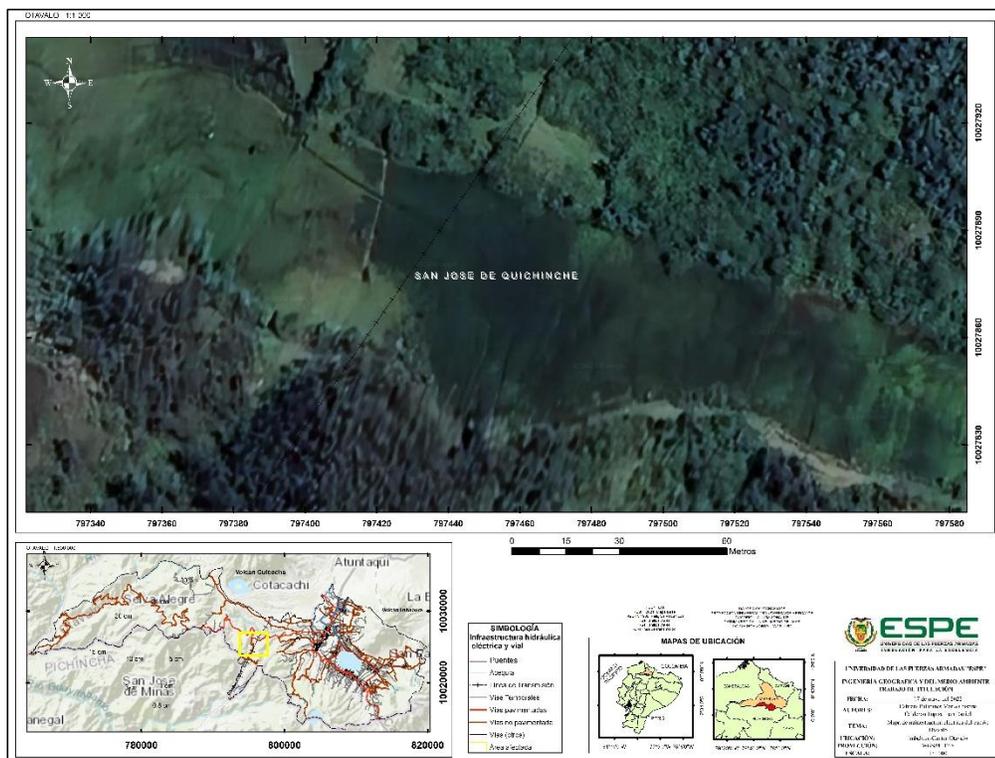


El mapa de infraestructura eléctrica a escala 1:1.000 que corresponde a la figura 28, muestra por donde pasa la línea de transmisión, con una simbología en forma de cruz negra ubicada en la parroquia San José de Quichinche. A los lados de esta vía se puede observar vegetación y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta línea se encuentra al sureste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado

en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 28**

*Mapa de infraestructura eléctrica de la parroquia San José de Quichinche a 1:1.000*

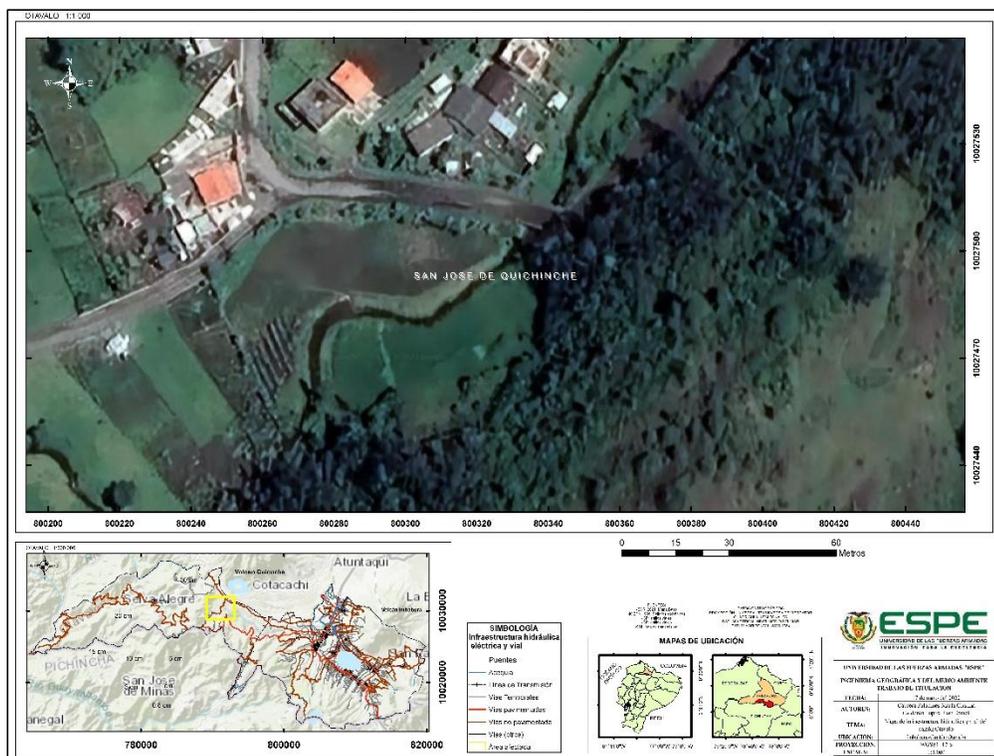


El mapa de infraestructura hidráulica y vial a escala 1:1.000 que corresponde a la figura 29, donde resalta un puente que atraviesa el río Blanco el cual conecta la vía no pavimentada color gris oscuro Quillopamba en forma de Y, ubicada en la parroquia San José de Quichinche. A los lados de la vía se puede observar edificaciones y zonas de cultivo y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía conectada con el puente se encuentran al noroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología y escala utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color

anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 29

Mapa de infraestructura hidráulica y vial de la parroquia San José de Quichinche a 1:1.000

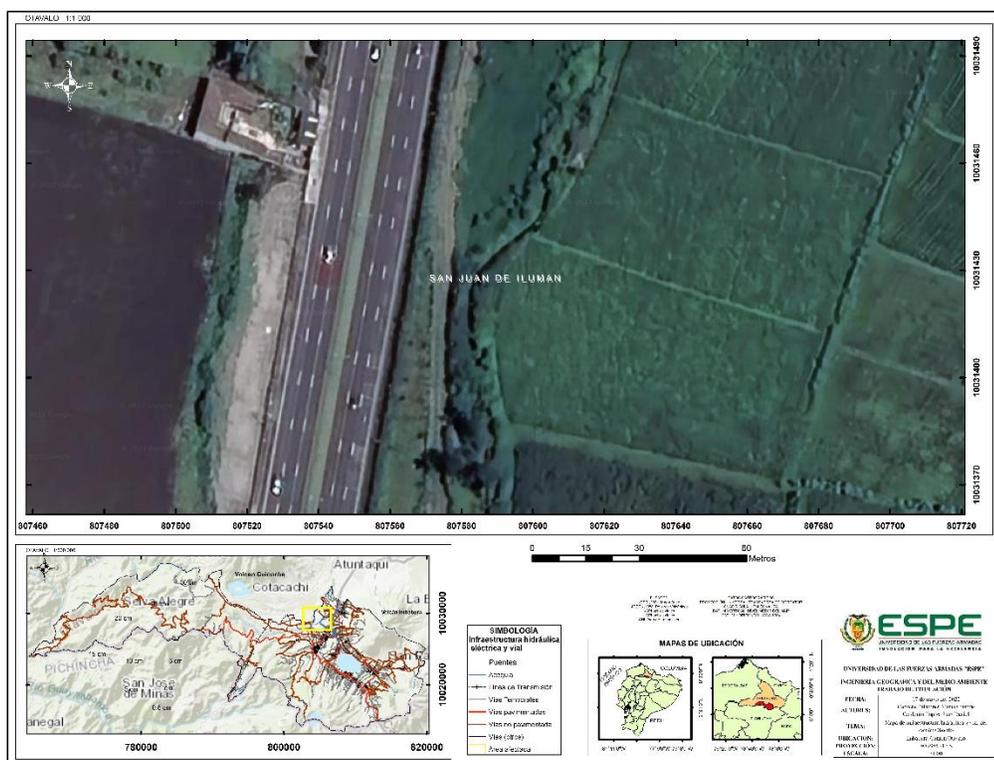


El mapa de infraestructura hidráulica y vial a escala 1:1.000 que corresponde a la figura 30, muestra la vía pavimentada troncal de la sierra (E35) y a su lado derecho se puede visualizar una acequia en la parroquia San Juan de Illimán. Al lado izquierdo de la vía se puede observar una edificación y zonas de cultivo. También a la derecha de la acequia se encuentran zonas de cultivo y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía y la acequia se encuentran al noroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología y escala utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la

provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 30**

*Mapa de infraestructura hidráulica y vial de la parroquia San Juan de Ilumán a 1:5.000*

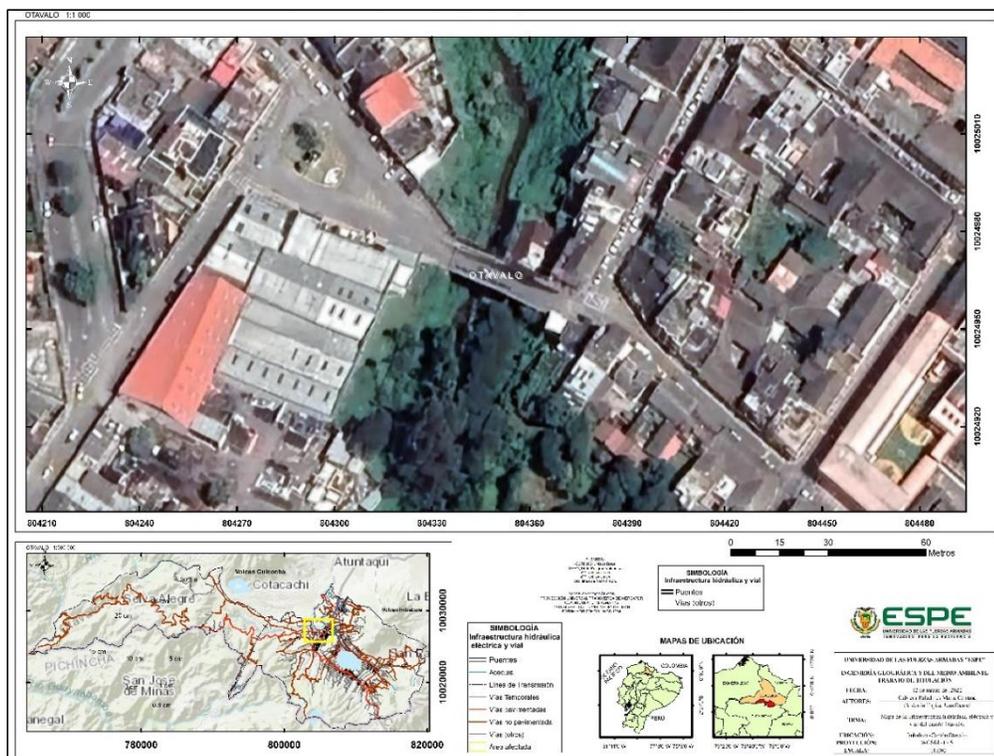


El mapa de infraestructura hidráulica y vial a escala 1:1.000 que corresponde a la figura 31, muestra una zona más urbanizada donde se observa un puente que atraviesa la quebrada La Banda que resalta en la figura por la vegetación que la rodea; y este puente conecta con las vías de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a las vías Piedrahita que confluyen con las calles Mariano Suarez, Luis Cisneros, Modesto Jaramillo y Sucre. Y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que este puente con sus vías se encuentra al norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología y escala utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado

en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 31

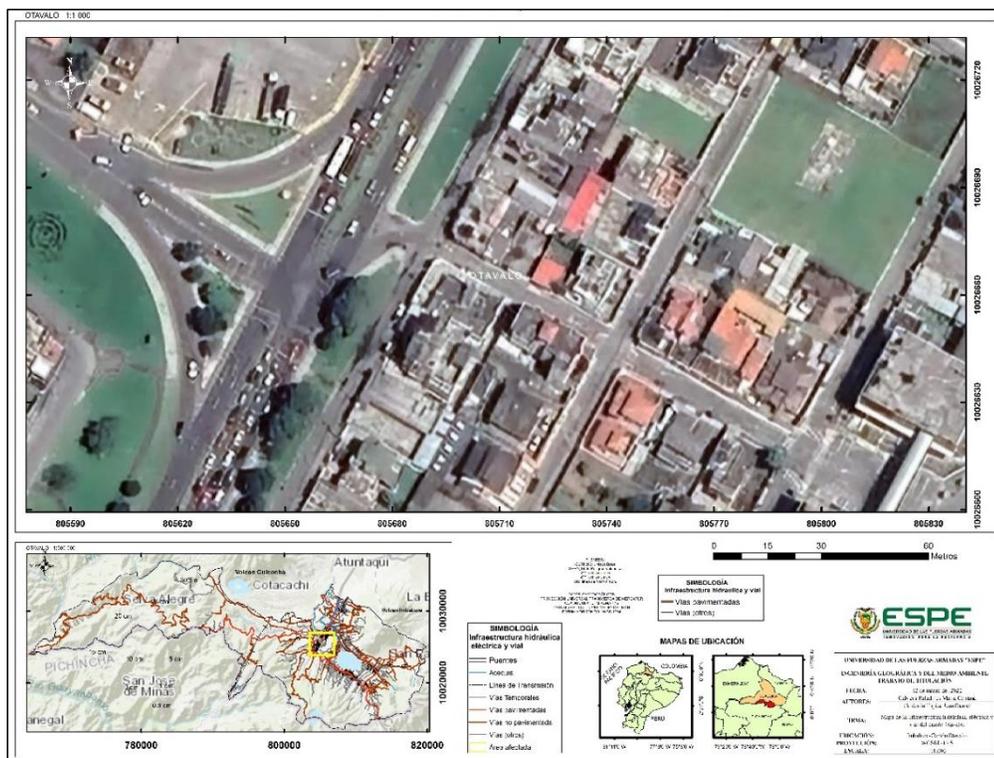
Mapa de infraestructura hidráulica y vial de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000



color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 32**

*Mapa de infraestructura vial de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000*



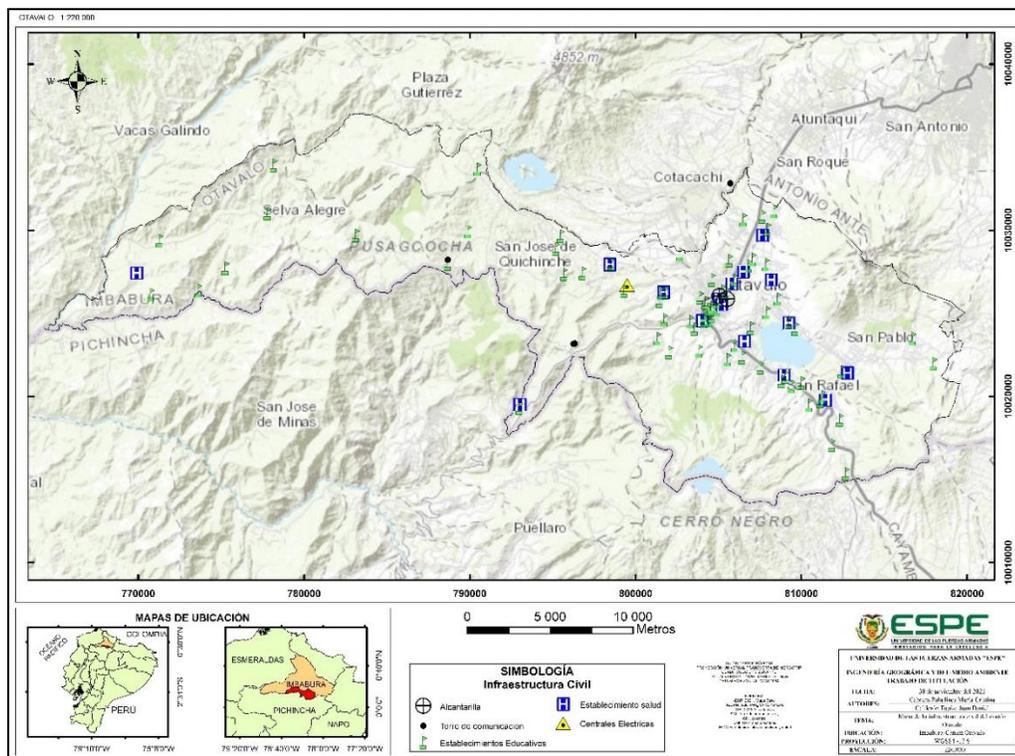
## Procesamiento de información geográfica de infraestructura civil del Cantón Otavalo.

Luego de procesar los resultados de la información de la infraestructura civil, se muestra de manera general en la figura 33, información plasmada en un mapa a escala 1:220.000, en la cual se puede observar la simbología utilizada para este tipo de infraestructura, como por ejemplo, en el recuadro azul muestra la ubicación de los centros de salud que existen actualmente en el cantón, el rectángulo con una bandera triangular verde indica los establecimientos educativos, los puntos de color negro

señalan todas las torres de comunicación, el triángulo amarillo significa central eléctrica y por último los círculos negros con una cruz dentro representan las alcantarillas.

**Figura 33**

*Mapa de la infraestructura civil del cantón Otavalo a 1:220.000*



El mapa de infraestructura civil a escala 1:1.000 que pertenece a la figura 34, resalta un centro de salud de la parroquia Selva Alegre ubicado en la calle principal de la parroquia, se puede observar también varias edificaciones alrededor del centro de salud, la figura muestra también la vegetación del lugar; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta infraestructura se encuentra al suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología y escala utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se

encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 34**

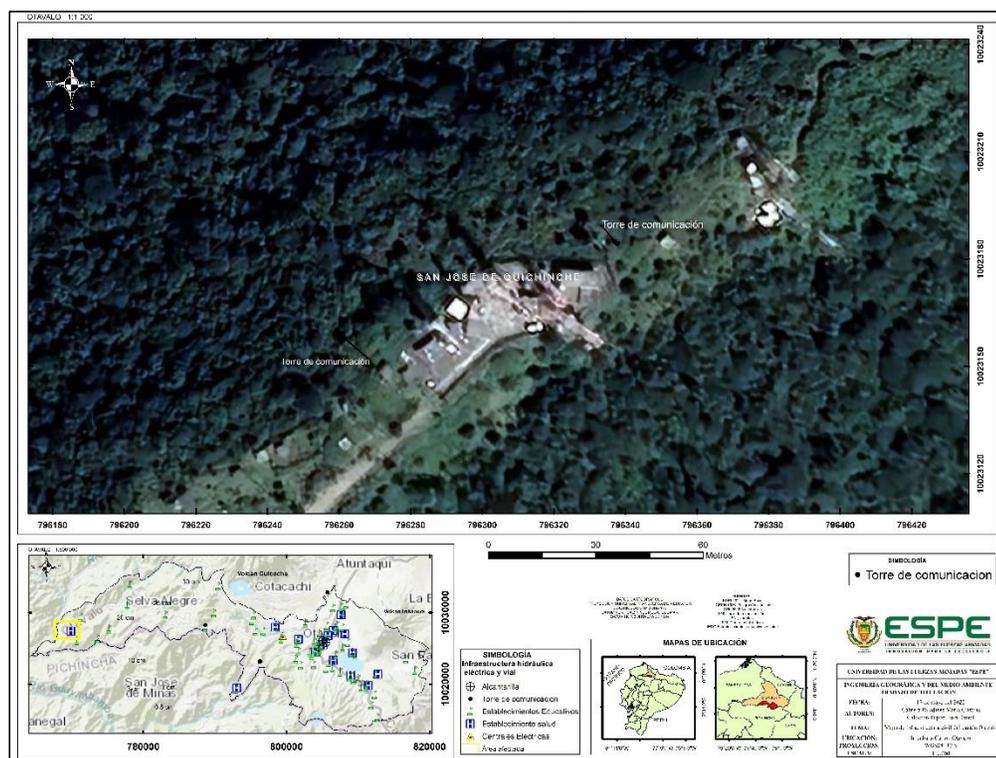
*Mapa de la infraestructura civil (centro de salud) de la parroquia Selva Alegre a 1:1.000*



El mapa de infraestructura civil a escala 1:1.000 que pertenece a la figura 35, pretende resaltar dos torres de comunicación que se encuentran en Cerro blanco cerca de Tangalí, en la parroquia San José de Quichinche, se observa cerca de estas una edificación que se encuentra rodeada por vegetación; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta infraestructura se encuentra al sureste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología y escala utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

Figura 35

Mapa de la infraestructura civil (torre de comunicación) de la parroquia San José de Quichinche a 1:1.000



El mapa de infraestructura civil a escala 1:1.000 que pertenece a la figura 36, resalta una central eléctrica privada que pertenece a la fábrica de cementos Selva Alegre, en la parroquia San José de Quichinche, se observa que la central se encuentra en la edificación de la cementera que está rodeada de vegetación y en la parte derecha se puede ver una parte del depósito de caliza; el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta infraestructura se encuentra al sureste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología y escala utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 36**

Mapa de la infraestructura civil (central eléctrica) de la parroquia San José de Quichinche a 1:1.000

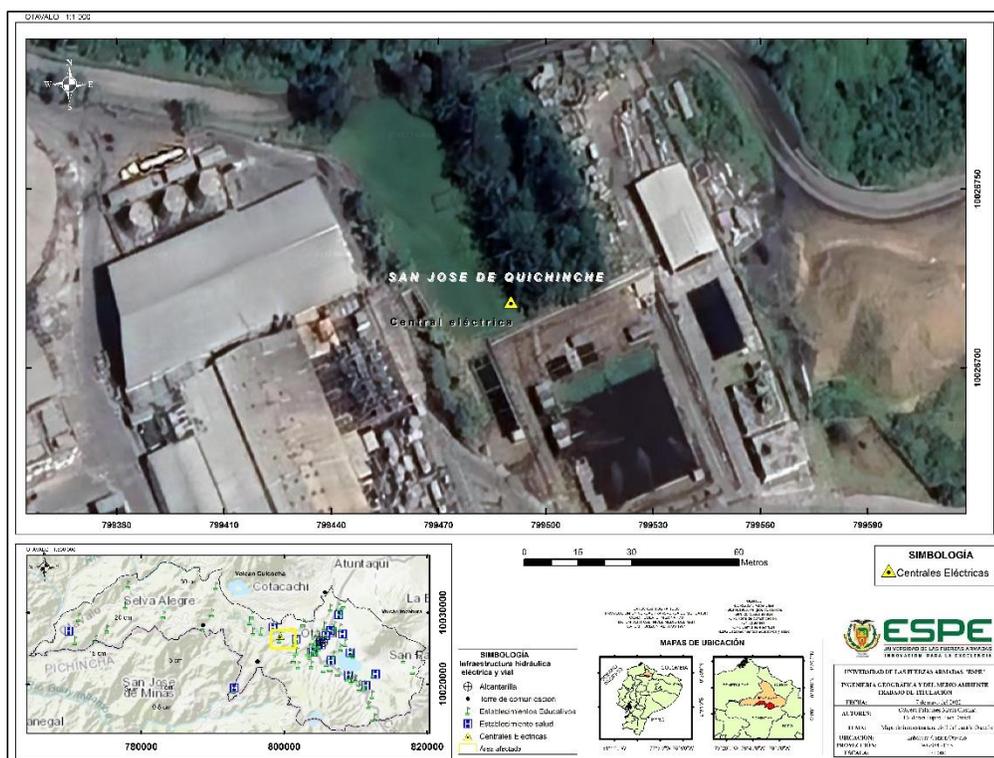
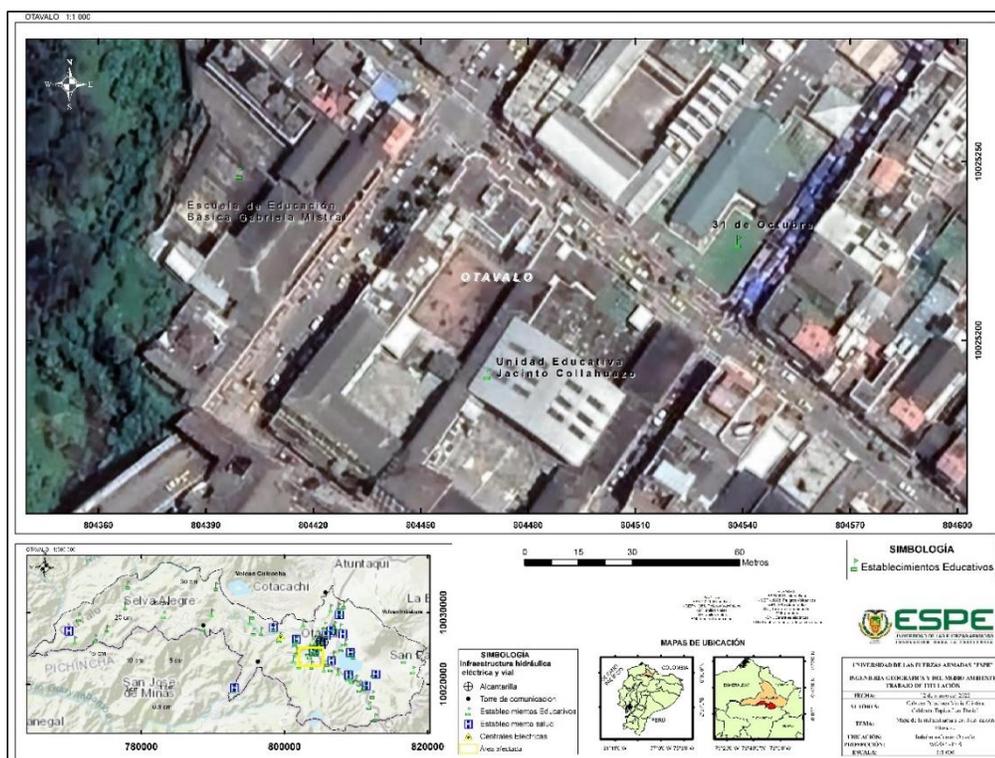


Figura 37

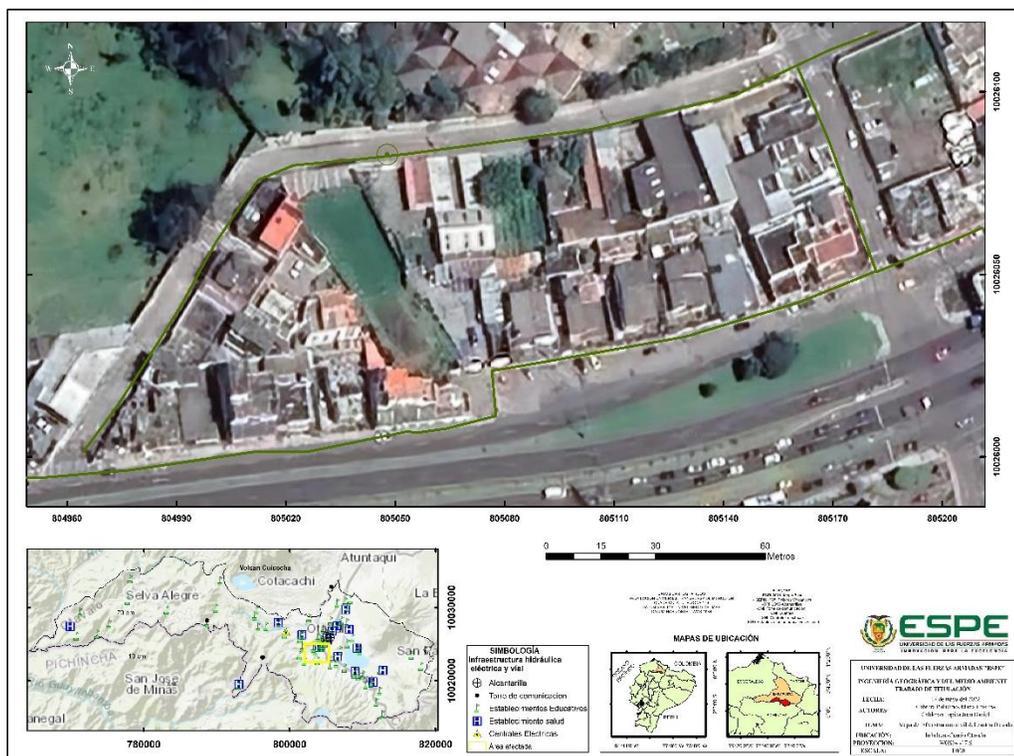
Mapa de la infraestructura civil (escuelas) de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000



El mapa de infraestructura civil a escala 1:1.000 que pertenece a la figura 38, muestra un alcantarilla pluvial en una parte urbanizada de la cabecera cantonal, se encuentra en las calles los Pendoneros y 31 de octubre al frente de una casa blanca, representada por líneas verdes que indican la dirección de esta infraestructura; el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta infraestructura se encuentra en el centro de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología y escala utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

Figura 38

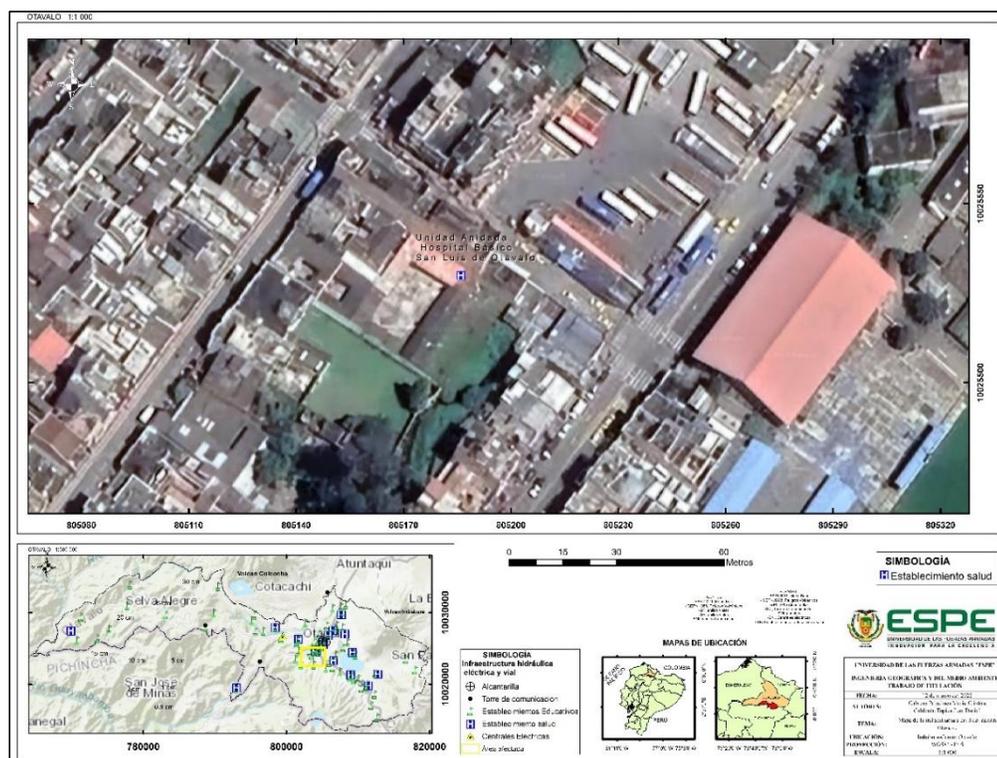
Mapa de la infraestructura civil (alcantarillado) de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000



El mapa de infraestructura civil a escala 1:1.000 que pertenece a la figura 39, resalta la zona urbanizada con edificaciones de la cabecera cantonal, puntualmente el hospital básico San Luis de Otavalo ubicado en la calle Sucre y Estados Unidos; el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta infraestructura se encuentra en el centro de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología y escala utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 39**

*Mapa de la infraestructura civil (centro de salud) de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000*



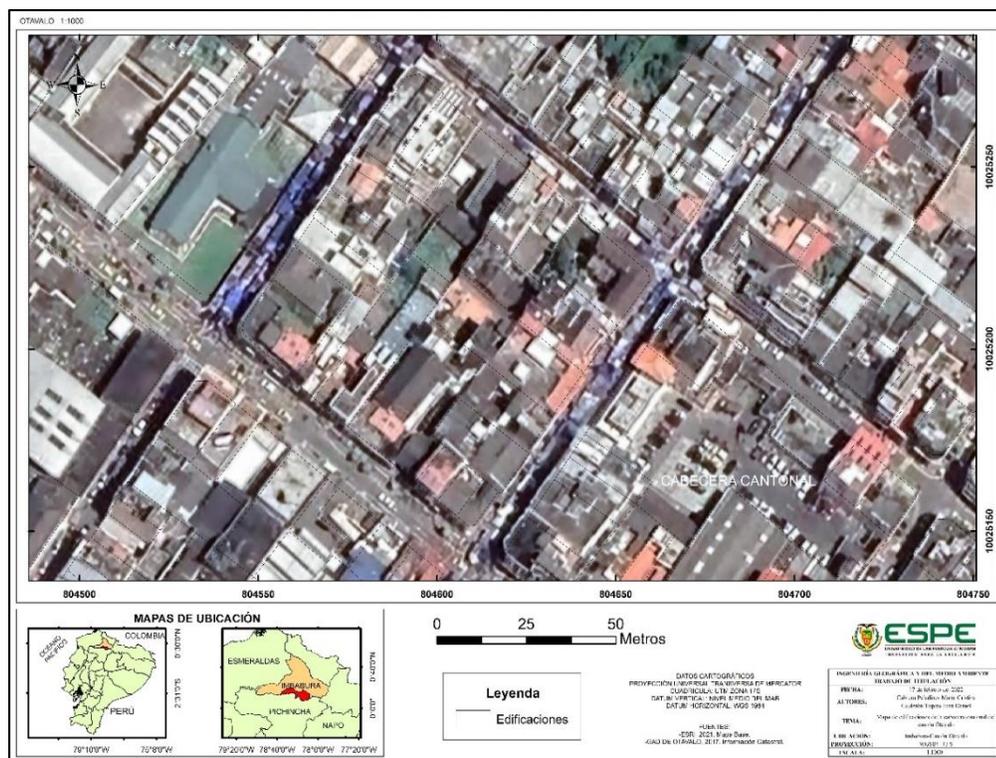
### Procesamiento de información geográfica de edificaciones del cantón

La representación de los resultados del procesamiento de información geográfica de edificaciones del cantón Otavalo, dan como resultado que 7 de las 10 parroquias que lo conforman, presentan edificaciones y propiedades que se muestran en los siguientes mapas.

En la Figura 40 a escala 1: 1.000 se pueden observar las edificaciones con diferentes tipos de acabados y tamaños del centro urbano de la ciudad de Otavalo ubicados entre las calles Abdón Calderón, 31 de octubre, Cristóbal Colón y Sucre.

Figura 40

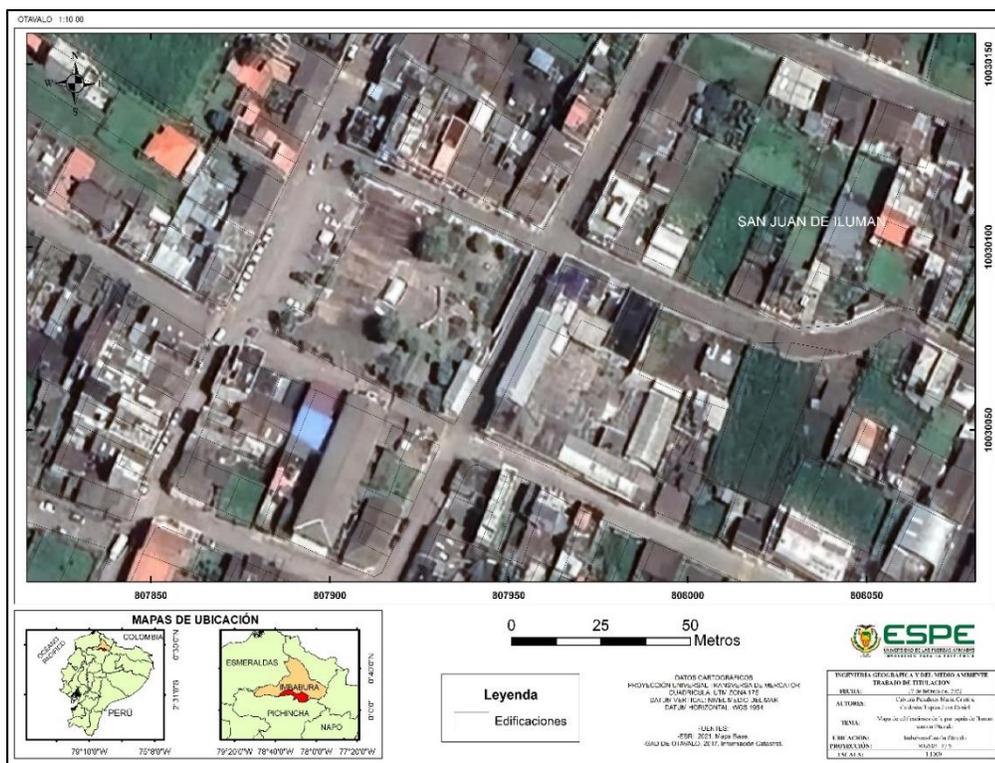
Mapa de edificaciones de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:1.000



En la Figura 41 a escala 1: 1.000 se pueden observar las edificaciones de la parroquia San Juan de Ilumán ubicados entre las calles Edmundo Grijalva, Luis Mejía, Imbabura y Bolívar, se evidencia la presencia de edificaciones de gran tamaño pertenecientes a fábricas textiles, de almacenamiento, pesada, ligera, de sistemas de producción a pequeña escala, entre otras, así como también edificaciones de menor tamaño perteneciente a viviendas.

Figura 41

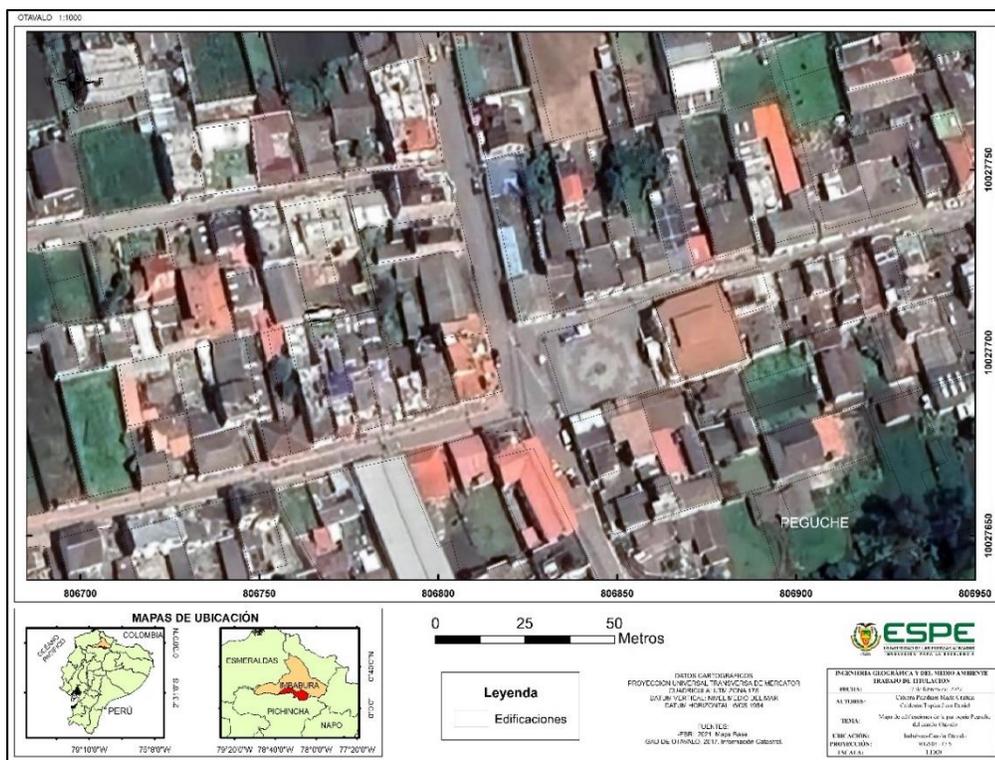
Mapa de edificaciones de la parroquia San Juan de Ilumán a 1:1.000



Las edificaciones de la parroquia Doctor Miguel Egas (Peguche) ubicados entre las calles Inti Raymi, Peguche y Faccha Ñan pertenecen en su mayoría a viviendas, muchas de ellas tienen acabados en buen estado, por lo general son viviendas de 1 piso y unifamiliares, en la figura 42 se pueden observar las características de estas edificaciones a escala 1:1.000.

**Figura 42**

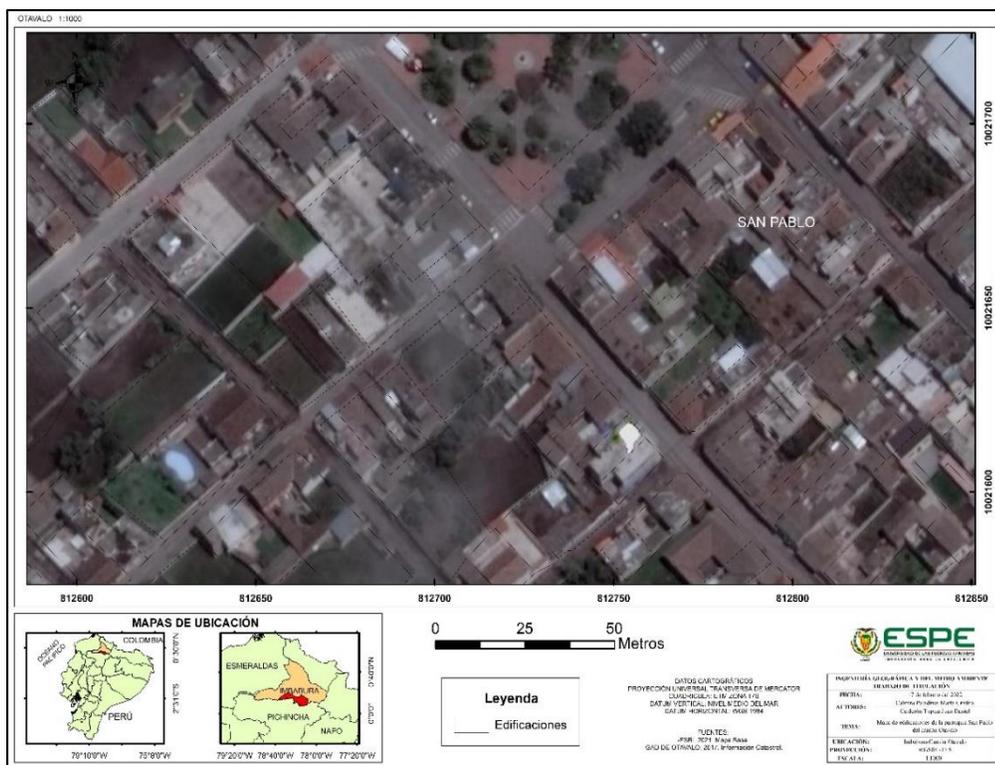
*Mapa de edificaciones de la parroquia Peguche a 1: 1.000*



En la figura 43 las edificaciones de la parroquia San Pablo ubicados entre las calles Ayora, Chirioga, Calderón y Federico Páez pertenecen en su mayoría a viviendas; se puede observar el parque de San Pablo en la parte superior central de la imagen y las características de las edificaciones a escala 1:1.000.

**Figura 43**

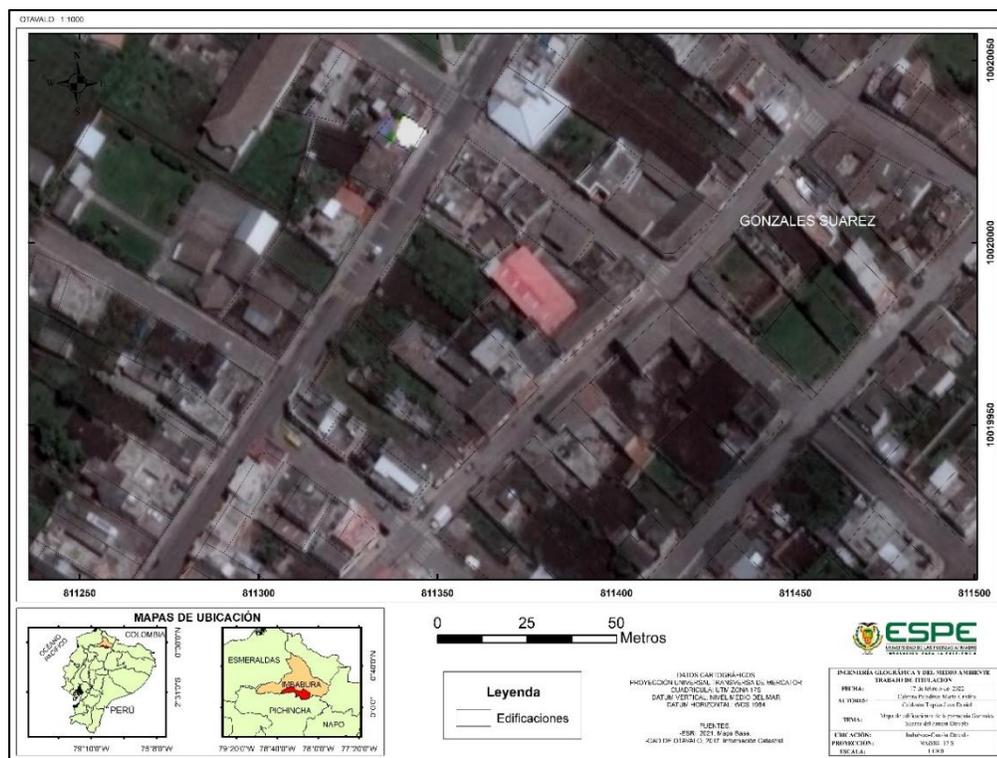
*Mapa de edificaciones de la parroquia San Pablo a 1:1.000*



Las edificaciones de la parroquia González Suárez pertenecen a viviendas con muchos años de antigüedad y otras en estado de construcción, en la figura 44 a escala 1: 1.000 se presentan las edificaciones ubicadas entre las calles 13 de abril, Eloy Alfaro y la vía principal Gran Colombia.

Figura 44

Mapa de edificaciones de la parroquia González Suárez a 1:1.000



En la Figura 45 a escala 1: 1.000 se pueden observar las edificaciones de la parroquia San Rafael ubicadas entre las calles Imbakucha, José Jara, Panamericana Antigua y en la parte inferior izquierda la Vía Cajas Otavalo, se evidencia la presencia de edificaciones perteneciente a viviendas unifamiliares; las líneas de color negro pertenecen a la capa del catastro e indican los límites de los predios.

Figura 45

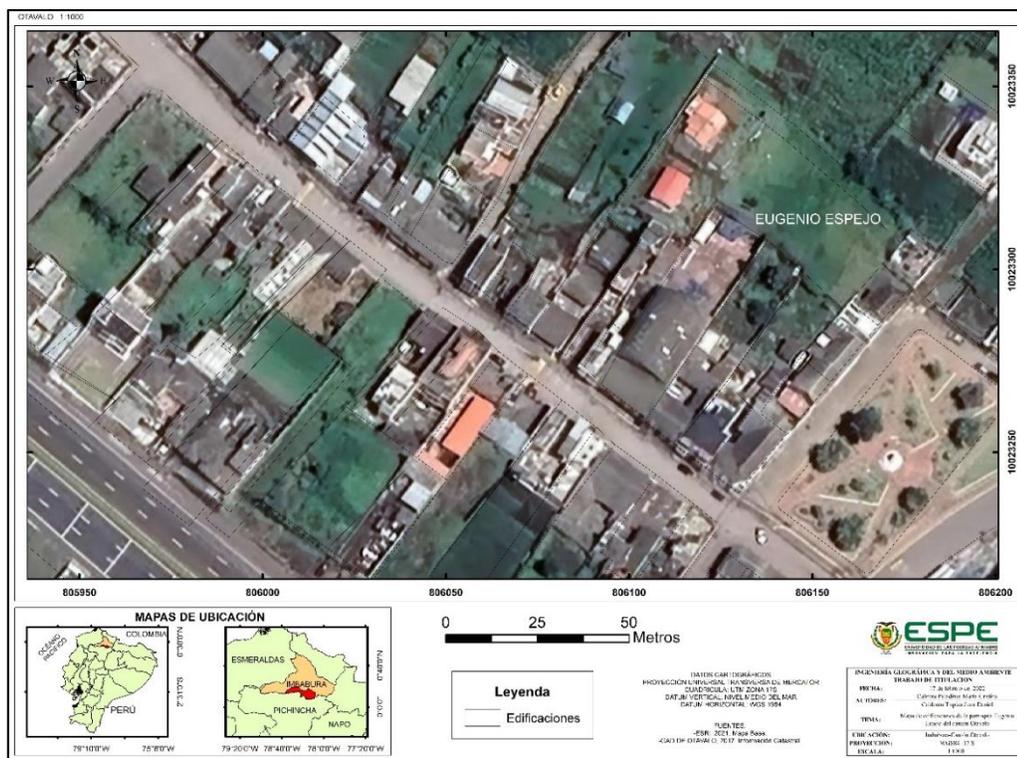
Mapa de edificaciones de la parroquia San Rafael a 1: 1.000



En la Figura 46 a escala 1: 1.000 se pueden observar las edificaciones de la parroquia Eugenio Espejo ubicadas entre las calles Bolívar, Atahualpa, en la parte inferior derecha la Avenida Enrique Garcés y en la parte inferior izquierda la Vía Cajas Otavalo, se evidencia la presencia de edificaciones de diferentes tamaños y acabados.

**Figura 46**

*Mapa de edificaciones de la parroquia Eugenio Espejo a 1:1.000*



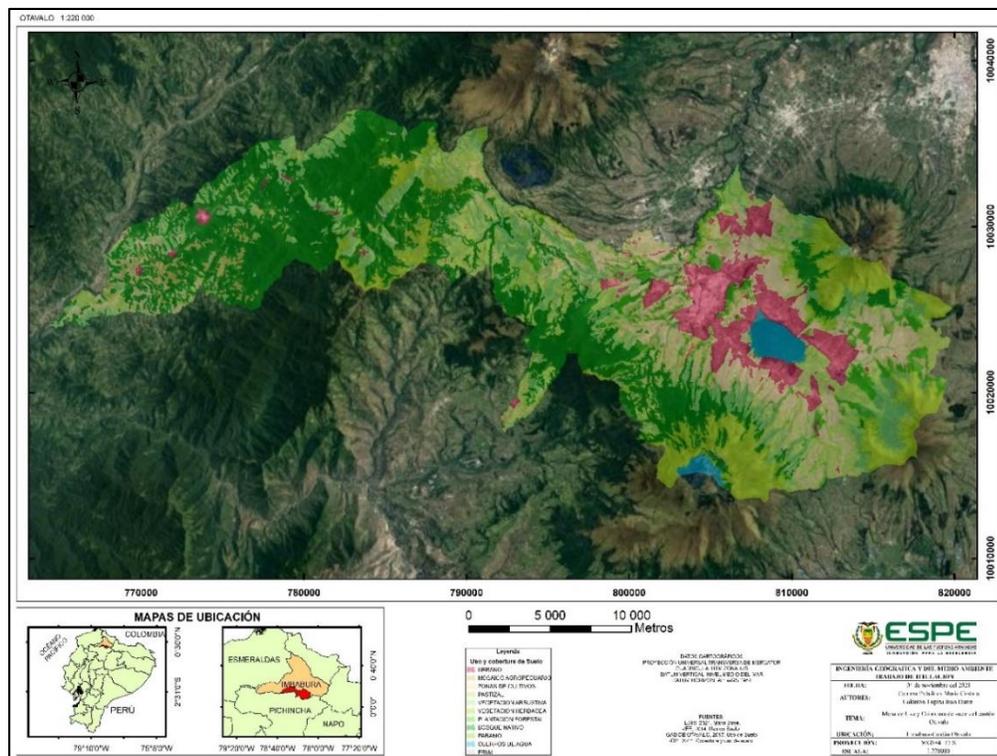
## Procesamiento de información geográfica de uso y cobertura de suelo

La representación de los resultados del procesamiento de información geográfica de uso de suelo del cantón Otavalo se muestran en los siguientes mapas.

En la figura 47 se puede observar el mapa de uso y cobertura de suelo del cantón Otavalo de forma general que son: urbano, mosaico agropecuario, zonas de cultivos, pastizal, vegetación arbustiva, herbácea, forestal, bosque nativo, páramo, cuerpos de agua y erial, los colores de representación para cada uso y cobertura se encuentra detallado en la leyenda del respectivo mapa a escala 1:220.000.

Figura 47

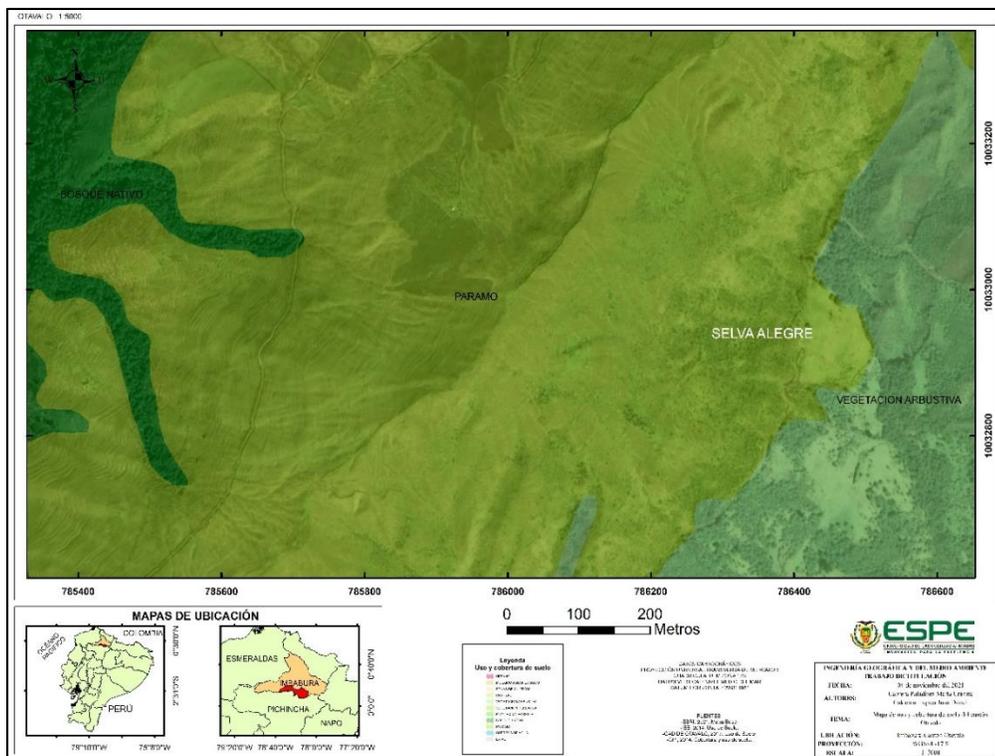
Mapa de uso y cobertura de suelo del cantón Otavalo a 1:220.000



En la figura 48 a escala 1:5.000 se pueden observar los usos de suelo presentes en la parroquia Selva Alegre, las áreas de cobertura pertenecen a la clase de bosque nativo representado con un color verde oscuro, vegetación arbustiva representado con un color verde claro y con mayor extensión de área el tipo páramo de color verde lima.

Figura 48

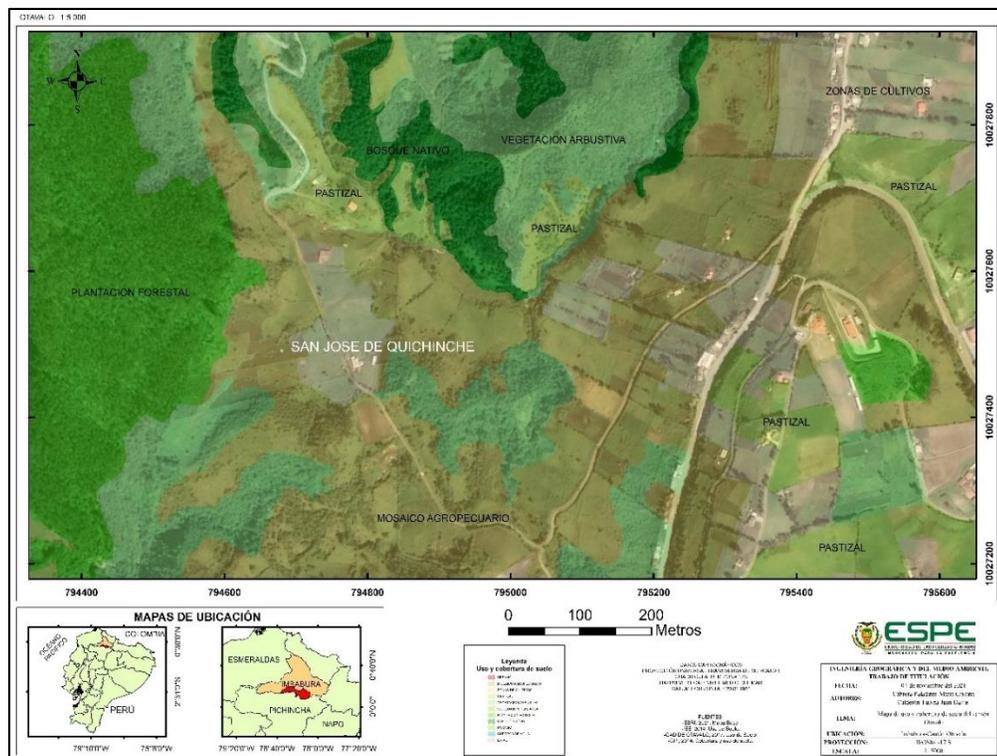
Mapa de uso de suelo de la parroquia Selva Alegre a 1:5.000



Los usos y cobertura de suelo en la parroquia San José de Quichinche son de tipo forestal representado con un color verde enebro, bosque nativo de color verde oscuro, pastizal de color verde cartuja, vegetación arbustiva de color verde claro, los usos de suelo predominantes son los mosaicos agropecuarios de color amarillo mostaza y las zonas de cultivos en color amarillo como se puede observar en la figura 49 y que se encuentra a escala 1: 5.000.

Figura 49

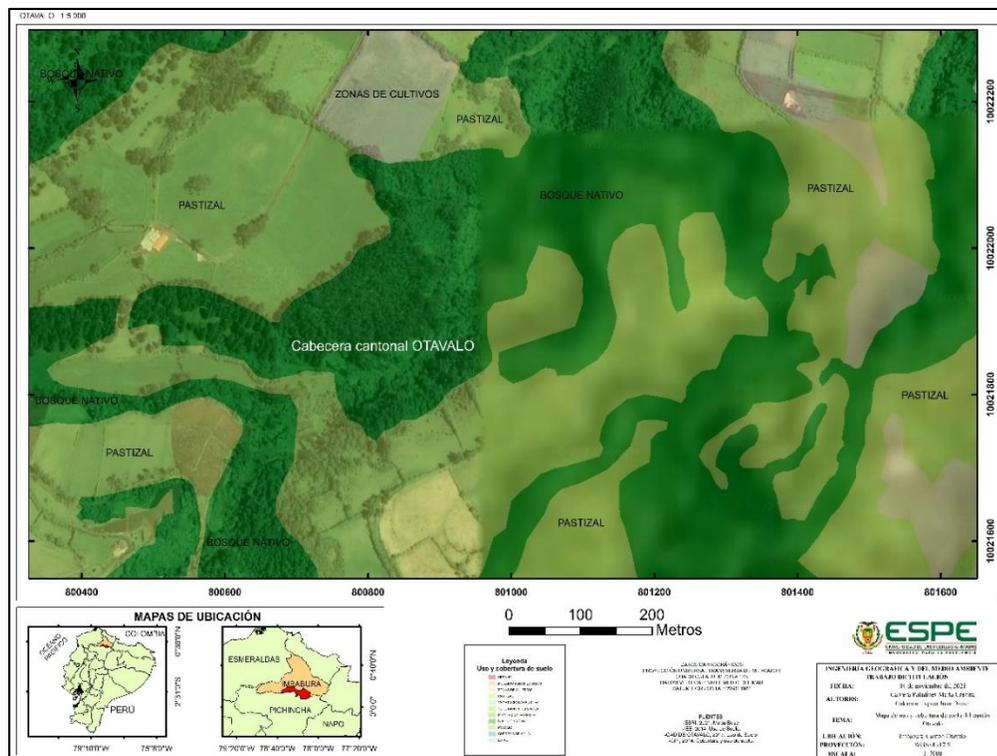
Mapa de uso de suelo de la parroquia San José de Quichinche a 1:5.000



Las periferias de la cabecera cantonal ubicadas al sur y norte del centro poblado presentan coberturas de tipo bosque nativo de color verde oscuro, pastizal de color verde cartuja y zonas de cultivos representados con un color amarillo como se puede observar en la figura 50 a escala 1:5.000.

Figura 50

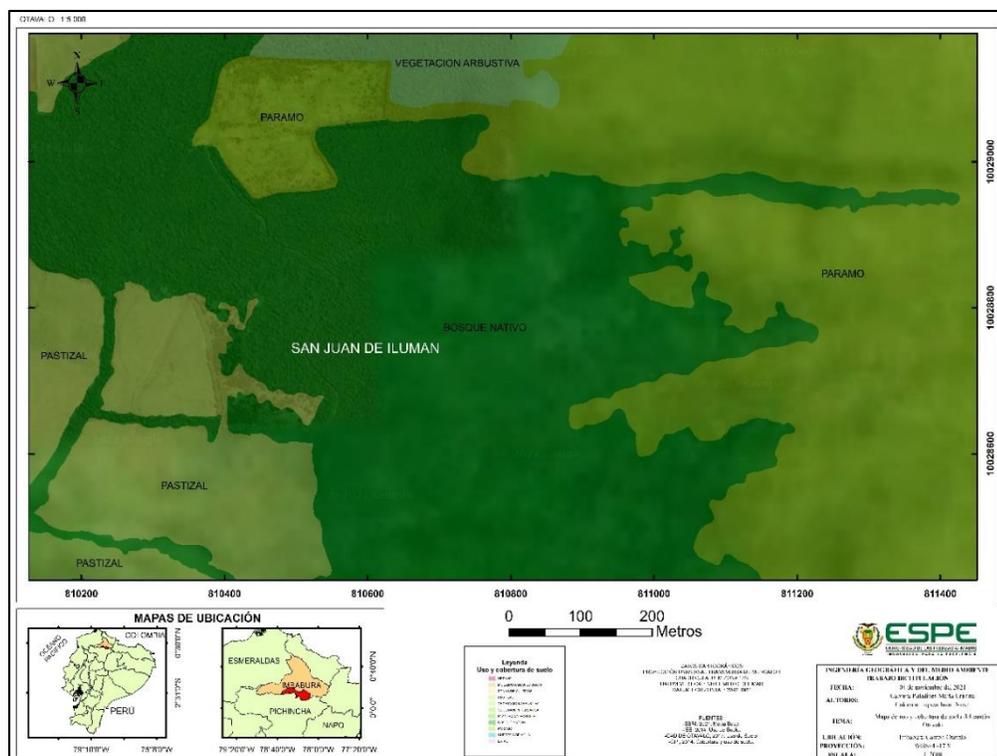
Mapa de uso de suelo de cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:5.000



En la figura 51 a escala 1:5.000 se pueden observar los usos de suelo presentes en la parroquia San Juan de Ilumán, las áreas de cobertura pertenecen a la clase de páramo de color verde lima, vegetación arbustiva de color verde claro, pastizal representado con un color verde cartuja y con una mayor extensión la presencia de bosque nativo de color verde oscuro.

Figura 51

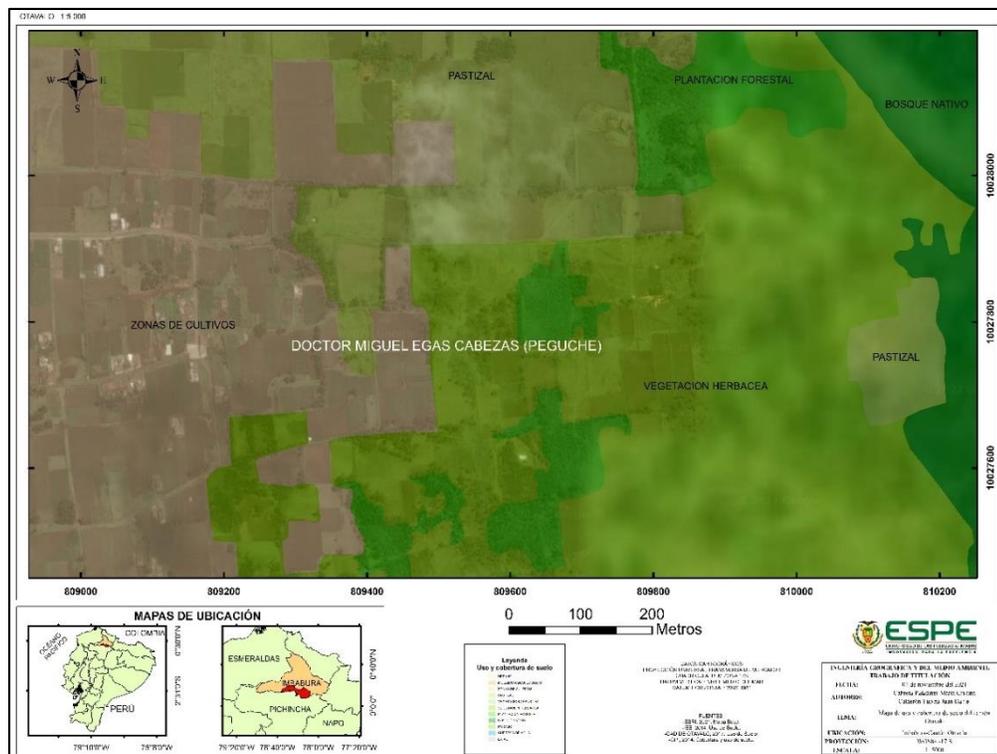
Mapa de uso de suelo de la parroquia San Juan de Ilumán 1:5.000



Los usos y cobertura de suelo en la parroquia Doctor Miguel Egas Cabezas (Peguche) son de tipo forestal representado por un color verde trébol, bosque nativo de color verde oscuro, pastizal de color verde cartuja, vegetación herbácea de color verde esmeralda, las mayores extensiones de áreas pertenecen a zonas de cultivos de color amarillo como se puede observar en la figura 52 y que se encuentra a escala 1: 5.000.

Figura 52

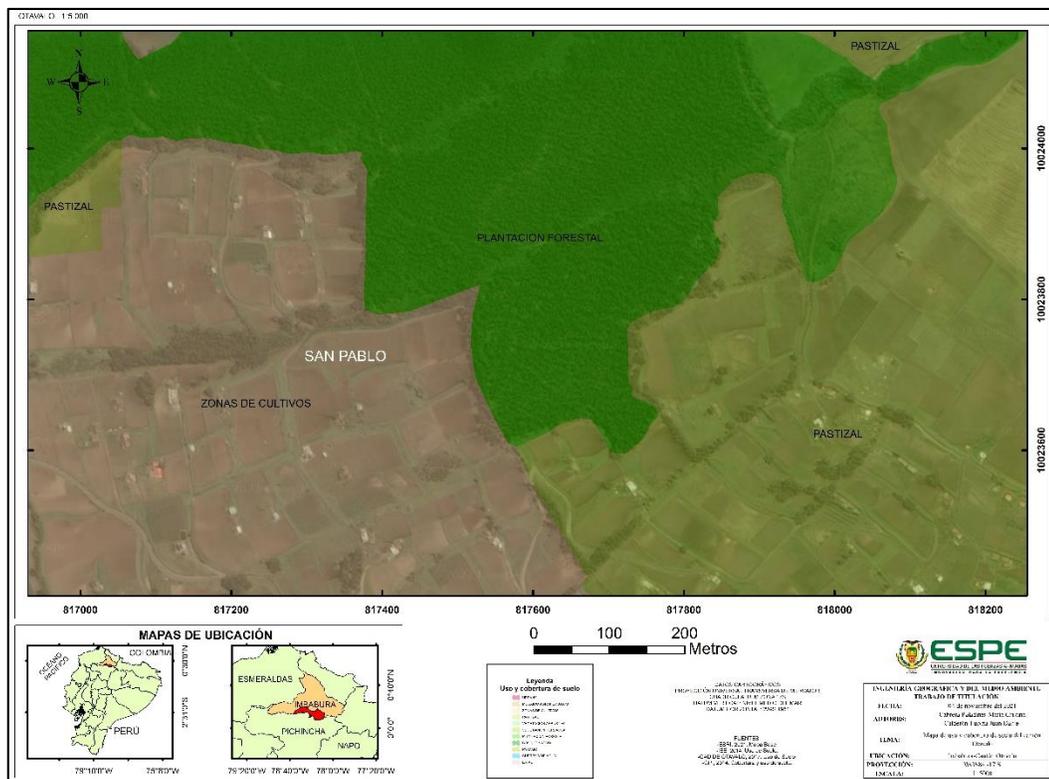
Mapa de uso de suelo de la parroquia Peguche a 1:5.000



En la figura 53 a escala 1:5.000 se pueden observar los usos de suelo presentes en la parroquia San Pablo, las áreas de cobertura pertenecen a la clase de plantación forestal de color verde trébol, zonas de cultivos de color amarillo y pastizales de color verde cartuja, se evidencia que las extensiones de estas coberturas comparten grandes hectáreas en esta parroquia.

Figura 53

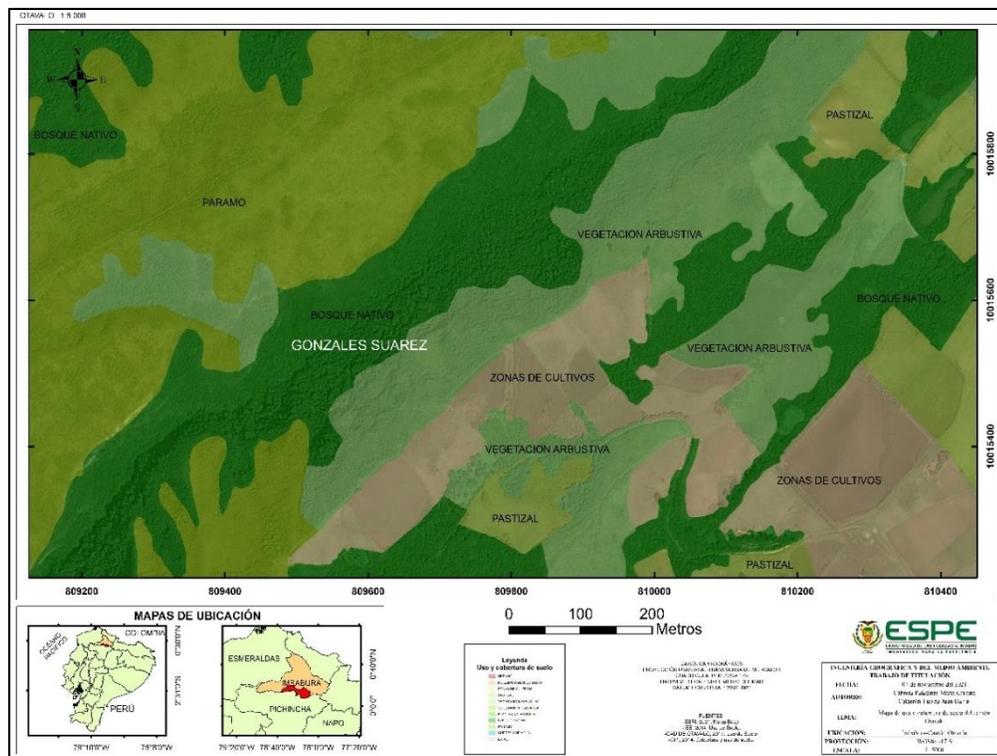
Mapa de uso de suelo de la parroquia San Pablo a 1:5.000



Los usos y cobertura de suelo en la parroquia González Suárez son de tipo bosque nativo representado con un color verde oscuro, páramo de color verde lima, pastizal de color verde cartuja, vegetación arbustiva de color verde claro y zonas de cultivos de color amarillo, las coberturas de páramo y bosque nativo abarcan más extensión de área que las otras clases como se puede observar en la figura 54 y que se encuentra a escala 1: 5.000.

Figura 54

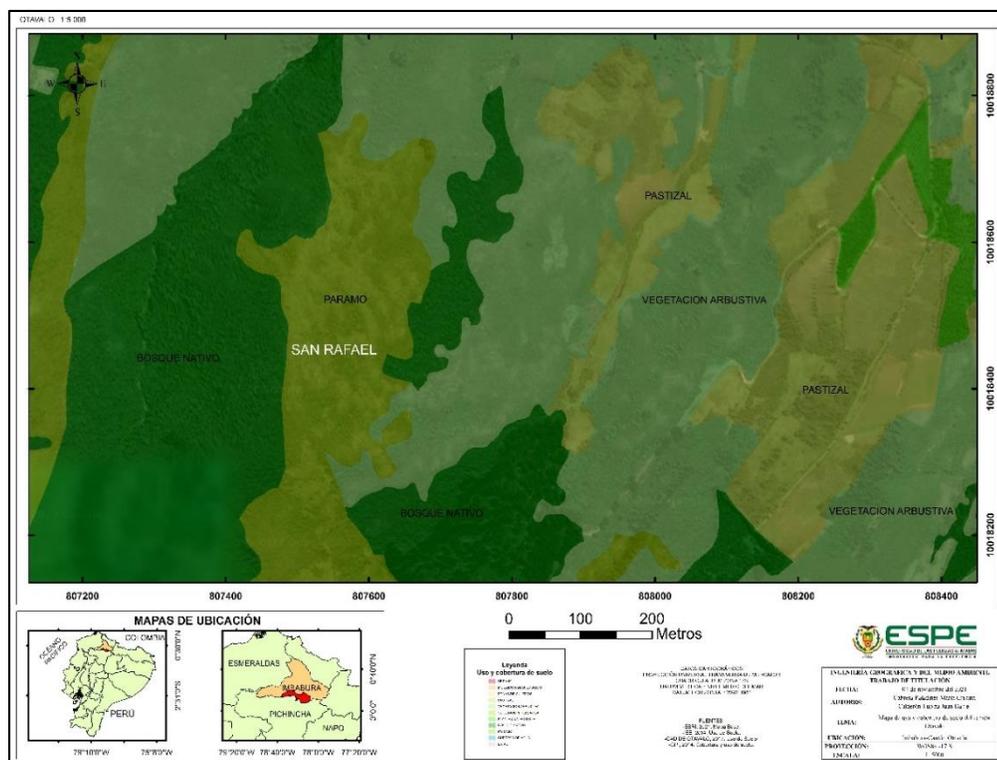
Mapa de uso de suelo de la parroquia González Suárez a 1:5.000



En la figura 55 a escala 1:5.000 se pueden observar los usos de suelo presentes en la parroquia San Rafael, las coberturas de suelo pertenecen a la clase de bosque nativo de color verde oscuro, páramo con un color verde lima, pastizal de color verde cartuja y vegetación arbustiva con un color verde claro, se evidencia que las hectáreas de estas coberturas comparten extensiones similares en esta parroquia.

Figura 55

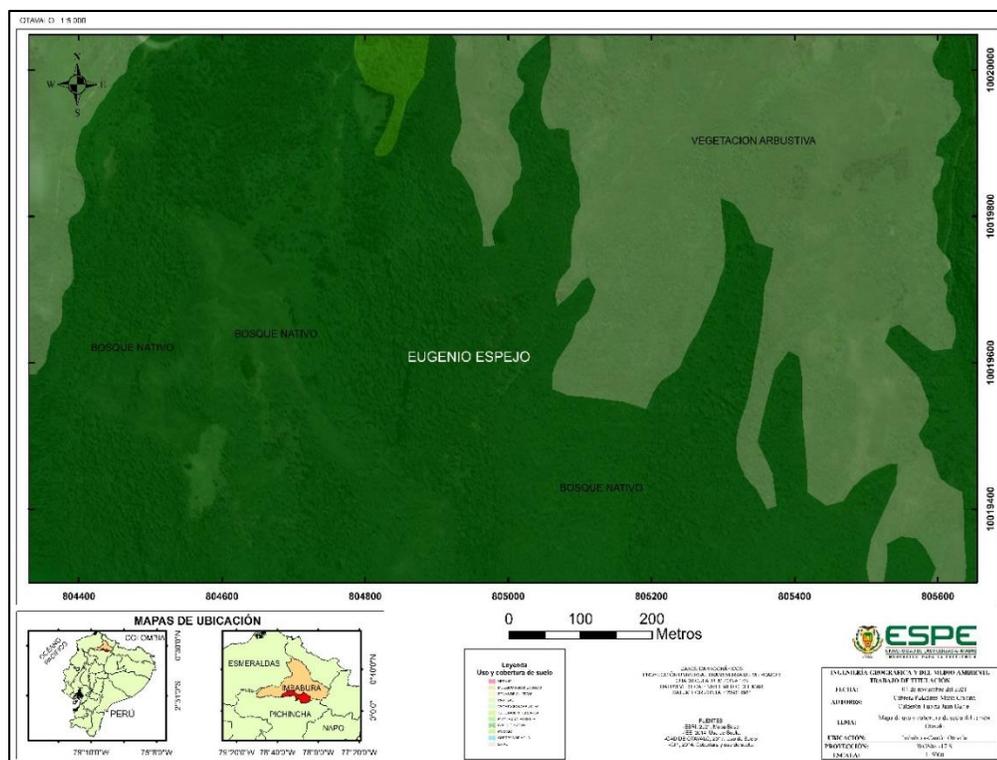
Mapa de uso de suelo de la parroquia San Rafael a 1:5.000



Los usos y cobertura de suelo en la parroquia Eugenio Espejo son de tipo bosque nativo de color verde oscuro y vegetación arbustiva con un color verde claro, estas coberturas predominan al sur de la parroquia como se puede observar en la figura 56 y que se encuentra a una escala 1: 5.000.

Figura 56

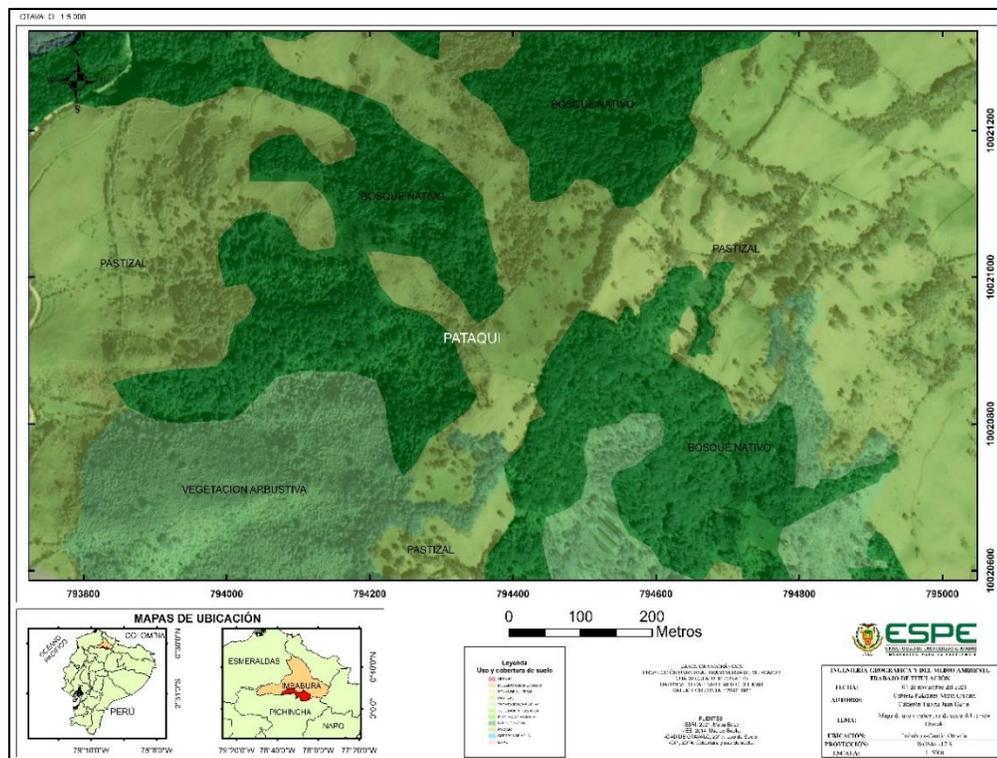
Mapa de uso de suelo de la parroquia Eugenio Espejo a 1:5.000



En la figura 57 a escala 1:5.000 se pueden observar los usos de suelo presentes en la parroquia Pataquí, las hectáreas de cobertura pertenecen a la clase de bosque nativo de color verde oscuro, pastizal de color verde cartuja y vegetación arbustiva con un color verde claro, se evidencia que el tipo pastizal abarca más extensión de hectárea que las otras dos coberturas.

Figura 57

Mapa de uso de suelo de la parroquia Pataquí a 1:5.000



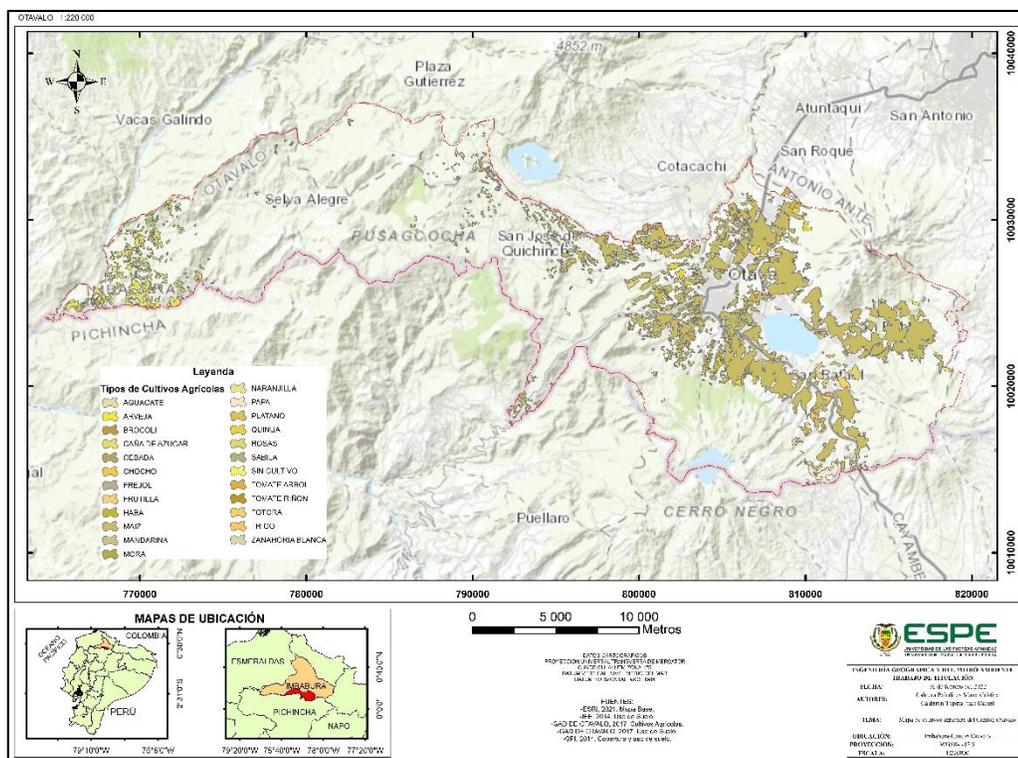
### Procesamiento de información geográfica de zonas de cultivos del cantón

La representación de los resultados del procesamiento de información geográfica de zonas de cultivos del cantón Otavalo se muestran en los siguientes mapas.

En la figura 58 se puede observar el mapa de cultivos agrícolas del cantón Otavalo los cuales son: aguacate, arveja, brócoli, caña de azúcar, cebada, chocho, frejol, frutilla, haba, maíz, mandarina, mora, naranjilla, papa, plátano, quinua, rosas, sábila, tomate de árbol, tomate riñón, totora, trigo y zanahoria blanca; los colores de representación para los diferentes tipos de cultivos se encuentran detallados en la leyenda del respectivo mapa a escala 1:220.00

**Figura 58**

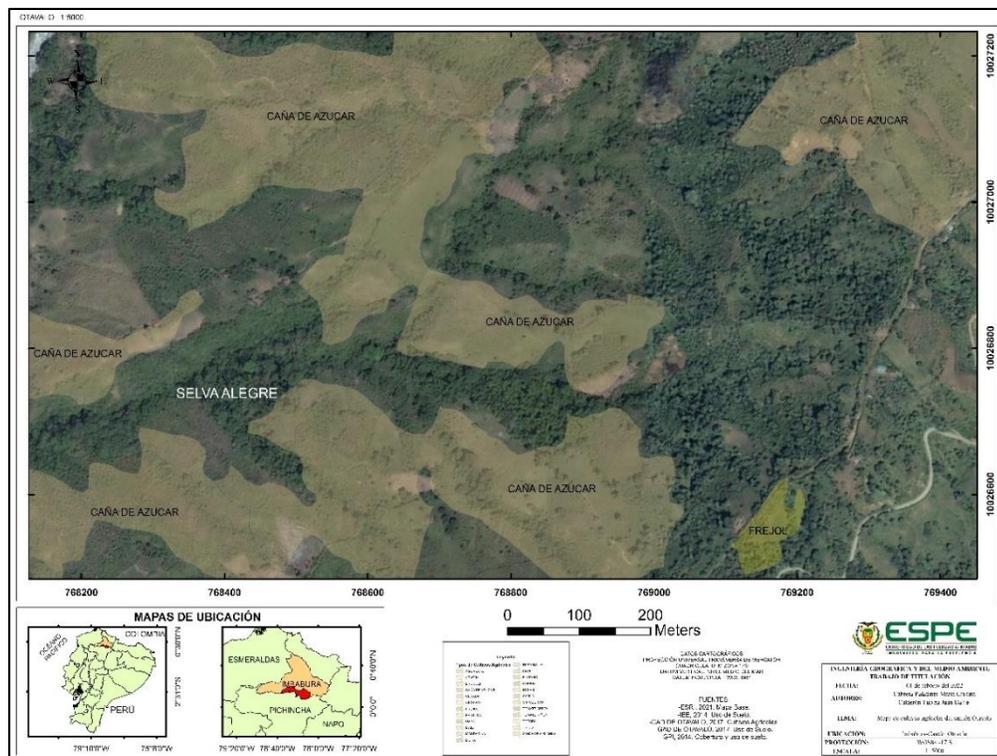
*Mapa de cultivos agrícolas del cantón Otavalo a 1:220.000*



En la figura 59 a escala 1:5.000 se pueden observar los cultivos agrícolas presentes en la parroquia Selva Alegre, se evidencia que hay hectáreas discontinuas con cultivos de caña de azúcar y una pequeña hectárea de cultivo de frejol.

Figura 59

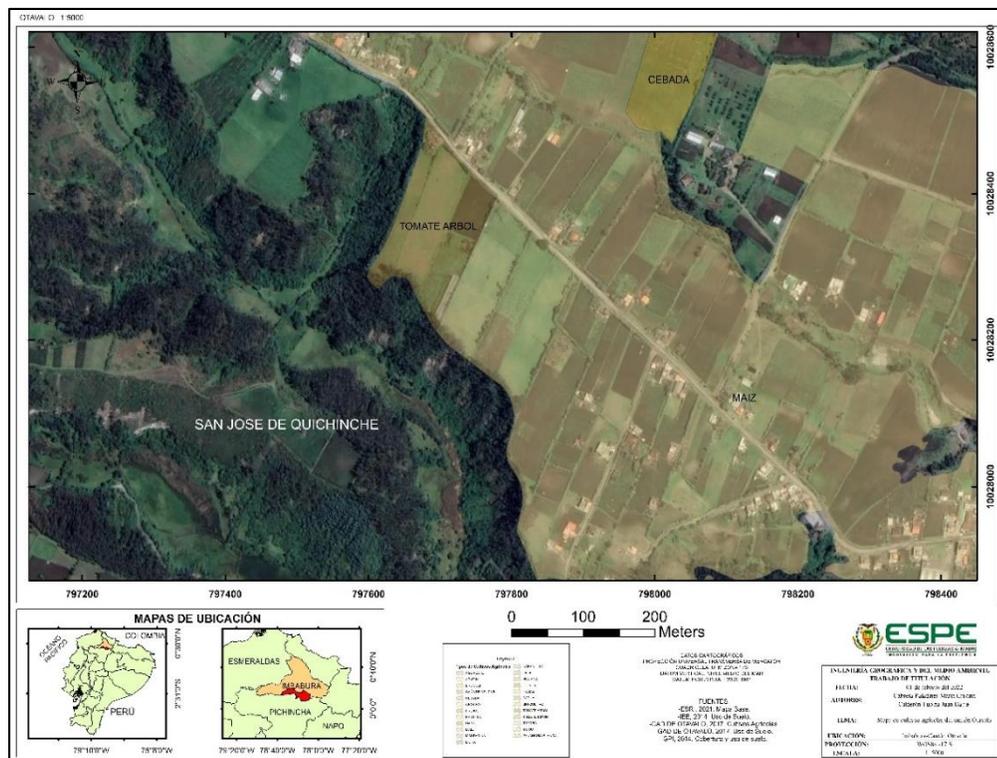
Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia Selva Alegre a 1:5.000



En la parroquia San José de Quichinche se evidencian pequeñas hectáreas de cultivos agrícolas de tomate de árbol y cebada, mientras que el cultivo de maíz predomina en este sector como se puede observar en la figura 60 y que se encuentra a una escala 1: 5.000.

Figura 60

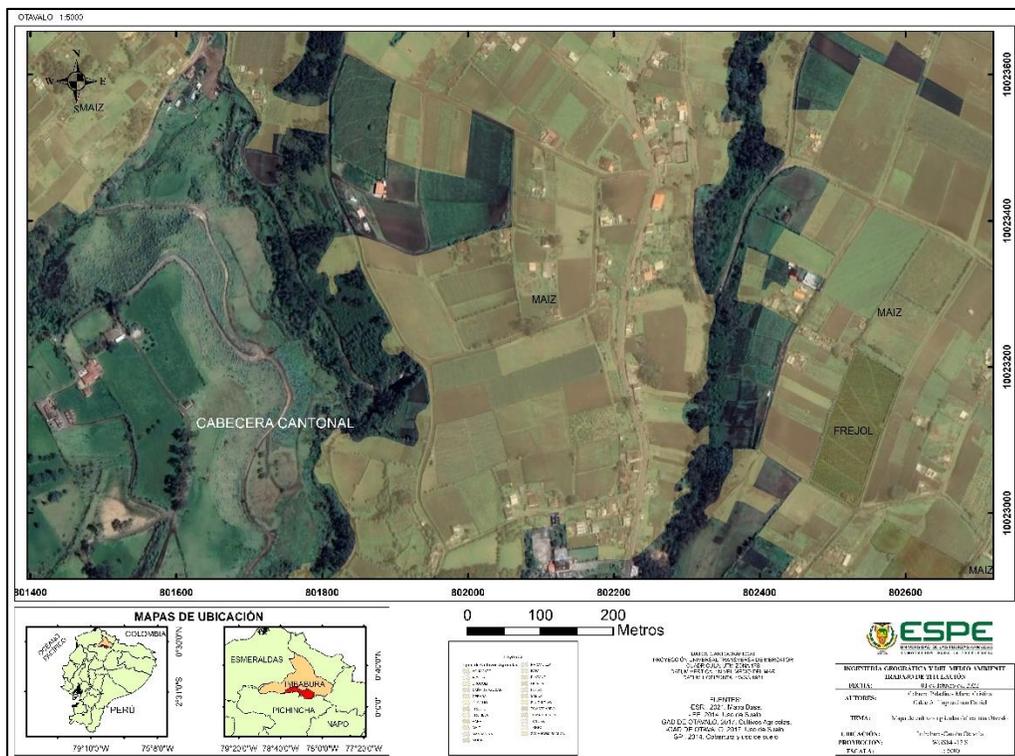
Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia San José de Quichinche a 1:5.000



En la figura 61 a escala 1:5.000 se pueden observar los cultivos agrícolas presentes en la cabecera cantonal, se evidencia que hay un gran número de parcelas con cultivos de maíz y que ocupan grandes extensiones de terreno en las periferias de esta parroquia, además se puede observar una pequeña parcela dedicada al cultivo de frejol.

**Figura 61**

*Mapa de cultivos agrícolas de la cabecera cantonal del cantón Otavalo a 1:5.000*

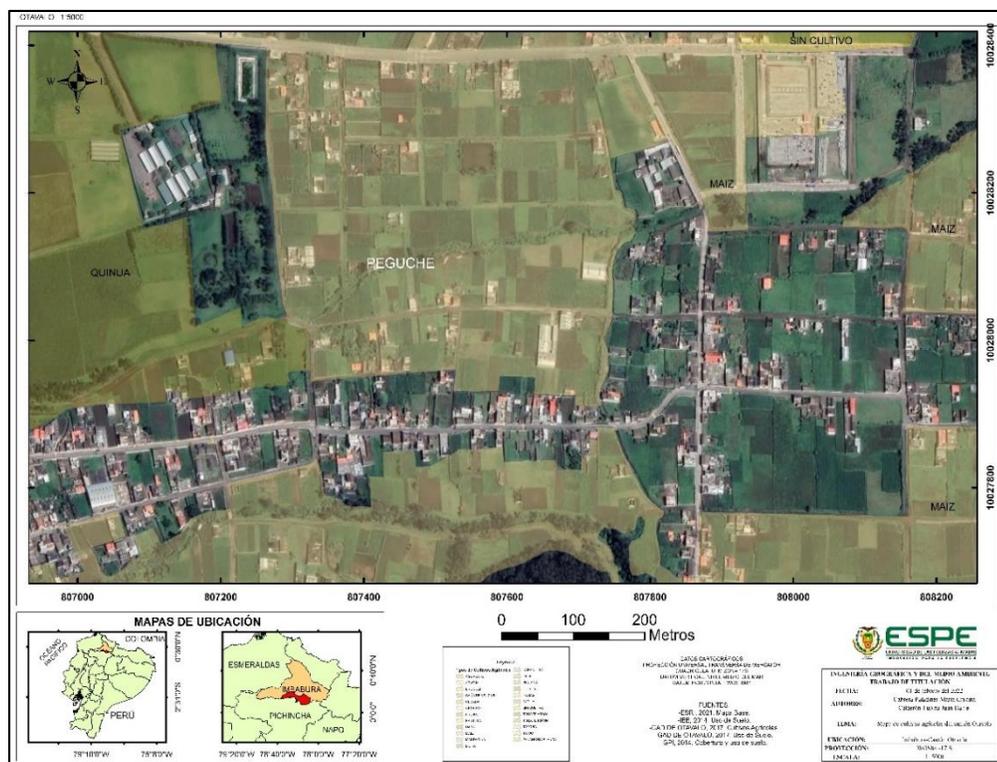


En la parroquia San Juan de Illumán se evidencian parcelas de cultivos de maíz que se encuentran ubicadas al occidente del centro poblado de Illumán, como se puede observar en la figura 62 y que se encuentra a una escala 1: 5.000.



Figura 63

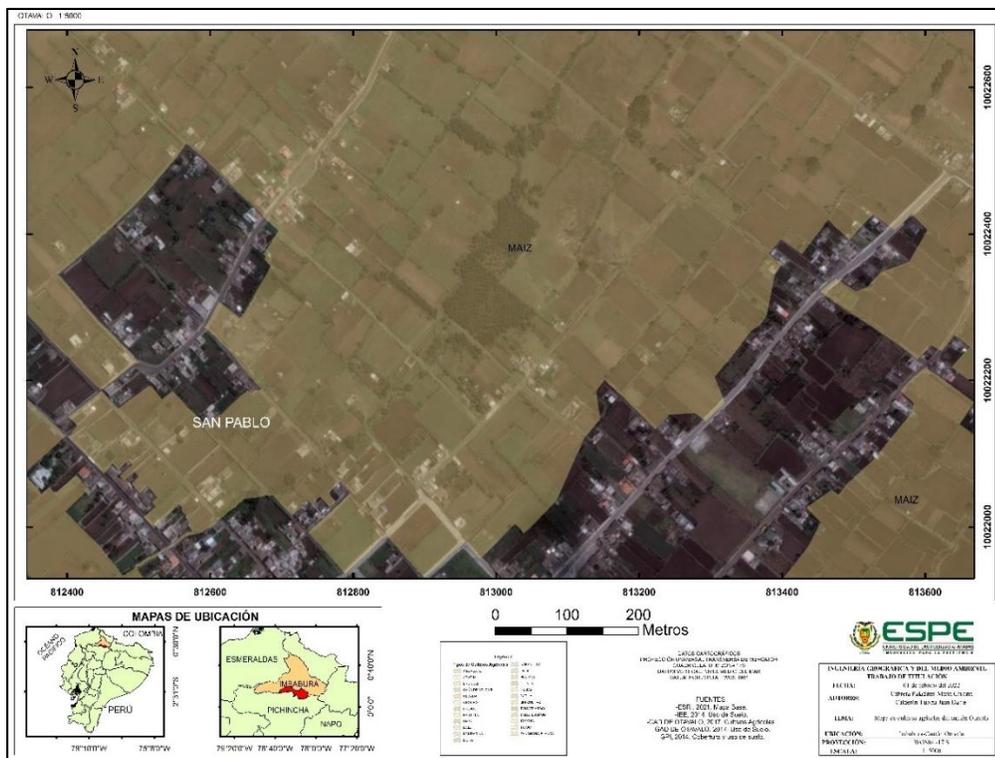
Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia Peguche a 1:5.000



En la parroquia San Pablo se evidencian parcelas de cultivos de maíz que se ubican a las faldas del volcán Imbabura en la parte nororiente del centro poblado de esta parroquia, como se puede observar en la figura 64 y a una escala 1: 5.000.

**Figura 64**

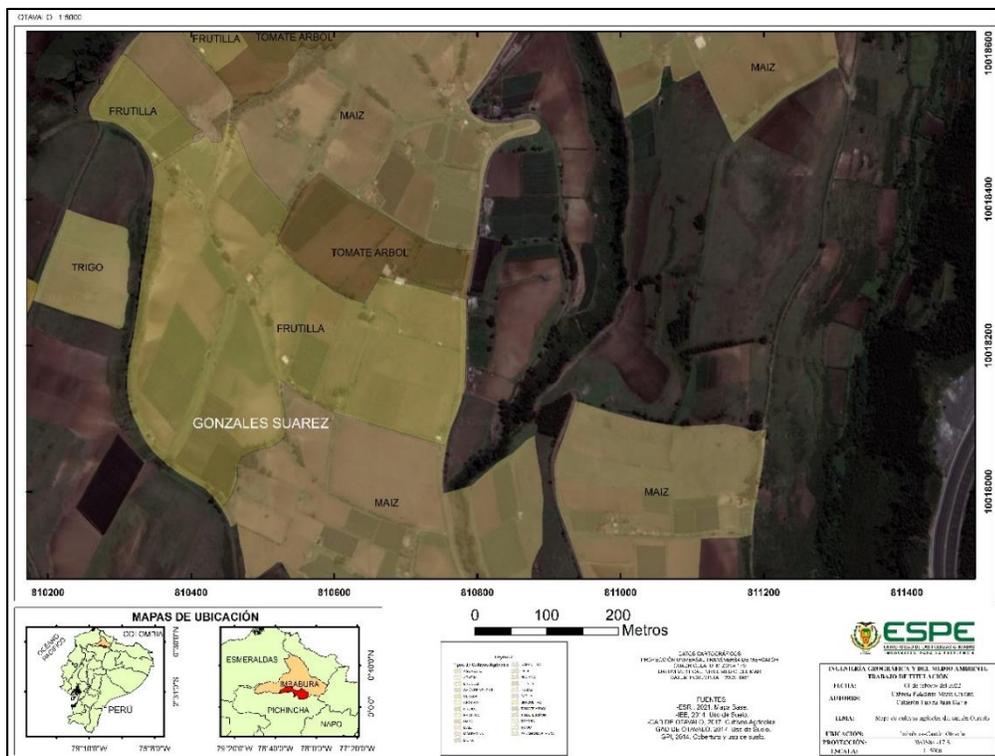
*Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia San Pablo a 1:5.000*



En la figura 65 a escala 1:5.000 se pueden observar los cultivos agrícolas presentes en la parroquia González Suárez, se evidencian parcelas con diferentes tipos de cultivos como trigo, frutilla, tomate de árbol y maíz.

**Figura 65**

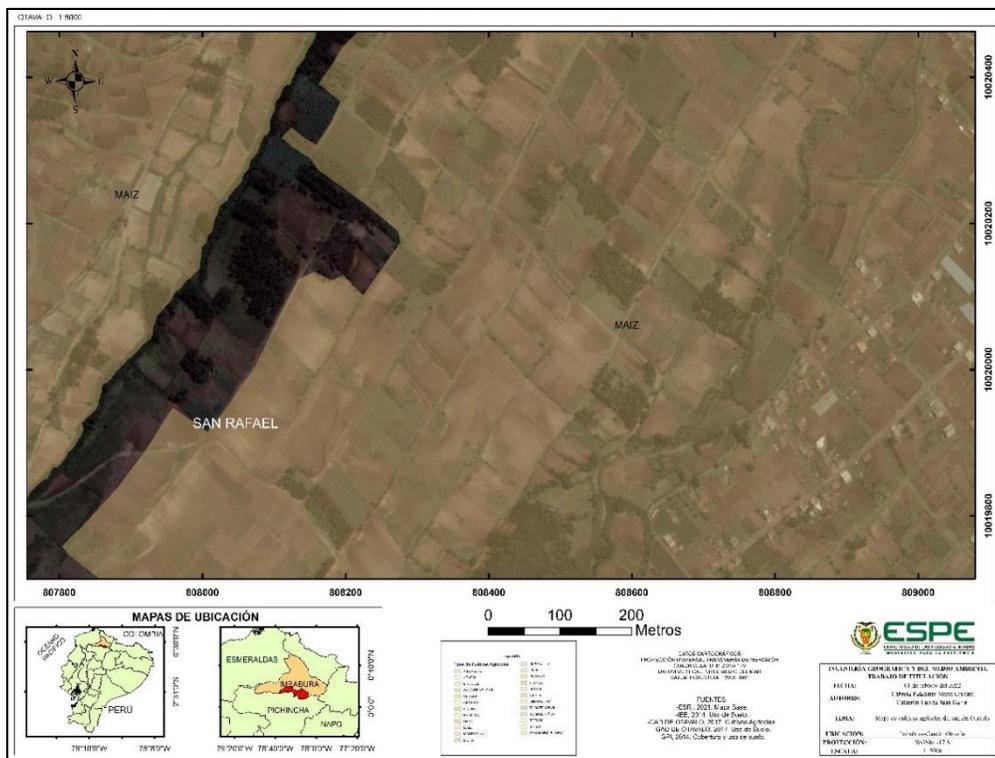
*Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia González Suárez a 1:5.000*



En la parroquia San Rafael se evidencian grandes parcelas de cultivos de maíz ubicados en la parte sur del centro poblado de esta parroquia y que ocupan extensiones considerables, como se puede observar en la figura 66 a una escala 1:5.000.

**Figura 66**

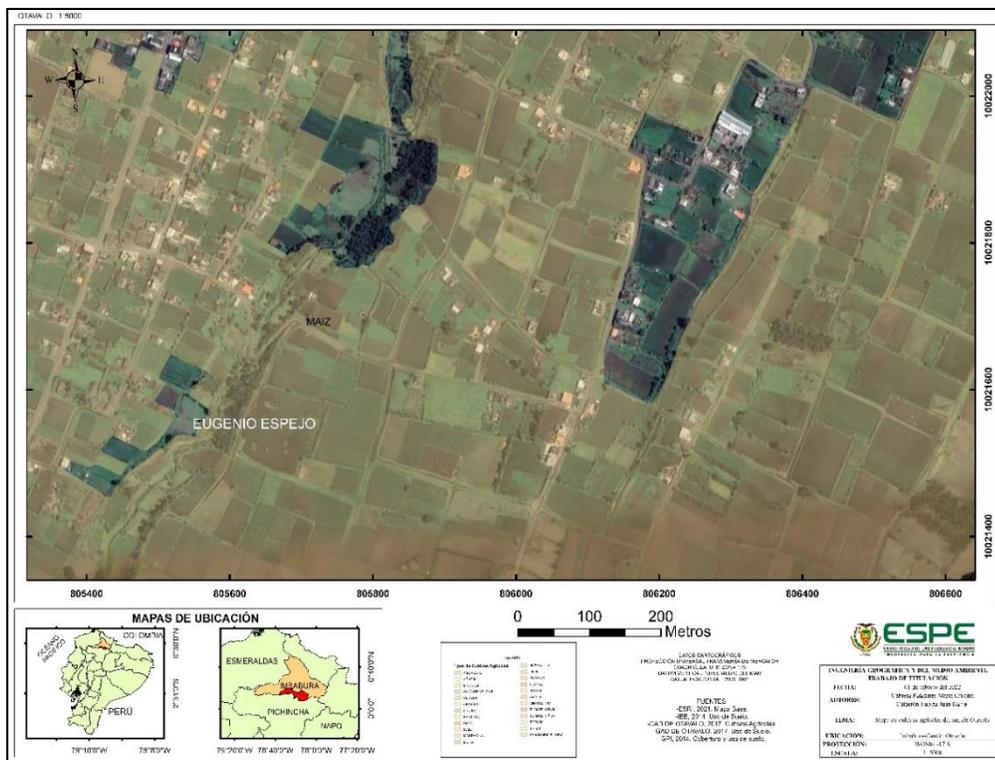
*Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia San Rafael a 1:5.000*



En la figura 67 a escala 1:5.000 se pueden observar los cultivos agrícolas presentes en la parroquia Eugenio Espejo, se evidencia que las zonas predominantes de cultivos son de maíz.

**Figura 67**

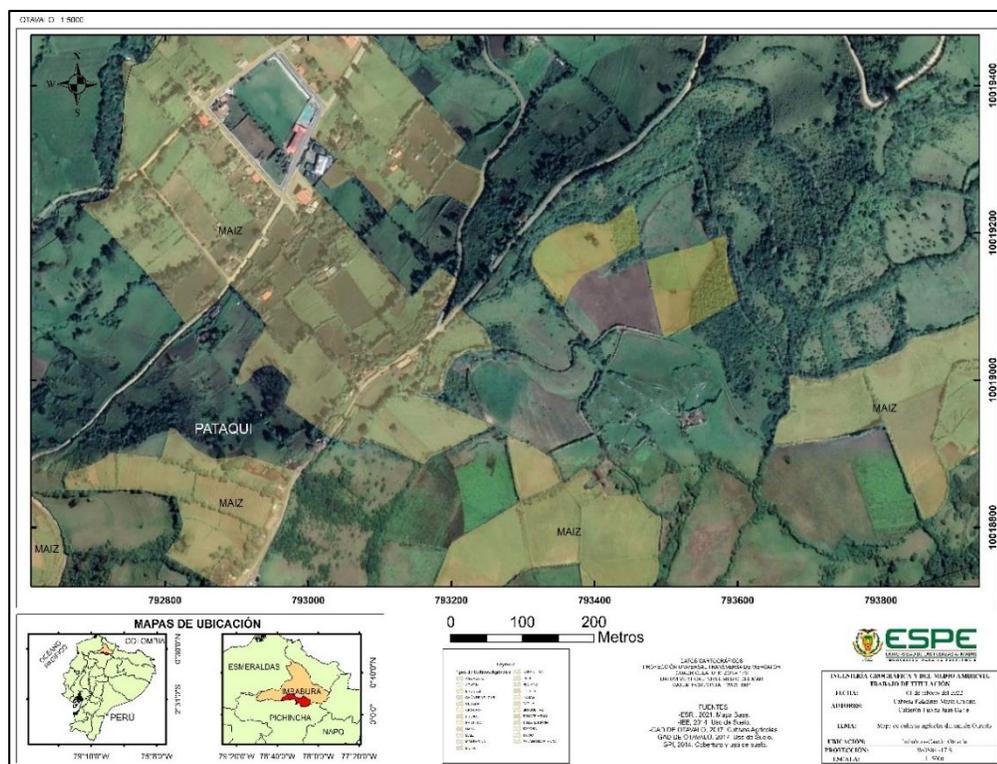
*Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia Eugenio Espejo a 1:5.000*



En la parroquia de Pataquí se evidencian parcelas discontinuas de cultivos de maíz y predomina en el sector, ocupan hectáreas considerables de terreno en la zona, como se puede observar en la figura 68 y que se encuentra a una escala 1: 5.000.

Figura 68

Mapa de cultivos agrícolas de la parroquia Pataquí a 1:5.000



### Determinación del impacto físico en el cantón Otavalo

El resultado del análisis de los mapas temáticos del cantón Otavalo asociado al impacto físico a infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil, edificaciones, uso de suelo y zonas de cultivos por caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura permitió cuantificar los potenciales daños físicos.

### Determinación del impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial

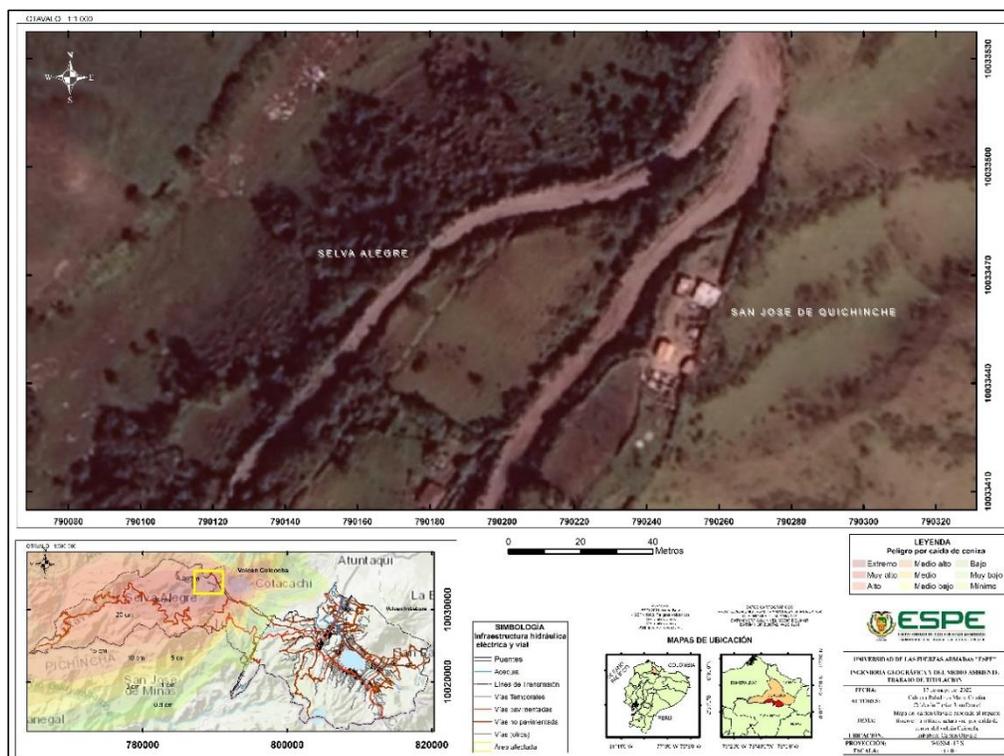
Se presenta a continuación los mapas temáticos del impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial del cantón, donde se evidencia los lugares más

trascendentes a la destrucción por la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

La figura 69 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza del volcán Cuicocha a escala 1:1.000, muestra parte de la infraestructura vial afectada por 30 cm de ceniza que representa un peligro extremo, donde se puede observar una vía no pavimentada en forma de V perteneciente a la parroquia Selva Alegre; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra al suroeste de la parroquia y por ende del cantón; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 69**

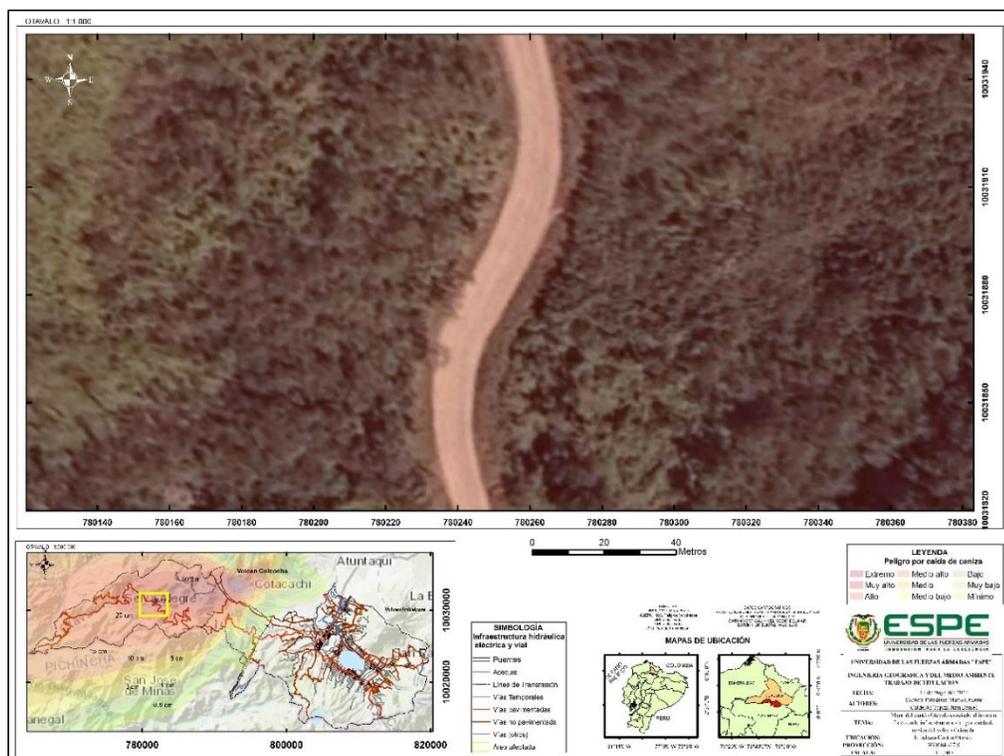
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura vial por caída de ceniza de 30 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 70 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza del volcán Cuicocha a escala 1:1.000, muestra parte de la infraestructura vial afectada por 25 cm de ceniza que representa un peligro muy alto, donde se puede observar en el centro una vía no pavimentada Aserradero de la parroquia Selva Alegre; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro de la parroquia y por ende del cantón; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 70

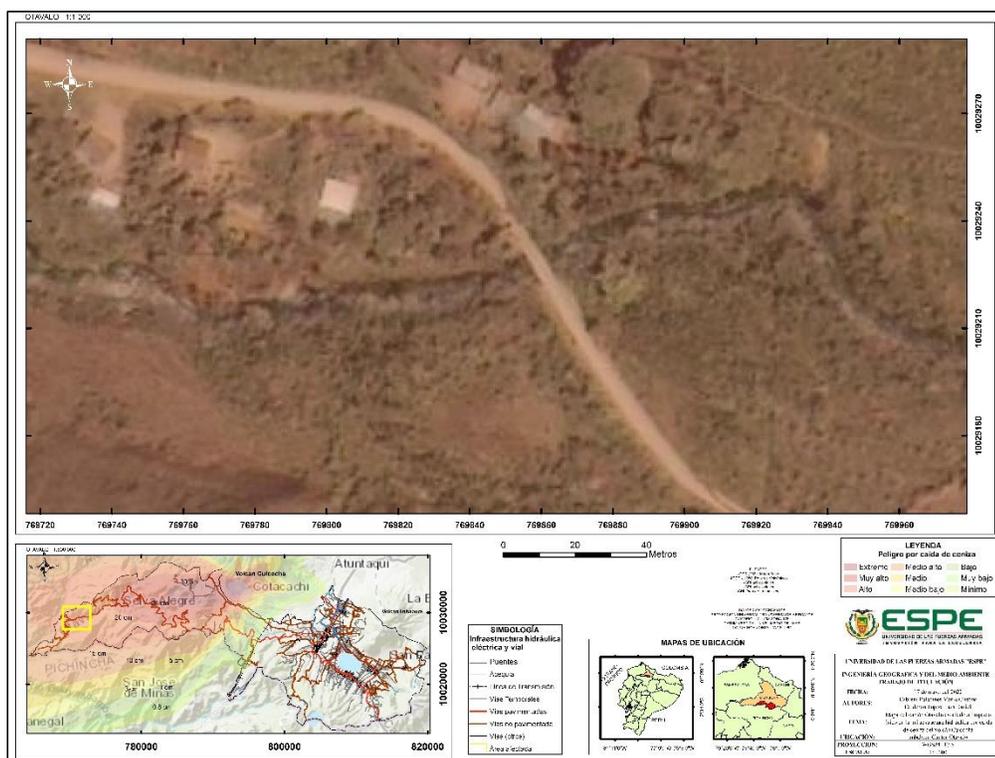
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura vial por caída de ceniza de 25 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 71 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza del volcán Cuicocha a escala 1:1.000, muestra parte de la infraestructura vial e hidráulica afectada por 25 cm de ceniza que representa un peligro alto, se puede visualizar el puente que atraviesa el río Quinde en la vía no pavimentada Tollo Intag perteneciente a la parroquia de Selva Alegre; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra en el noroeste de la parroquia y por ende del cantón; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 71**

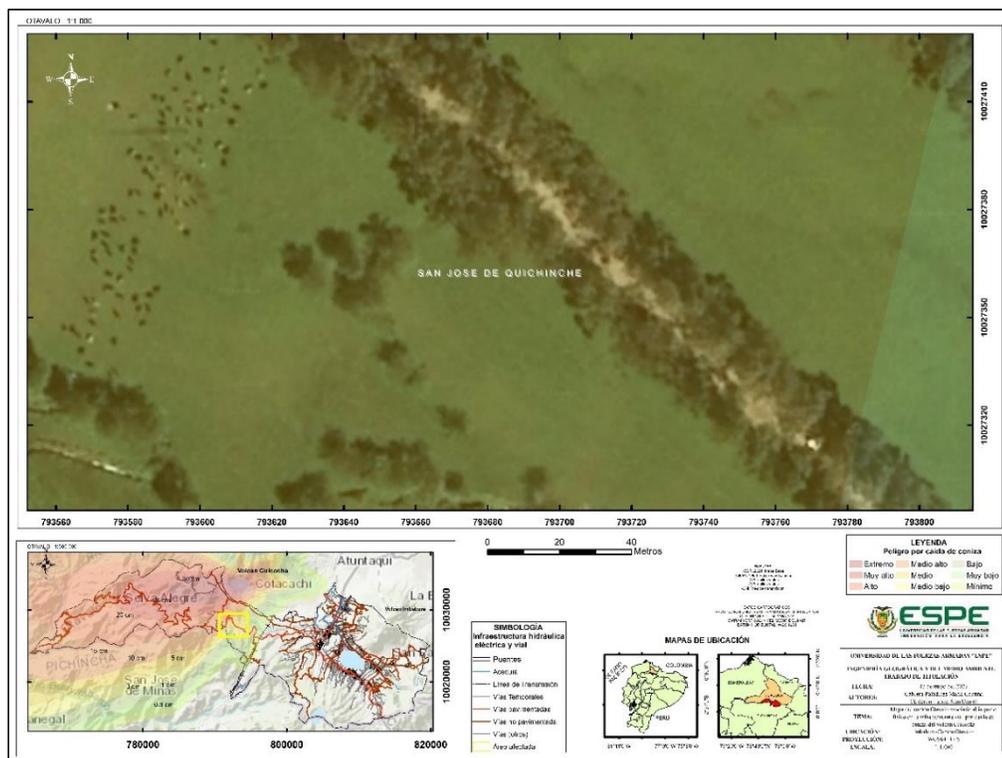
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica y vial por caída de ceniza de 25 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 72 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza del volcán Cuicocha a escala 1:1.000, muestra parte de la infraestructura vial afectada por 10 cm de ceniza la vía pavimentada Tangalí representando un peligro medio bajo en la parroquia de San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 72**

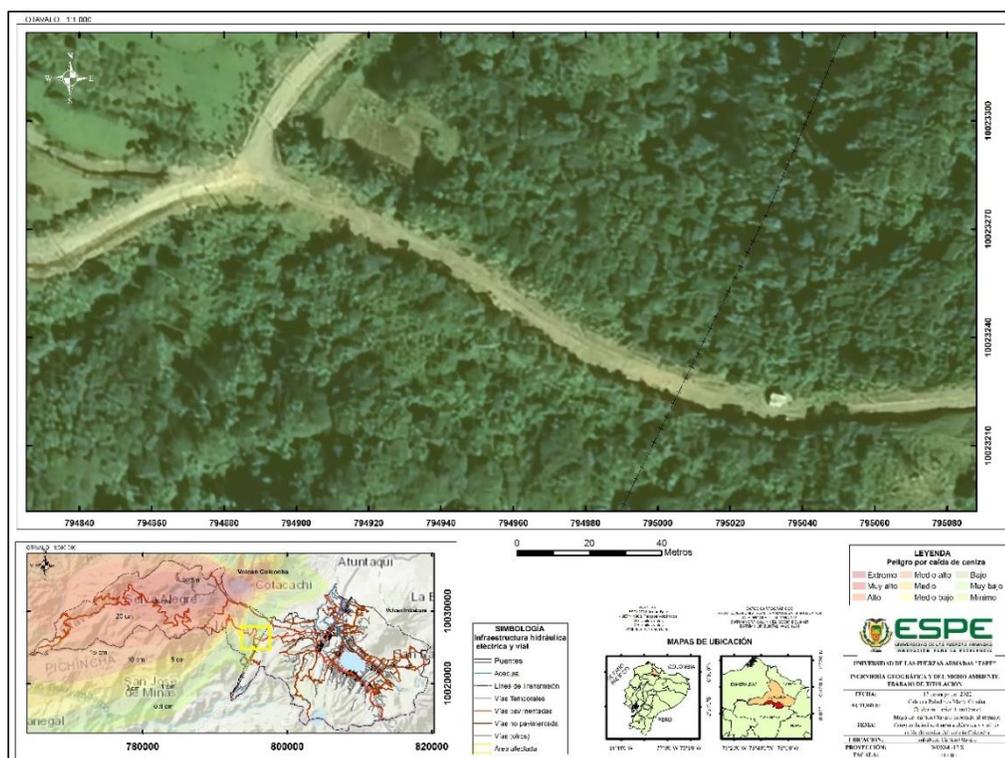
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura vial por caída de ceniza de 10 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 73 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza del volcán Cuicocha a escala 1:1.000, muestra parte de la infraestructura eléctrica y vial afectada por 0.8 cm de ceniza en este caso la línea de transmisión eléctrica y la vía no pavimentada presentando un peligro bajo en la parroquia San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra en el sureste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 73**

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura eléctrica y vial por caída de ceniza de 0,8 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



Como resultado del análisis de estos mapas, de acuerdo a infraestructura eléctrica (línea de trasmisión) 5,56 km se verían afectados por un espesor de 0,8 cm por caída de ceniza del volcán Cuicocha.

De acuerdo a infraestructura vial 35,97 km de vías temporales se verían afectados por caída de ceniza del volcán Cuicocha. En relación a vías pavimentadas 12,98 km se verían afectados por caída de ceniza. En relación a vías no pavimentadas (adoquinadas) 85,25 km se verían afectados por caída de ceniza del volcán Cuicocha, para finalizar la infraestructura de puentes estaría comprometida 0,04 kilómetros.

Todo lo descrito se encuentra en la tabla 10, donde se resume los elementos de infraestructura eléctrica y vial afectada del cantón por caída de ceniza volcán Cuicocha.

**Tabla 10**

*Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha*

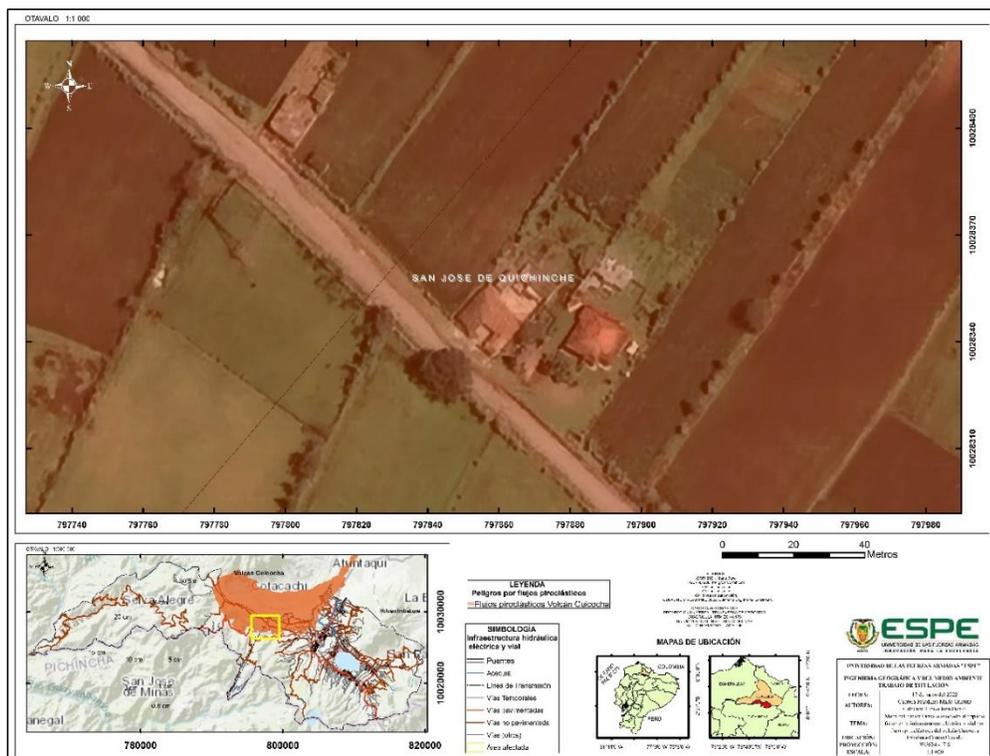
<b>Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</b>						
<b>Espesores de ceniza</b>	<b>Línea de transmisión eléctrica (km)</b>	<b>Puentes (km)</b>	<b>Vías temporales (km)</b>	<b>Vías pavimentadas (km)</b>	<b>Vías no pavimentadas (km)</b>	<b>Total (km)</b>
30 cm	0,00	0,00	12,12	0,00	1,56	13,68
25 cm	0,00	0,00	6,50	0,00	31,56	38,06
20 cm	0,00	0,04	8,92	0,10	35,74	44,80
15 cm	0,00	0,00	3,67	3,98	9,41	17,06
10 cm	0,00	0,00	0,00	3,71	0,00	3,71
5 cm	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,002
3 cm	0,00	0,05	0,00	2,68	0,00	2,73
1 cm	0,00	0,00	4,28	1,89	2,33	8,50
0,8 cm	5,56	0,00	0,48	0,62	4,65	11,16
<b>Total</b>	<b>5,56</b>	<b>0,11</b>	<b>35,97</b>	<b>12,98</b>	<b>85,25</b>	<b>139,87</b>

Conforme a la determinación del impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, se vería afectado toda la parte norte de la parroquia de San José de Quichinche, se vería afectado la parte noroeste de San Juan de Ilumán y noroeste de la cabecera cantonal de Otavalo.

La figura 74 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, resalta parte de la infraestructura eléctrica y vial, en caso de una erupción se vería afectada línea de transmisión que se ubica San José de Quichinche y también la vía no pavimentada que cruza esta parroquia; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el noreste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 74**

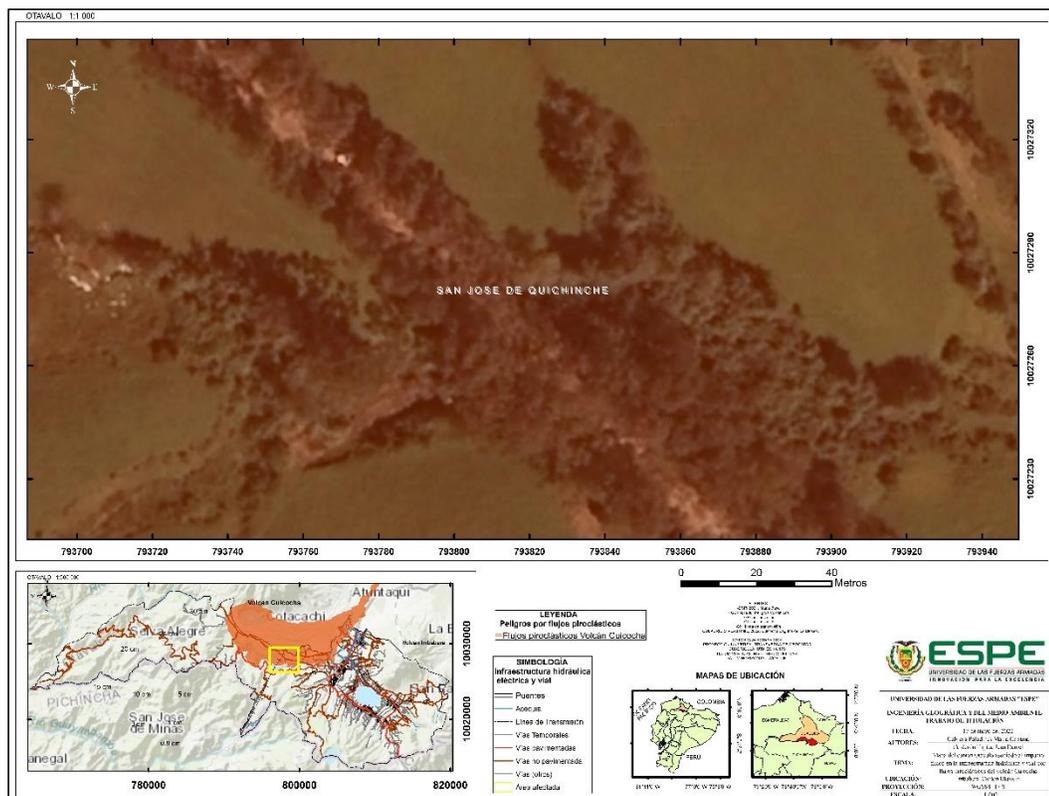
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura eléctrica y vial de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 75 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, resalta infraestructura vial e hidráulica, se observa dos puentes que se vería afectados por las quebradas Apangora y Puruhanta y la vía pavimentada Tangalí, en San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el noreste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 75**

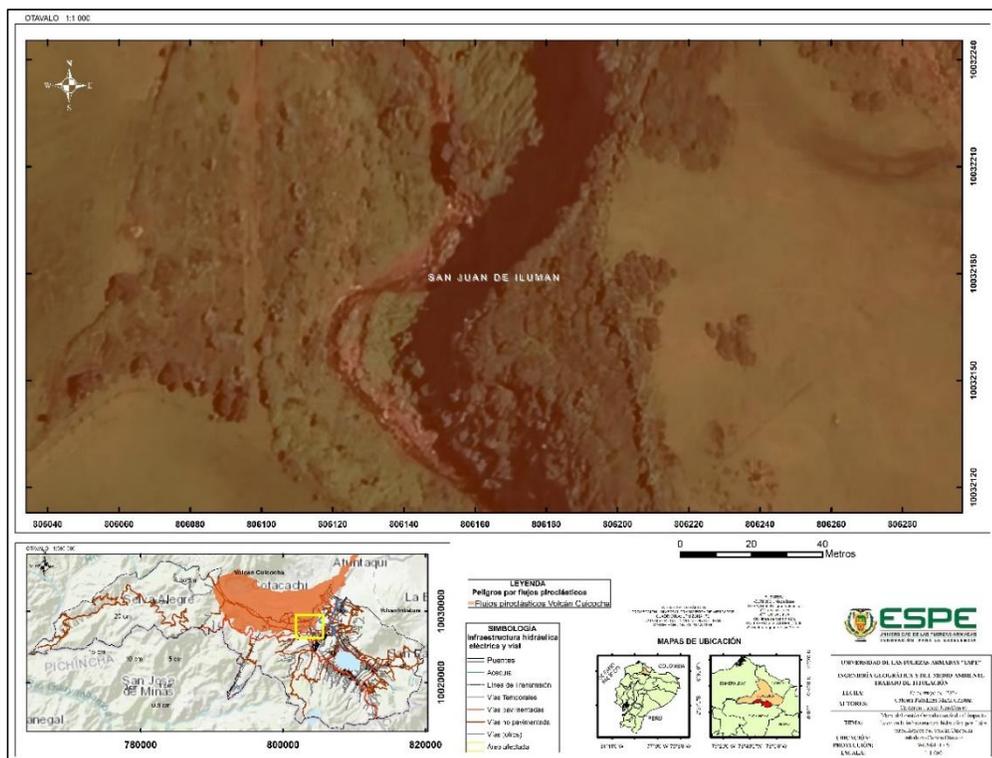
Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica y vial de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000



La figura 76 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, muestra infraestructura hidráulica como acequias (canales de hormigón) que abastece de agua a las zonas de cultivos de San Juan de Ilumán, se observa una acequia rodeada de vegetación; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 76**

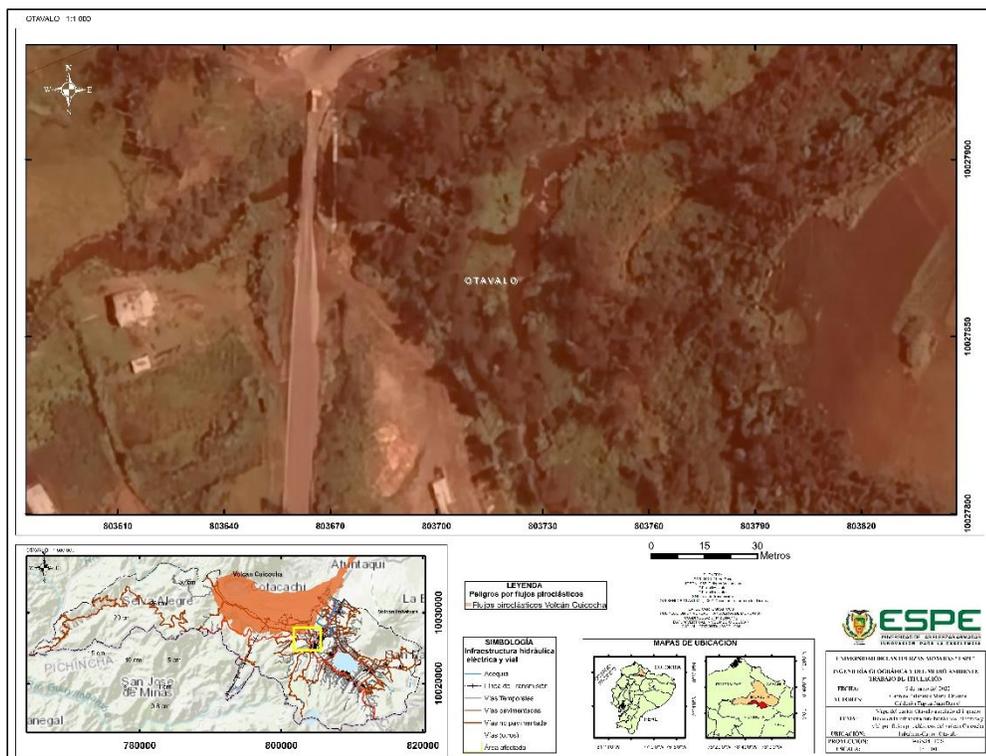
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica de la parroquia San Juan de Ilumán por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



El último mapa correspondiente a los daños por flujos piroclásticos de la cabecera cantonal del cantón Otavalo en la figura 77 a escala 1:1.000, muestra infraestructura hidráulica y vial en la que se puede observar una acequia y un puente que atraviesa por el Río Ambi en la vía no pavimentada Tupilgacho; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el noroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 77**

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica y vial de la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La tabla 11 muestra los resultados de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha los cuales son 6,39 km de acequias, 15,92 km de vías temporales, 3,99 km de vías pavimentadas, 24,77 km de vías no pavimentadas y 0,15 km de puentes; un total de 51,22 kilómetros se verían afectados por este peligro volcánico.

**Tabla 11**

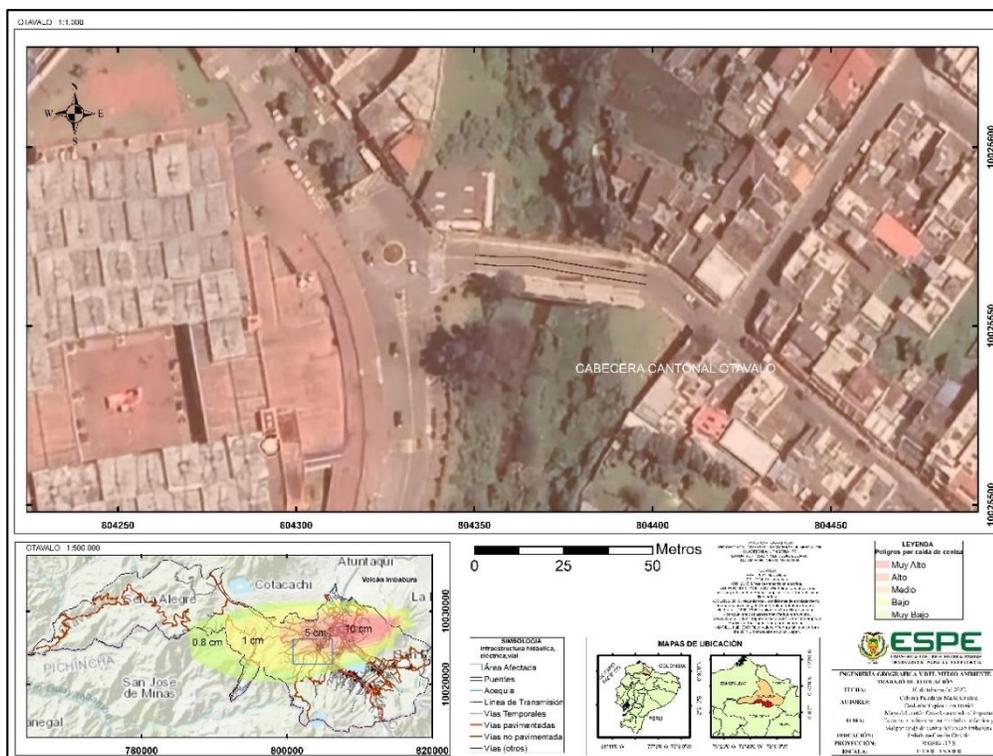
*Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha*

<b>Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</b>	<b>km</b>
Acequia	6,39
Vías Temporales	15,92
Vías Pavimentadas	3,99
Vías No Pavimentadas	24,77
Puentes	0,15
<b>Total</b>	<b>51,22</b>

El mapa que corresponde a la figura 78 a escala 1:1.000 presenta la infraestructura vial pavimentada como la calle Miguel Egas, la calle Morales donde se une el puente La Banda sobre el río Machingara, las vías Luis Cisneros y Pedro Pérez que conforman el redondel del mercado municipal 24 de Mayo, esta infraestructura vial se encuentra ubicada en el suroriente del centro poblado de la ciudad de Otavalo y se vería afectada por ceniza de 5 cm de espesor representado por un color rojo claro y que corresponde a un peligro alto en el caso del volcán Imbabura

### **Figura 78**

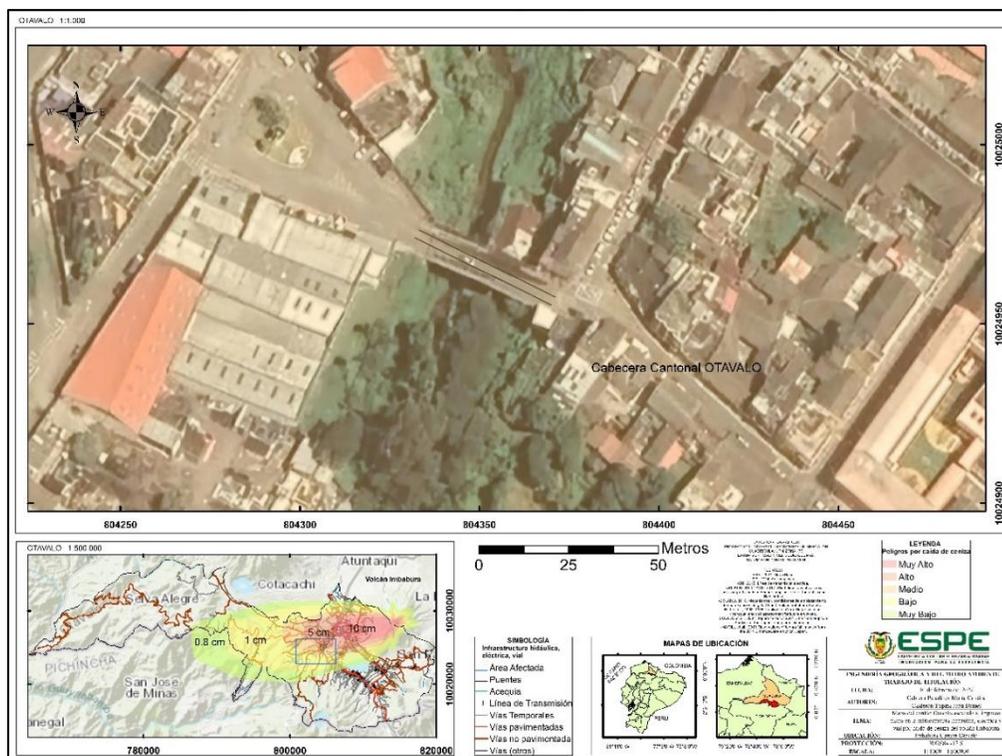
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza de 5 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000*



Infraestructura vial pavimentada como la calle Piedrahita donde se une un segundo puente sobre el río Machingara, la calle Modesto Jaramillo, la vía Mariano Suarez que conforma el redondel del Divino Niño y la vía Agustín Herrera ubicadas en la parte sur oriental de la cabecera cantonal, se verían afectadas por ceniza de 3 cm de espesor representado por un color anaranjado claro y que corresponde a un peligro medio en el caso de caída de ceniza del volcán Imbabura, en la figura 79 a escala 1:1.000 se presenta lo descrito anteriormente.

### Figura 79

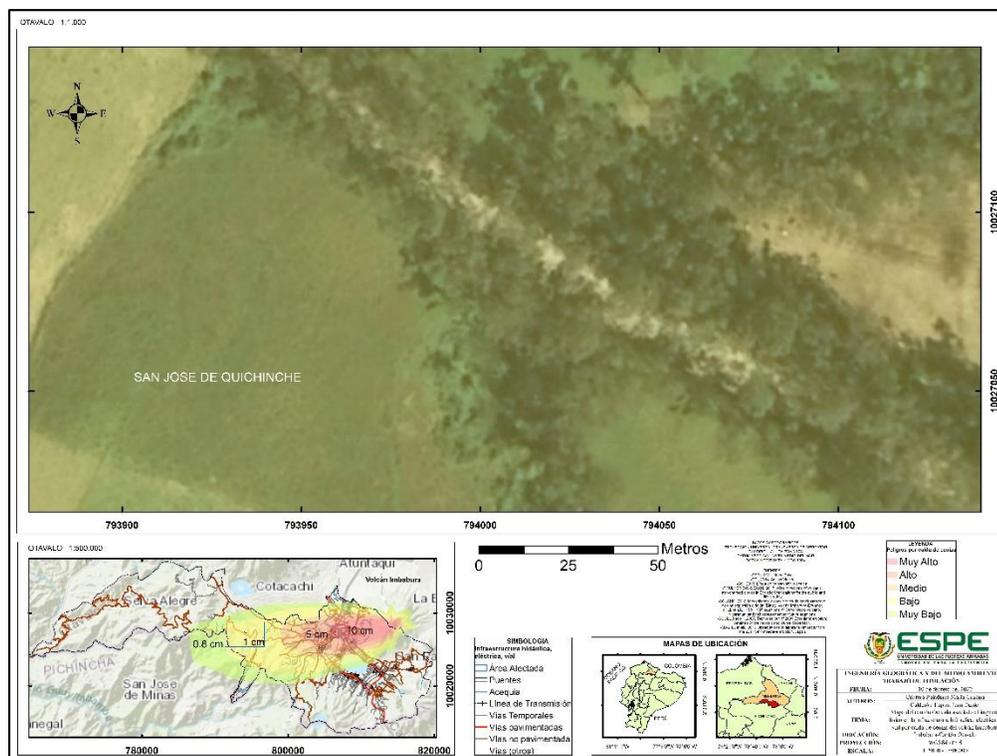
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000*



La caída de ceniza de 1 cm de espesor afectaría infraestructura hidráulica, eléctrica y vial ubicada al suroccidente de la ciudad de Otavalo debido a la dirección de los vientos, por lo que en la figura 80 a escala 1:1.000 se puede observar que la vía principal Selva alegre que conecta a las parroquias de San José de Quichinche - Otavalo y el puente de la quebrada Puruhanta cubierta por abundante vegetación que permite el paso vehicular a las haciendas El Paraíso y Bukospamba en la parroquia de Quichinche, se encuentran dentro del rango de ceniza de 1 cm de espesor representado por un color amarillo claro y que corresponde a un peligro bajo por caída de ceniza del volcán Imbabura.

### Figura 80

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza de 1 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000*



Como resultado del análisis de estos mapas, de acuerdo a infraestructura hidráulica 27,00 km de acequias y en relación a infraestructura eléctrica (línea de transmisión) 9,47 km se verían afectados por caída de ceniza del volcán Imbabura.

Con respecto a infraestructura vial, 125,77 km de vías temporales, 43,86 km de vías pavimentadas, 95,82 km de vías no pavimentadas (adoquinadas), 66,80 vías de otro tipo y 0,49 km de puentes se verían afectados por caída de ceniza del volcán Imbabura.

Todo lo descrito se encuentra en la tabla 12, donde se resume los elementos de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada del cantón por caída de ceniza volcán Imbabura.

**Tabla 12**

*Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura*

Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial	km afectados por espesores de ceniza					Total km
	10 cm km	5 cm km	3 cm km	1 cm km	0,8 cm km	
Acequia	8,05	8,41	3,09	5,13	2,31	27,00
Línea de Transmisión Eléctrica	0,00	0,00	0,00	7,02	2,45	9,47
Vías Temporales	5,53	25,07	21,55	41,72	31,91	125,77
Vías Pavimentadas	1,63	8,39	7,64	18,07	8,14	43,86
Vías No Pavimentadas (Adoquinadas)	10,44	14,34	22,07	35,58	13,39	95,82
Vías (otros)	6,35	33,68	18,32	7,91	0,54	66,80
Puentes	0,00	0,22	0,20	0,07	0,00	0,49
<b>Total</b>	<b>32,00</b>	<b>90,11</b>	<b>72,86</b>	<b>115,49</b>	<b>58,74</b>	<b>369,21</b>

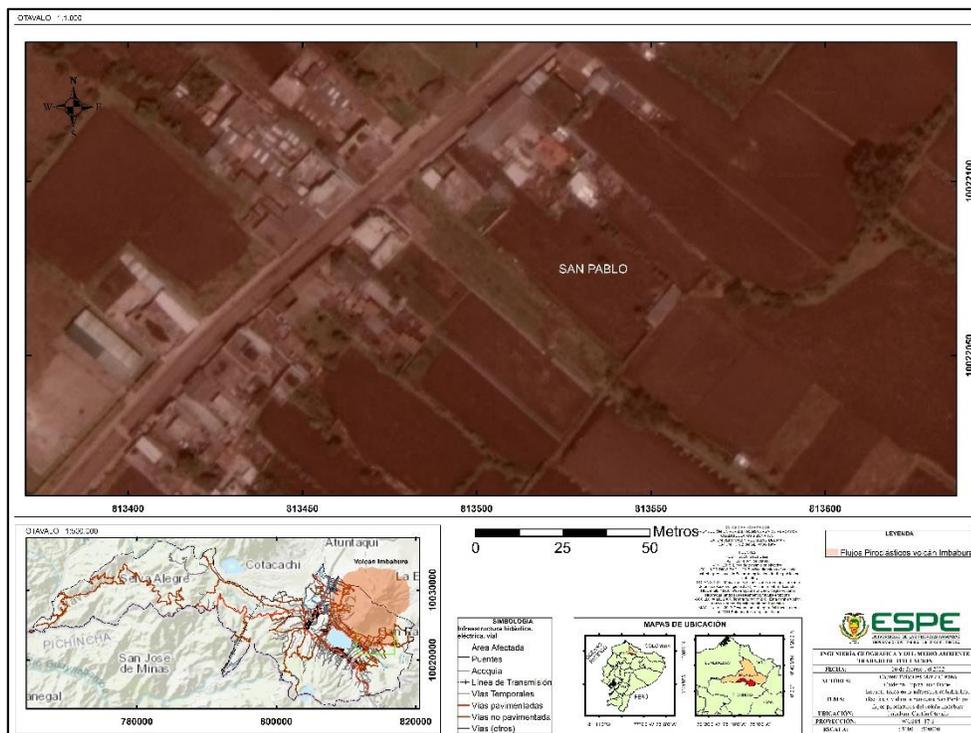
De acuerdo a la determinación del impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujos piroclásticos del volcán Imbabura, el norte de las parroquias rurales asentadas en las faldas del volcán como Ilumán, Peguche, el norte de la zona rural de la cabecera cantonal y San Pablo se verían afectadas.

En la figura 81 a escala 1:1.000 se resalta infraestructura vial pavimentada como la vía transversal Rumiñahui, la vía longitudinal Peguche ubicado en el sector de Quinchuquí, calles como Indi, Pasto Ñan, Imbabura, entre otras pertenecientes a la parroquia Doctor Miguel Egas Cabezas que se verían desbastadas por los flujos piroclásticos del volcán Imbabura que está representado con un color rojo oscuro intenso.



**Figura 82**

Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial de la parroquia San Pablo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:1.000



Según los resultados de infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada por flujos piroclásticos del volcán Imbabura 2,06 km de acequias, 77,77 km de vías temporales, 7,25 km de vías pavimentadas, 61,90 km de vías no pavimentadas y 23,48 km de vías (otros) se verían afectados por este peligro volcánico. En la Tabla 13 se presenta los resultados.

**Tabla 13**

*Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial afectada en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura*

<b>Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</b>	<b>km</b>
Acequia	2,06
Vías Temporales	77,77
Vías Pavimentadas	7,25
Vías No Pavimentadas	61,90
Vías (otros)	23,48
<b>Total</b>	<b>172,46</b>

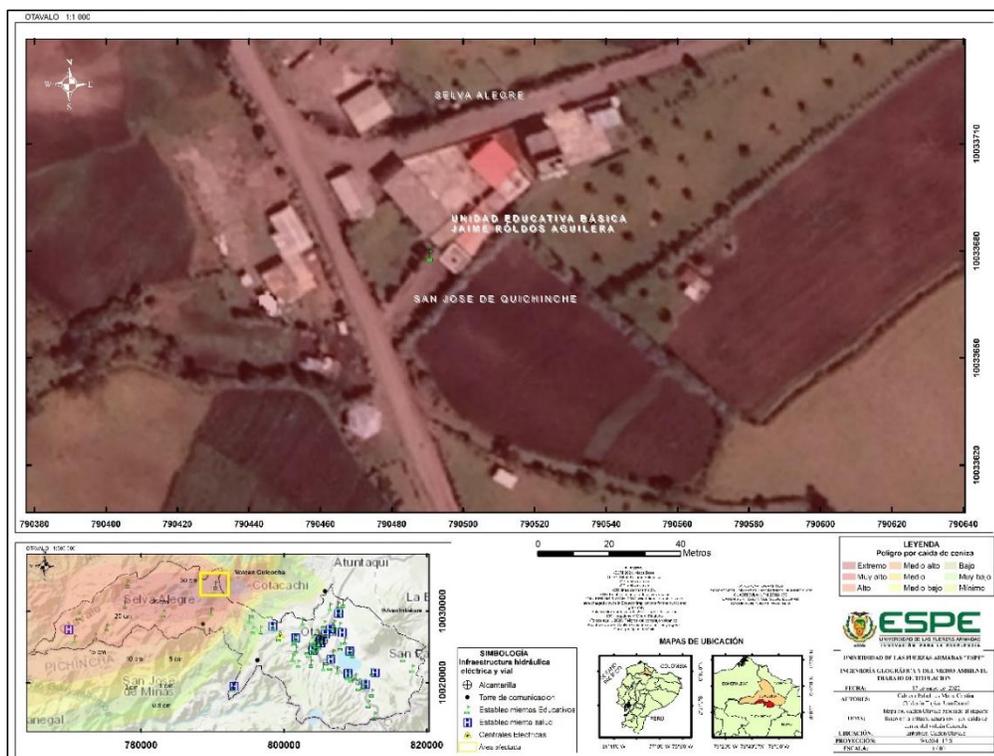
### ***Determinación del impacto físico en infraestructura civil***

Se presenta a continuación los mapas temáticos del impacto físico en infraestructura civil del cantón, donde se evidencia los lugares más trascendentes a la destrucción por la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

La figura 83 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, muestra la Escuela de Educación Básica Jaime Roldós Aguilera ubicada en la parroquia San José de Quichinche, la cual es afectada por un espesor de 30 cm de ceniza que corresponde a un peligro extremo; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el noreste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### **Figura 83**

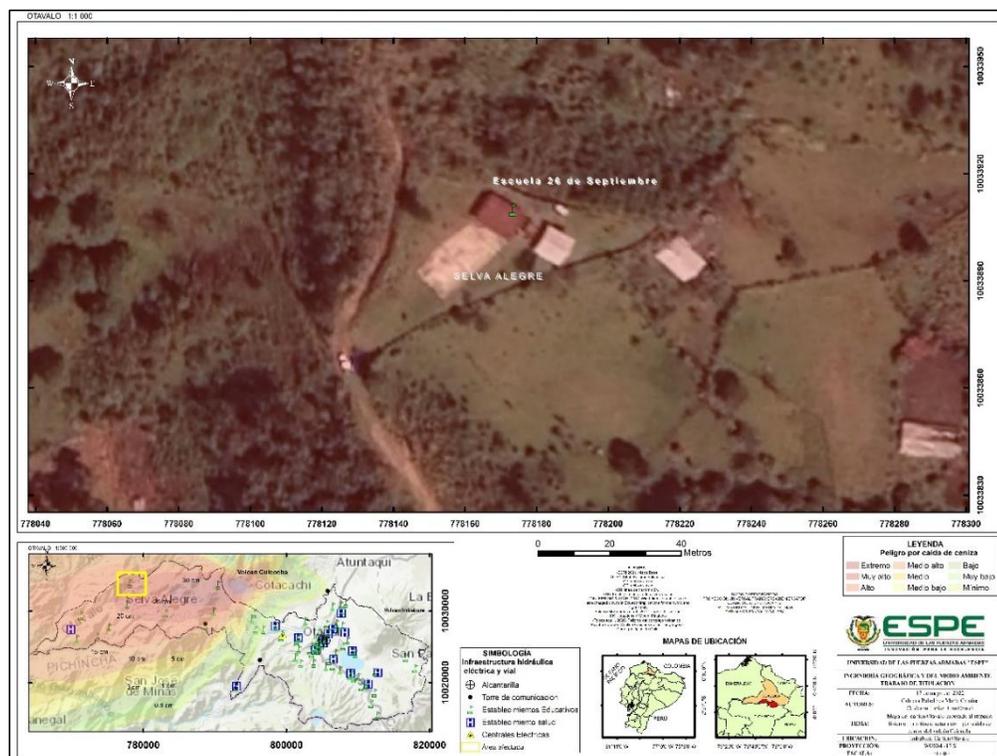
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 30 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 84 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, se observa a la Escuela 26 de septiembre ubicada en la parroquia Selva Alegre, la cual es afectada por un espesor de 25 cm de ceniza que corresponde a un peligro muy alto; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 84

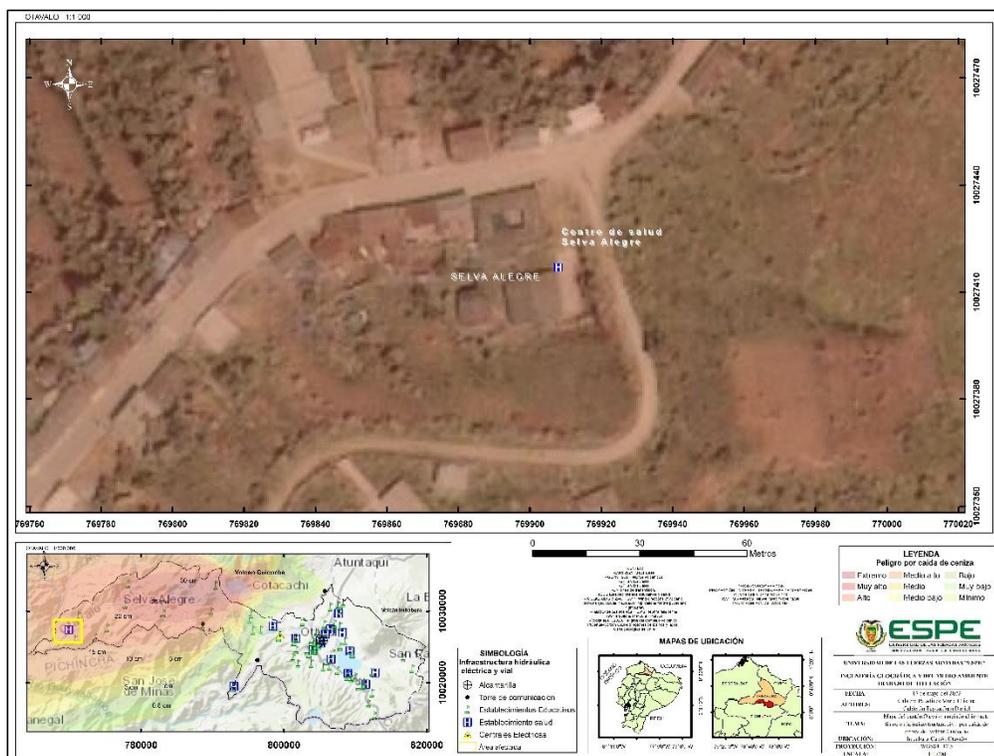
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 25 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 85 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, se puede observar el centro de salud de Selva Alegre el cual presentaría por su ubicación un peligro alto por el espesor de 20 cm de ceniza; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 85

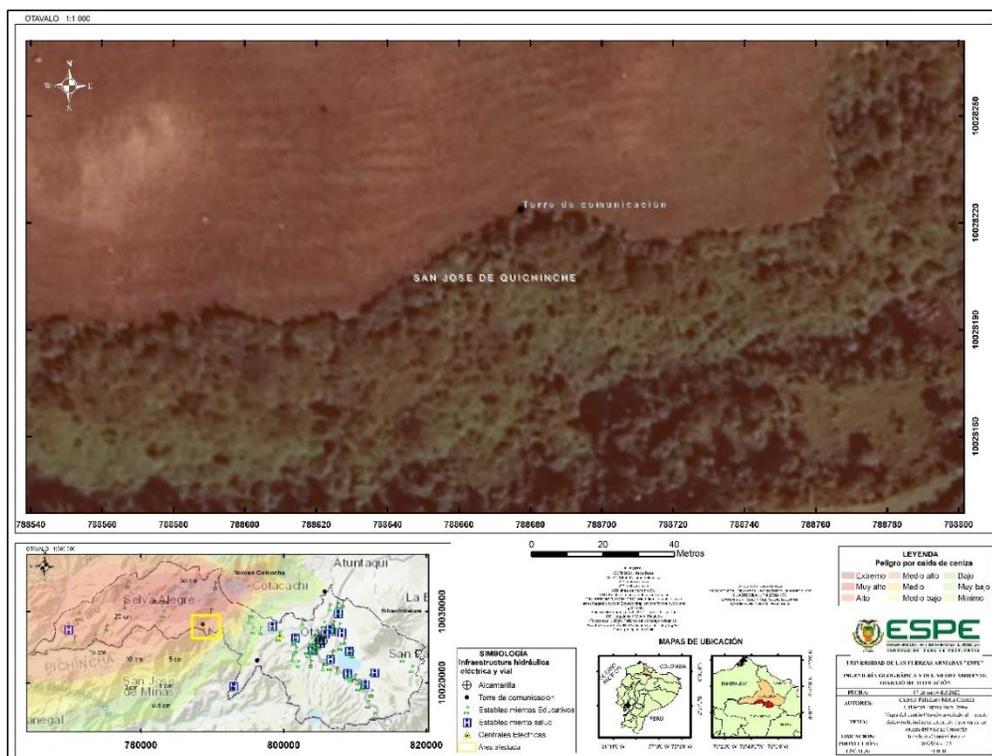
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 86 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, muestra en el mapa un peligro alto por la afectación de 20 cm de ceniza a una torre de comunicación ubicada en la parroquia San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 86

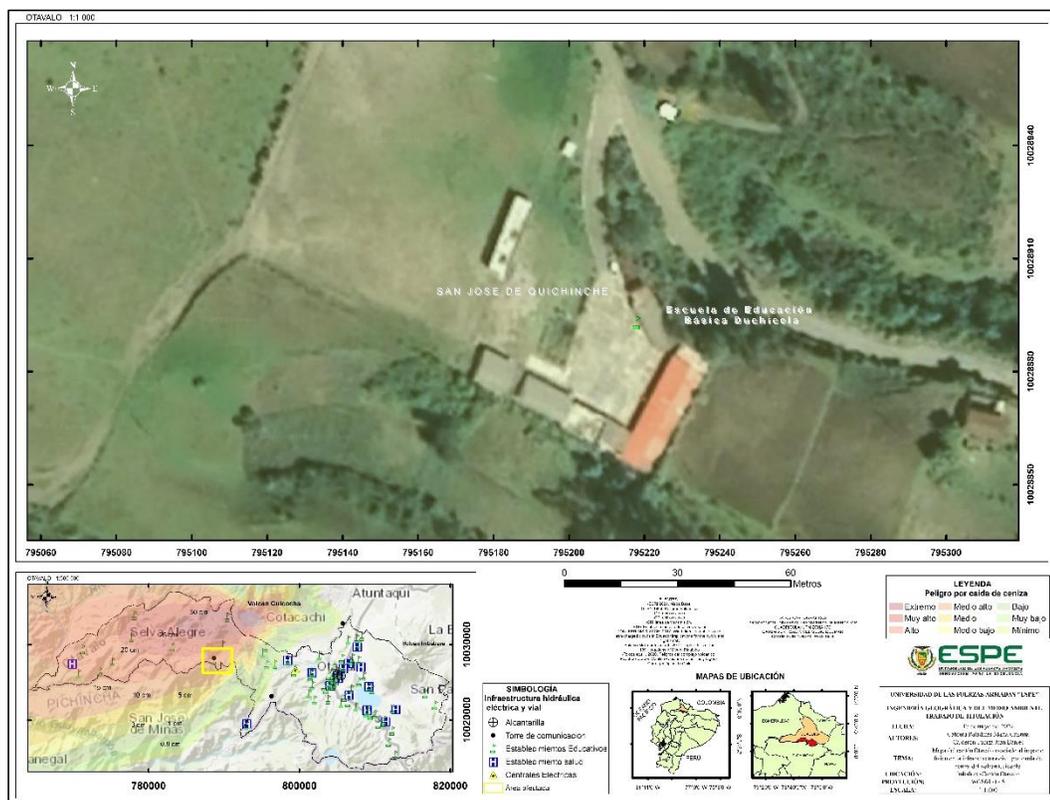
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 87 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, muestra un peligro bajo por la caída de ceniza de 3 cm de espesor a la Escuela de Educación Básica Duchicela ubicada en la parroquia San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra en el suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 87

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil de la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



En la tabla 14 se muestra el resultado del análisis de estos mapas se determinó que: 1 establecimiento de salud, 11 establecimientos educativos y una torre de comunicación se verían afectados por caída de ceniza del volcán Cuicocha.

**Tabla 14**

*Infraestructura civil afectada en el cantón Otavalo por la caída de ceniza del volcán Cuicocha*

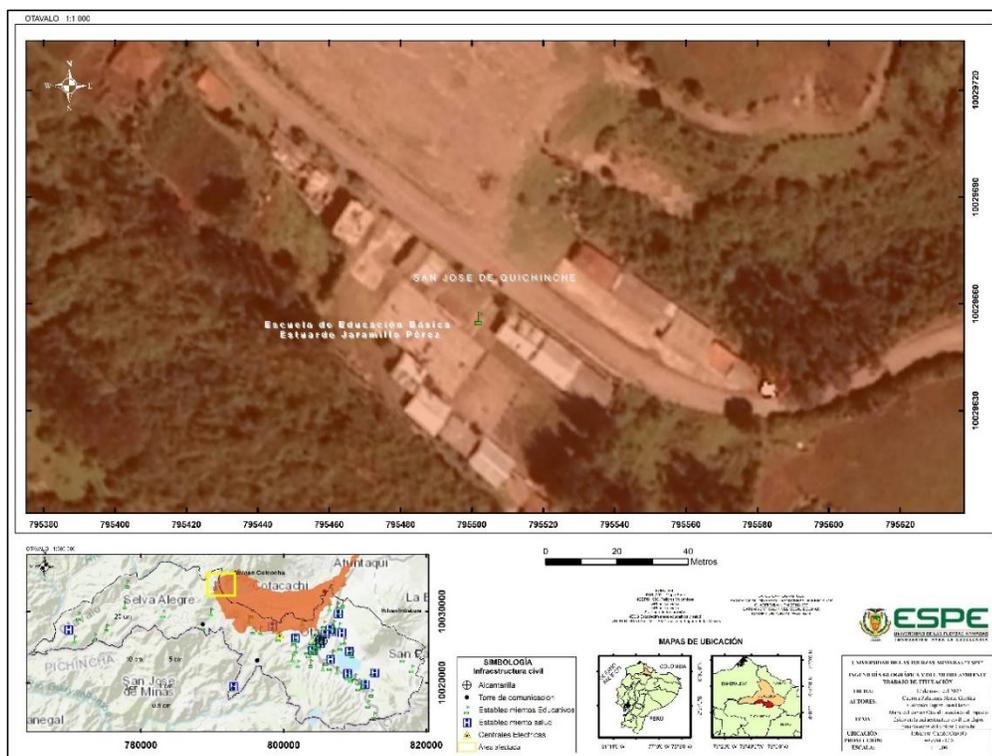
Espesores de ceniza	No. De Infraestructura civil afectada por espesores de ceniza		
	Establecimientos de Salud	Establecimientos Educativos	Torres de comunicación
30 cm	0	1	0
25 cm	0	4	0
20 cm	1	5	1
15 cm	0	0	0
10 cm	0	0	0
5 cm	0	0	0

3 cm	0	1	0
1 cm	0	0	0
0,8 cm	0	0	0
<b>Total</b>	1	11	1

La figura 88 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, muestra la afectación por flujos piroclásticos a la Escuela de Educación Básica Estuardo Jaramillo Pérez ubicada en la parroquia San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra en el noroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### **Figura 88**

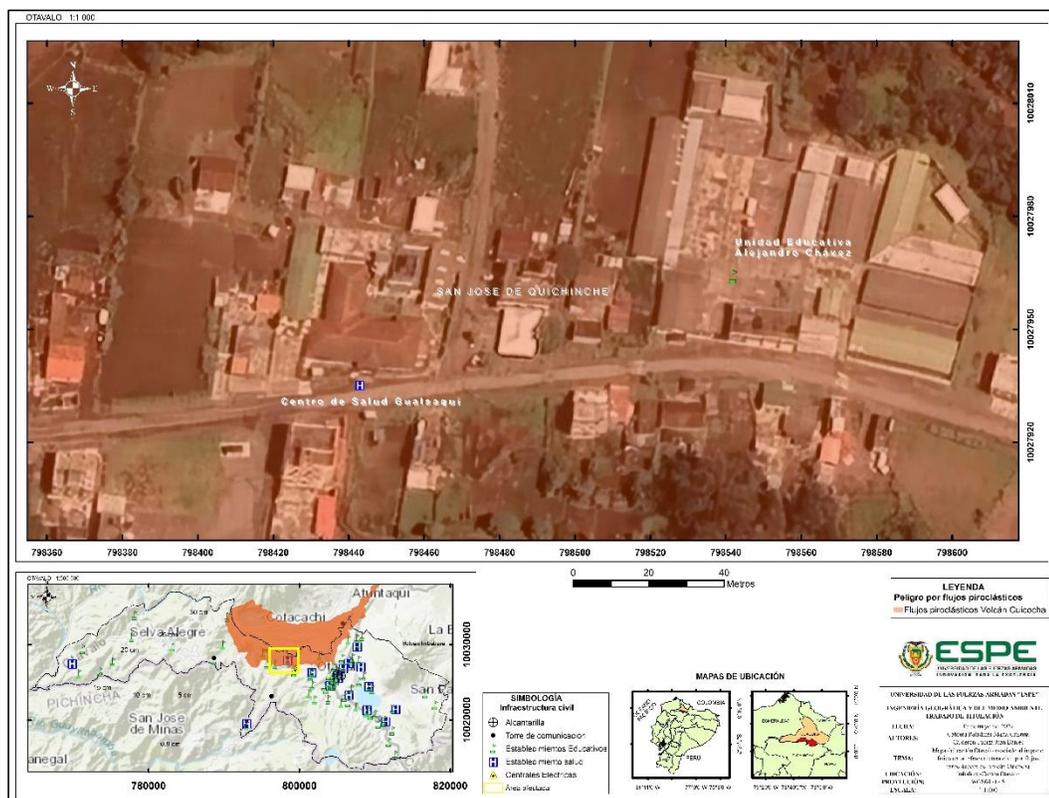
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil (escuela) de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 89 que corresponde a un mapa a escala 1:1.000, se puede observar la pérdida por flujos piroclásticos del centro de salud de Gualsaquí y la Unidad Educativa Alejandro Chávez ubicados en la parroquia San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el noroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 89

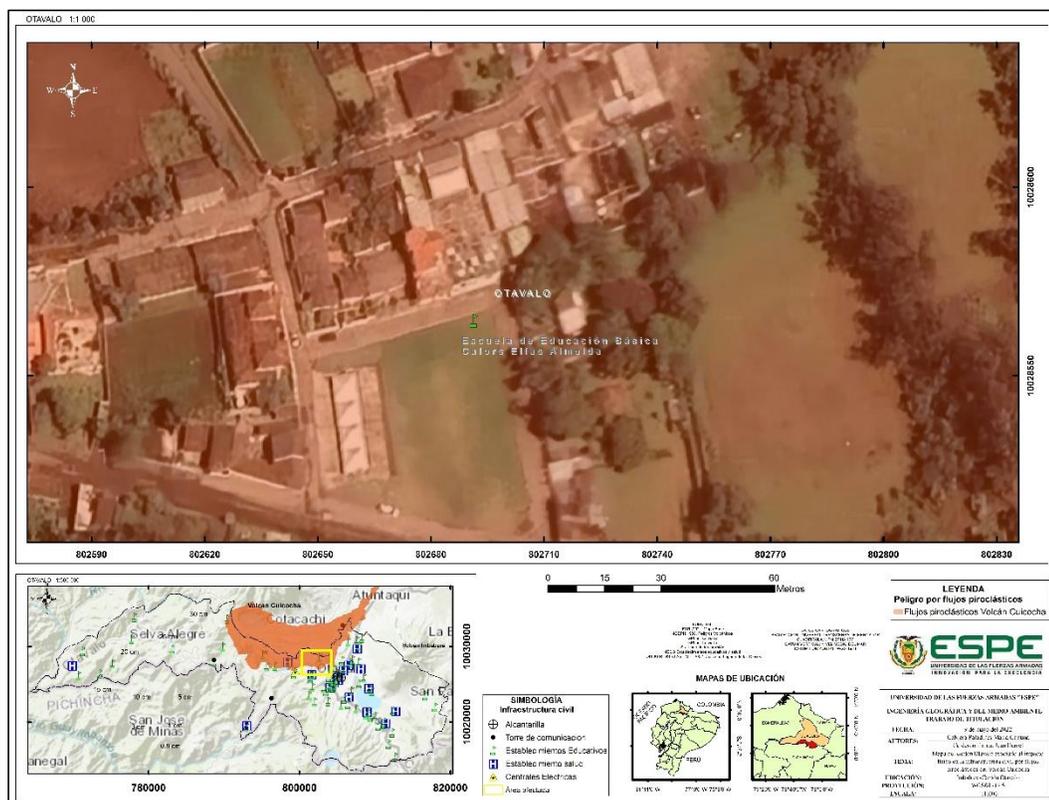
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil (centro de salud y escuela) de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 90 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, se visualiza la afectación por flujos piroclásticos a la Escuela de Educación Básica Calora Elías Almeida ubicada en la cabecera cantonal del cantón Otavalo; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 90

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil (escuela) de la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



En la tabla 15 se describe los resultados del análisis de la infraestructura civil afectada por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha donde se estableció que un establecimiento de salud, cinco establecimientos educativos y una antena de comunicación se verían afectados por este peligro volcánico.

**Tabla 15**

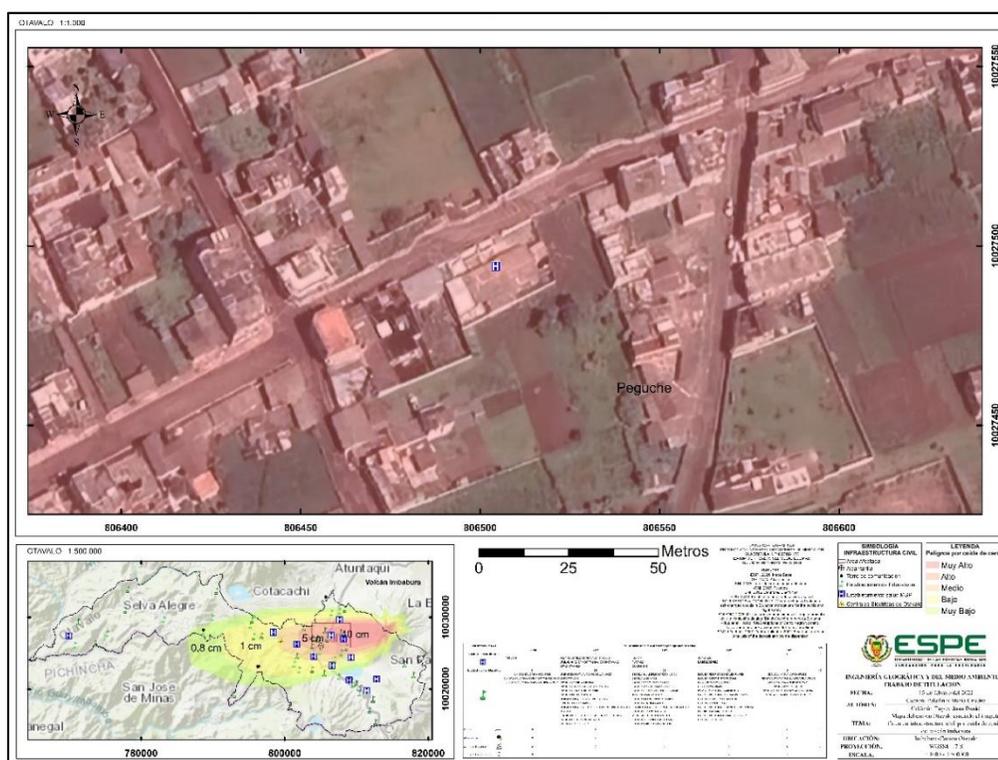
*Infraestructura civil afectada en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha*

Infraestructura Civil	Total
Establecimientos de Salud	1
Establecimientos Educativos	5
Antena de comunicación	1
<b>Total</b>	<b>7</b>

En la figura 91 a escala 1: 1.000 se puede observar infraestructura civil afectada por ceniza de 10 cm de espesor representado con un color rojo oscuro y corresponde a un peligro alto por caída de ceniza del volcán Imbabura, en el cual se resalta el centro de salud - Barrio Central Peguche ubicado entre las vías Los Corazas y Atahualpa en la parroquia Doctor Miguel Egas Cabezas, este centro médico es 1 de los 9 establecimientos de salud que se verían afectados por este peligro volcánico.

### Figura 91

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil por caída de ceniza de 10 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000*

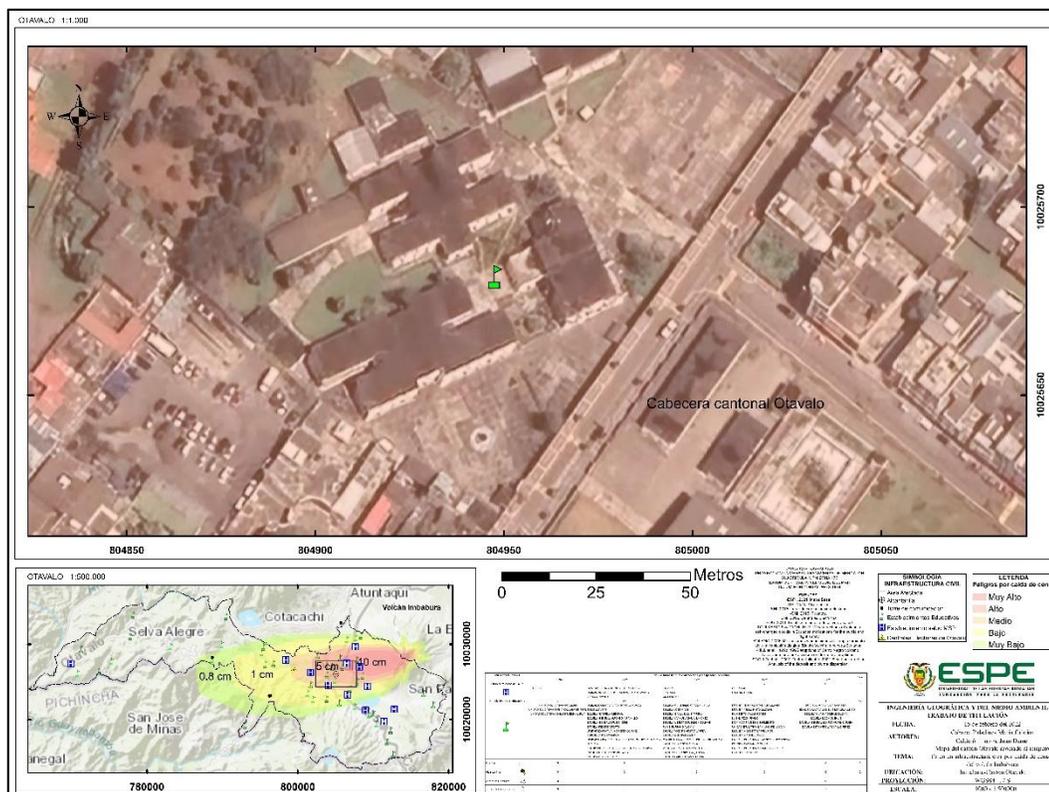


En relación a infraestructura civil, los establecimientos educativos como por ejemplo el Instituto Tecnológico Superior Republica del Ecuador ubicado entre las calles Sucre y Quito en la ciudad de Otavalo, es 1 de los 47 centros educativos que se verían afectados por la caída de ceniza del volcán Imbabura, en específico por ceniza de 5 cm

de espesor que está representado por un color rojo claro, en la figura 92 a escala 1:1.000 se puede observar la afectación a infraestructura civil por caída de ceniza.

### Figura 92

Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto civil por caída de ceniza de 5 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000



En la tabla 16 se muestra el resultado del análisis de estos mapas, se determinó que: 9 establecimientos de salud, 47 establecimientos educativos, 2 alcantarillas, 1 central eléctrica y 3 torres de comunicación se verían afectados afectados por caída de ceniza del volcán Imbabura.

**Tabla 16**

*Infraestructura civil afectada en el cantón Otavalo por la caída de ceniza del volcán Imbabura*

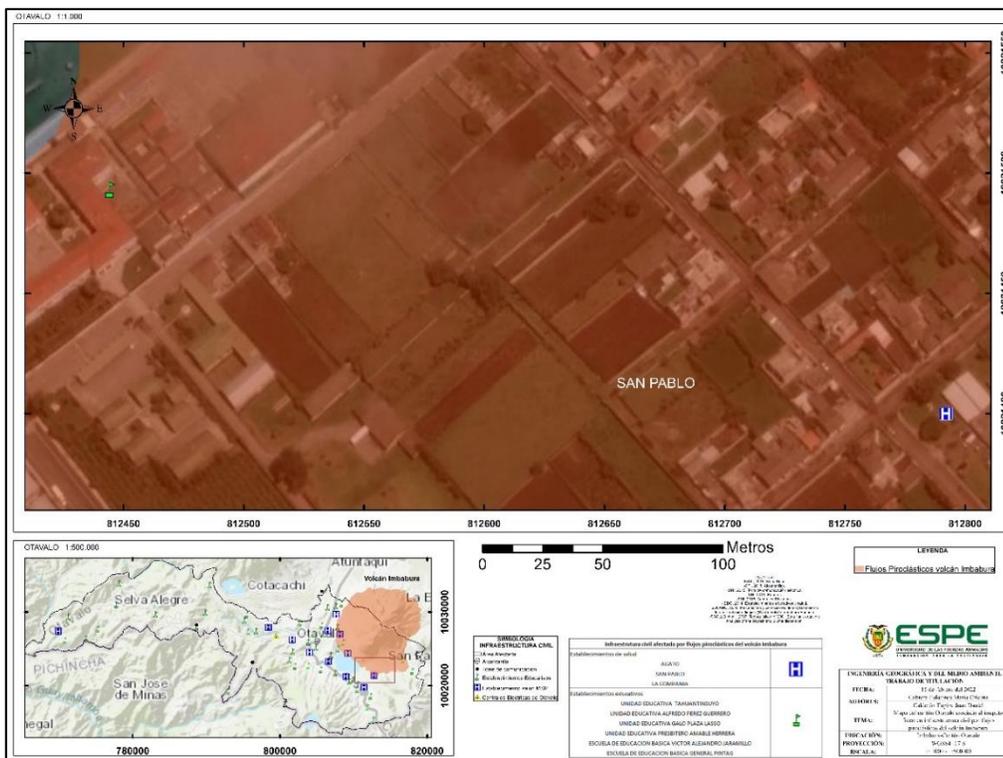
Infraestructura Civil	No. de Infraestructura civil afectada por espesores de ceniza					Total
	10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0,8 cm	
Establecimientos de Salud	1	3	3	2	0	9
Establecimientos Educativos	3	13	13	12	6	47
Alcantarillas	0	2	0	0	0	2
Centrales Eléctricas	0	0	1	0	0	1
Torres de Comunicación	0	0	0	2	1	3

De acuerdo a la determinación del impacto físico en infraestructura civil por flujos piroclásticos del volcán Imbabura, el norte de las parroquias rurales asentadas en las faldas del volcán como Ilumán, Peguche, el norte de la zona rural de la cabecera cantonal y San Pablo se verían afectadas.

En la figura 93 a escala 1:1.000 se resalta en la parroquia San Pablo la unidad educativa Alfredo Pérez ubicada en la intersección de la Avenida Unesco y calle Calderón, es 1 de los 6 establecimientos educativos que se verían afectados por flujos piroclásticos, así mismo se puede apreciar la unidad de salud San Pablo ubicada entre las calles González Suárez e Ibarra, es 1 de los 3 establecimientos de salud que se encuentran en el área de influencia de los flujos piroclásticos del volcán Imbabura representado por un color rojo oscuro intenso.

**Figura 93**

Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial de la parroquia San Pablo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:1.000



Según los resultados de infraestructura civil afectada por flujos piroclásticos del volcán Imbabura 3 establecimientos de salud y 6 establecimientos educativos se verían afectados por este peligro volcánico. En la Tabla 17 se presenta los resultados.

**Tabla 17**

*Infraestructura civil afectada en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura*

Infraestructura Civil	Total
Establecimientos de Salud	3

Establecimientos Educativos	6
<b>Total</b>	<b>9</b>

---

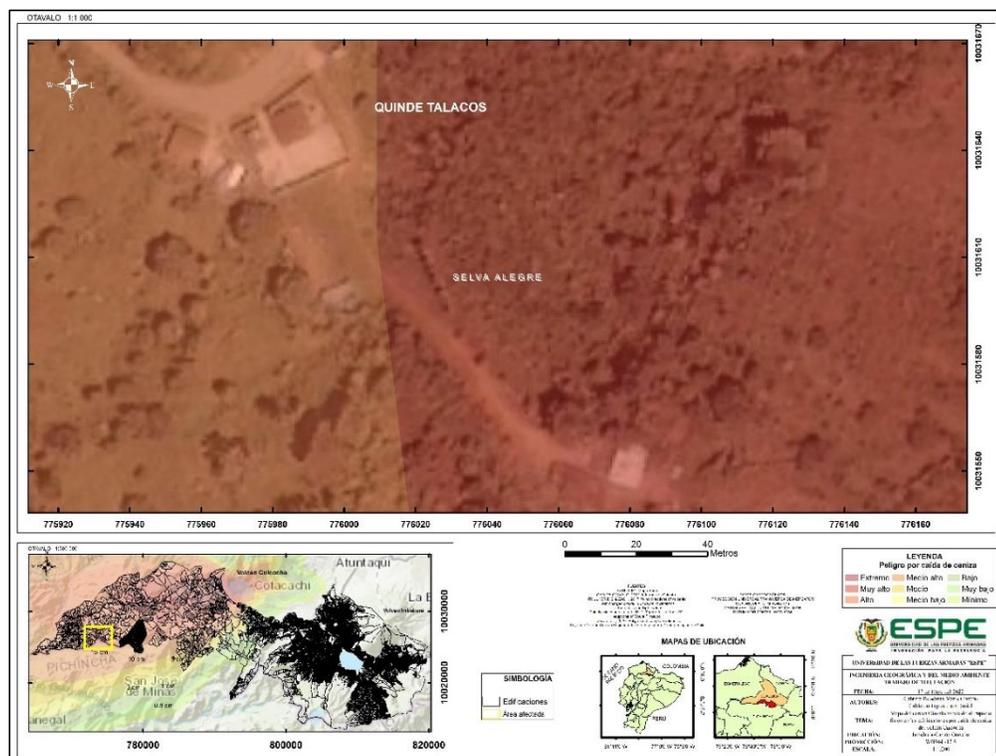
### ***Determinación del impacto físico en edificaciones***

Se obtuvieron los mapas temáticos del cantón Otavalo asociados al impacto físico en edificaciones de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

La figura 94 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, muestra la afectación a la comunidad Quinde Talacos por caída de ceniza de espesores 25 y 20 cm que corresponden a un peligro muy alto y alto respectivamente. Esta comunidad se encuentra en la parroquia de Selva Alegre, al noroeste de Targua y al noroeste de El Quinde km 12; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra al suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### **Figura 94**

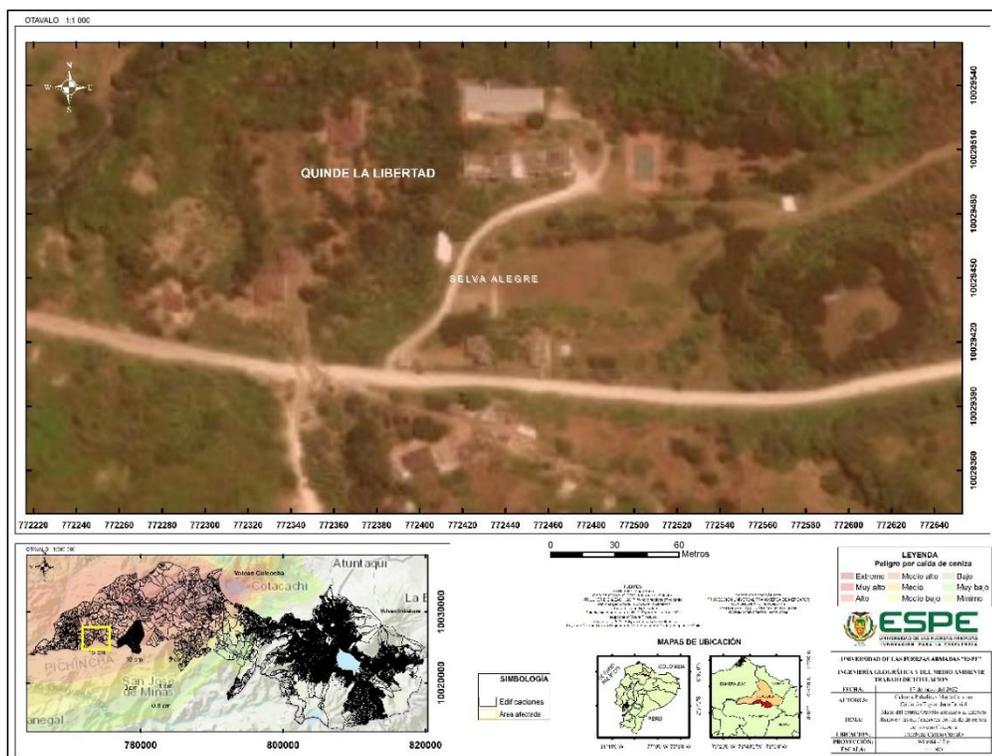
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 25 y 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 95 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, muestra la afectación a la comunidad Quinde La Libertad por caída de ceniza de 20 cm de espesor que corresponden a un peligro alto. Esta comunidad se encuentra igual en la parroquia de Selva Alegre; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra al suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 95

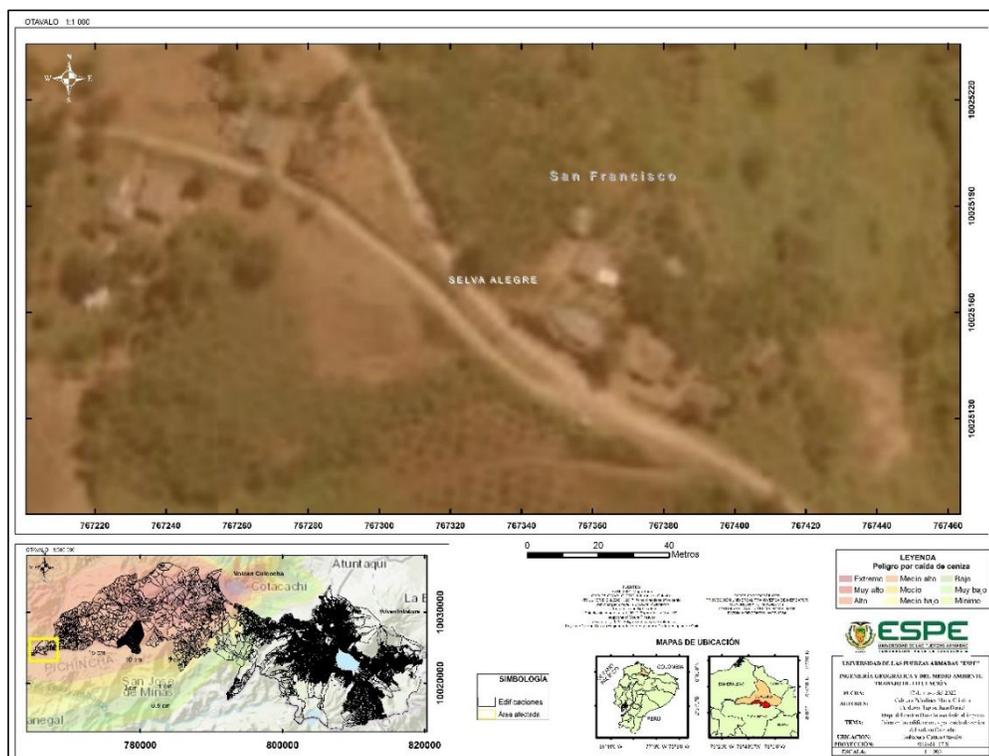
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 96 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, muestra la afectación a la comunidad San Francisco por caída de ceniza de 15 cm de espesor que corresponde a un peligro medio alto. Esta comunidad se encuentra en la parroquia de Selva Alegre; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra al suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 96

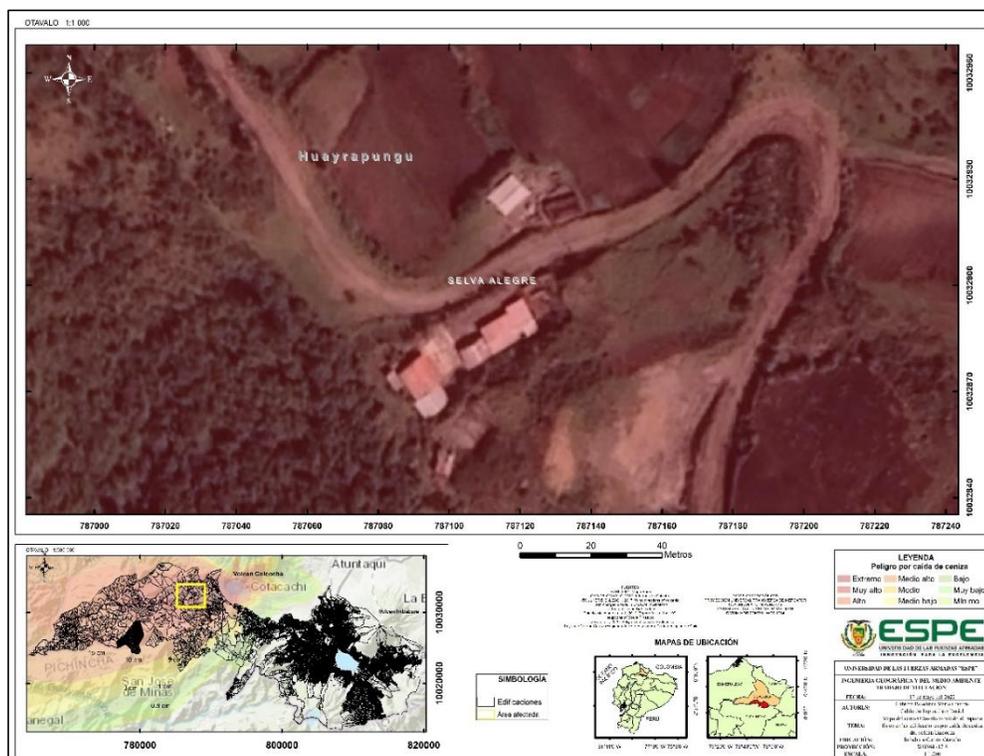
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 15 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 97 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, se puede observar la afectación a la comunidad Huayrapungu con un peligro extremo por caída de ceniza de 30 cm de espesor. Esta comunidad se encuentra al noroeste de la parroquia Selva Alegre; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra al noreste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 97

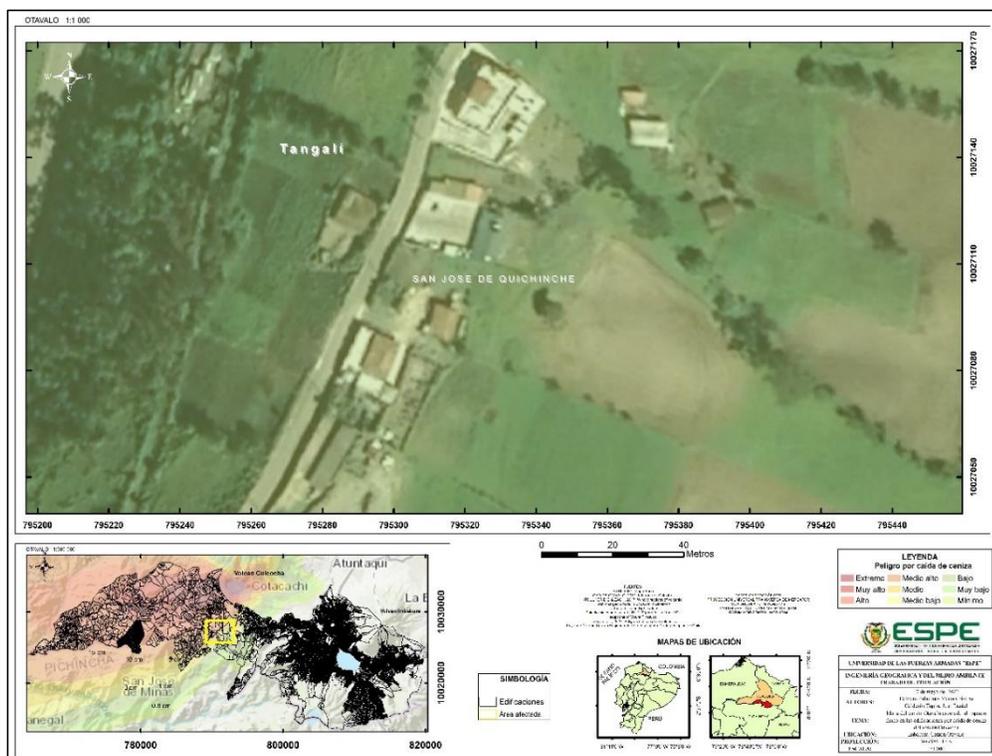
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 30 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 98 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:1.000, muestra la afectación a la comunidad de Tangalí por caída de ceniza de 3 cm de espesor que corresponde a un peligro bajo. Esta comunidad se encuentra en la parroquia de San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que esta vía se encuentra al suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 98

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones en la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:1.000*



De acuerdo a los mapas analizados y a la información catastral facilitada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo y las herramientas geoespaciales se presenta en la tabla 18 las edificaciones afectadas por caída de ceniza del volcán Cuicocha, donde se verían afectados 2.113 edificaciones por caída de ceniza del volcán Cuicocha, se muestra en la tabla los espesores de ceniza y el número de edificaciones afectadas por estos espesores.

**Tabla 18**

*Edificaciones afectadas en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha*

Espesores de ceniza	No. De edificaciones afectadas por espesores de ceniza	
	Edificaciones	
30 cm	187	
25 cm	337	
20 cm	843	
15 cm	351	
10 cm	100	

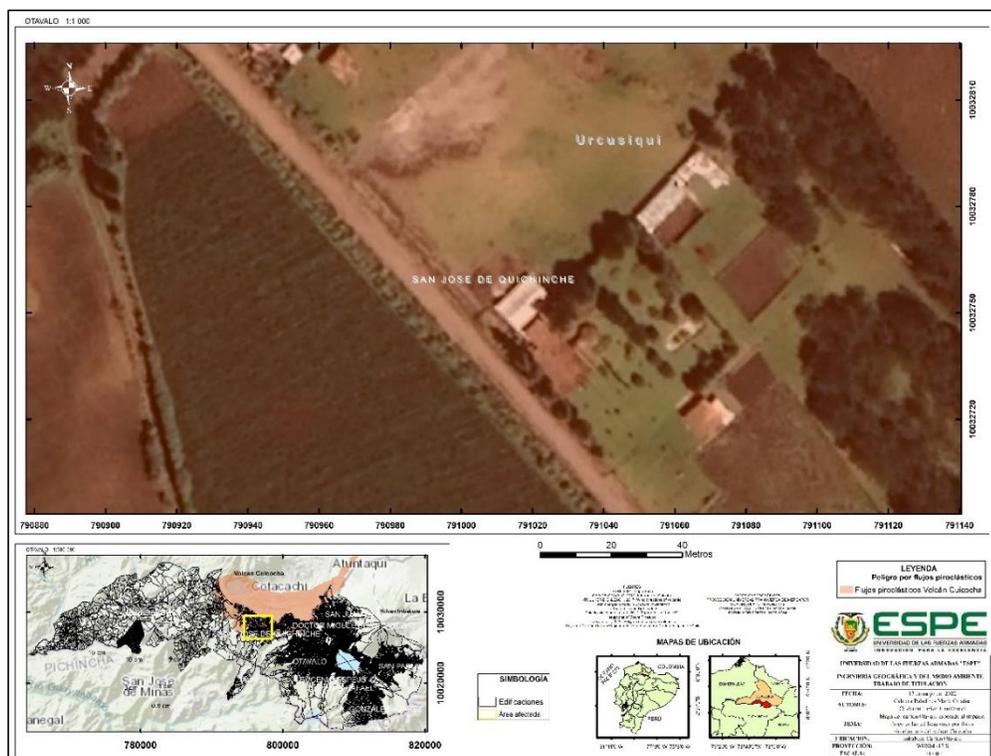
5 cm	23
3 cm	162
1 cm	47
0,8 cm	63
<b>Total</b>	<b>2.113</b>

---

La figura 99 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, resalta la afectación por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a la edificación de San José de Quichinche, donde se encuentra también la comunidad de Urcusiqui; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### **Figura 99**

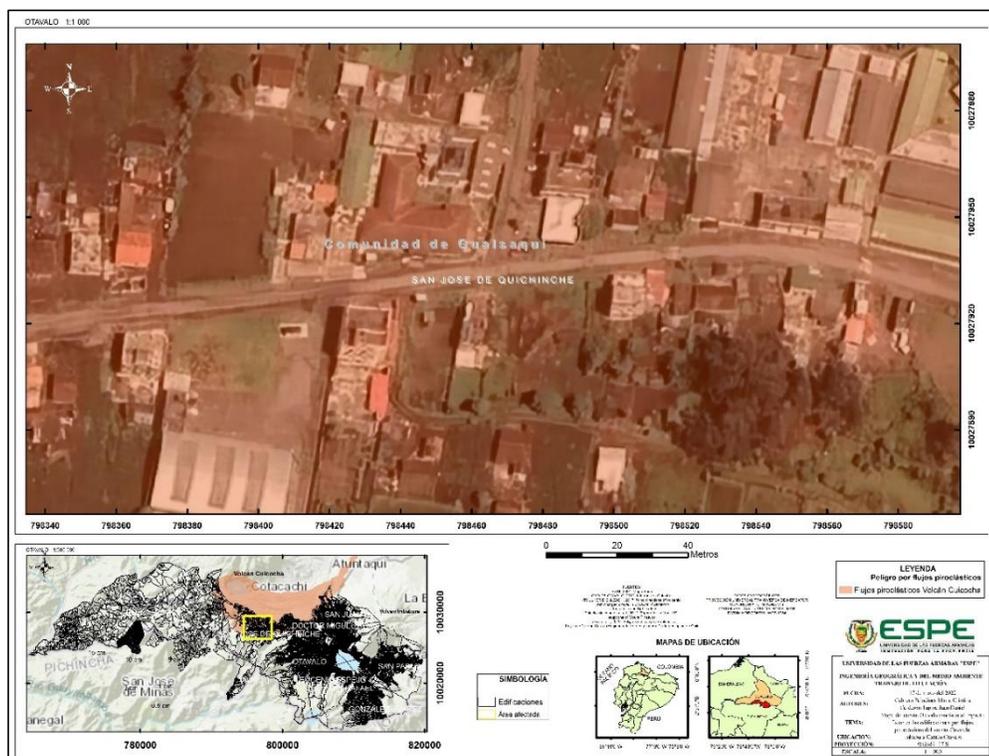
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones (comunidad de Urcusiqui) en la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 100 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, muestra las edificaciones que se vería afectadas por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, y se puede observar a la comunidad de Gualsaquí en la parroquia de San José de Quichinche; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 100

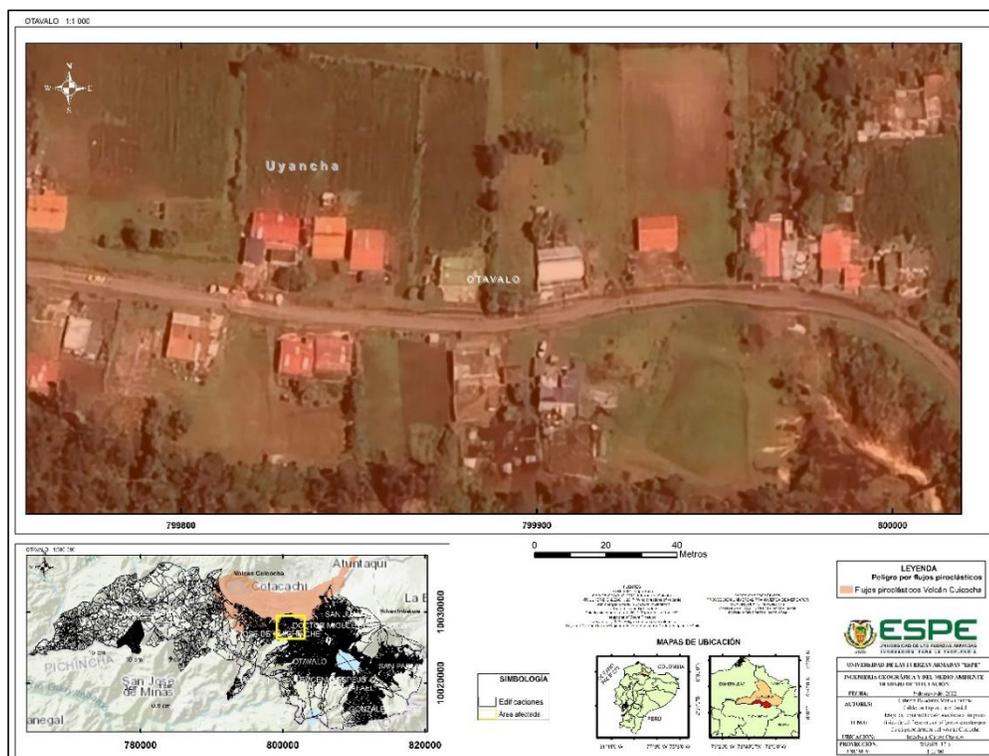
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones (comunidad Gualsaquí) en la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 101 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, resalta las edificaciones que se vería afectadas por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, y se puede observar a la comunidad de Uyancha en la cabecera cantonal del cantón Otavalo; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 101

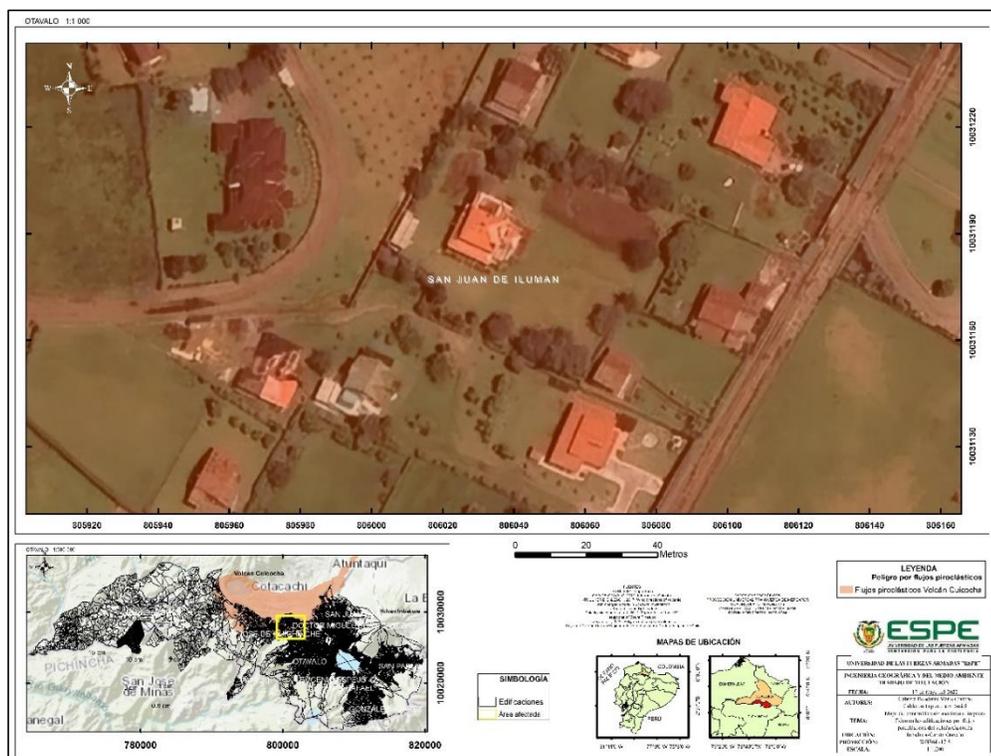
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones (comunidad Uyancha) en la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 102 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, se puede observar las edificaciones que se vería afectadas por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha en la parroquia de San Juan de Ilumán; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 102

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones en la parroquia San Juan de Ilumán por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



La figura 103 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, se puede observar las edificaciones que se vería afectadas por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, y se puede observar a la comunidad de Libertad de Azama en la cabecera cantonal; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

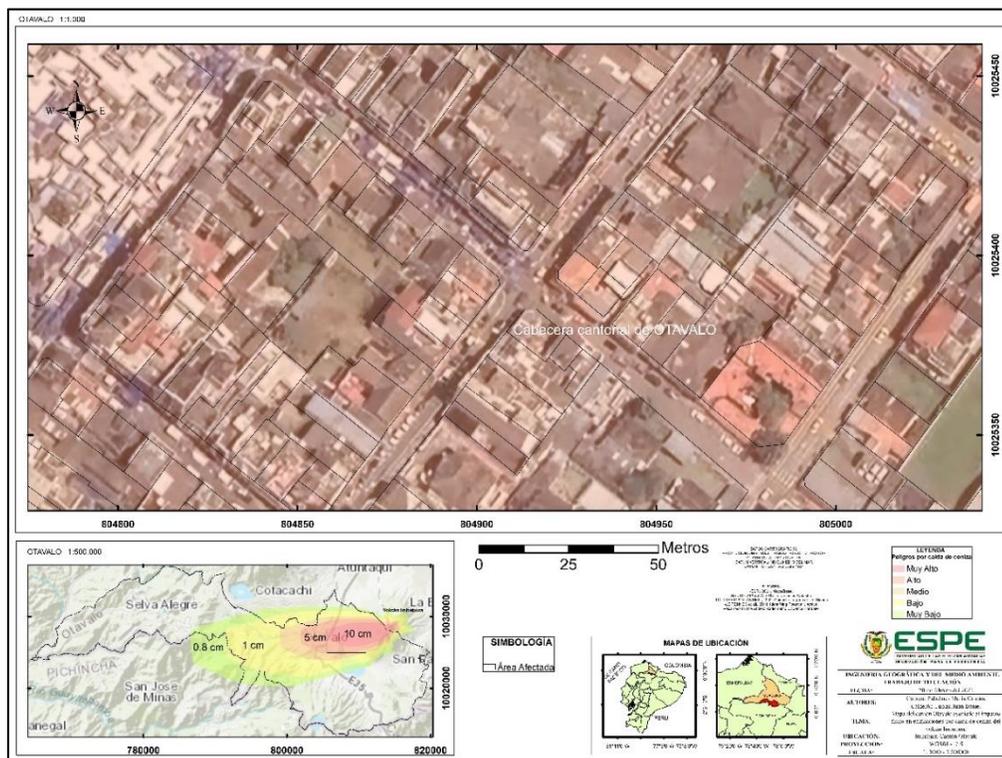
### Figura 103

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones (comunidad Libertad de Azama) en la cabecera cantonal de Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*



### Figura 104

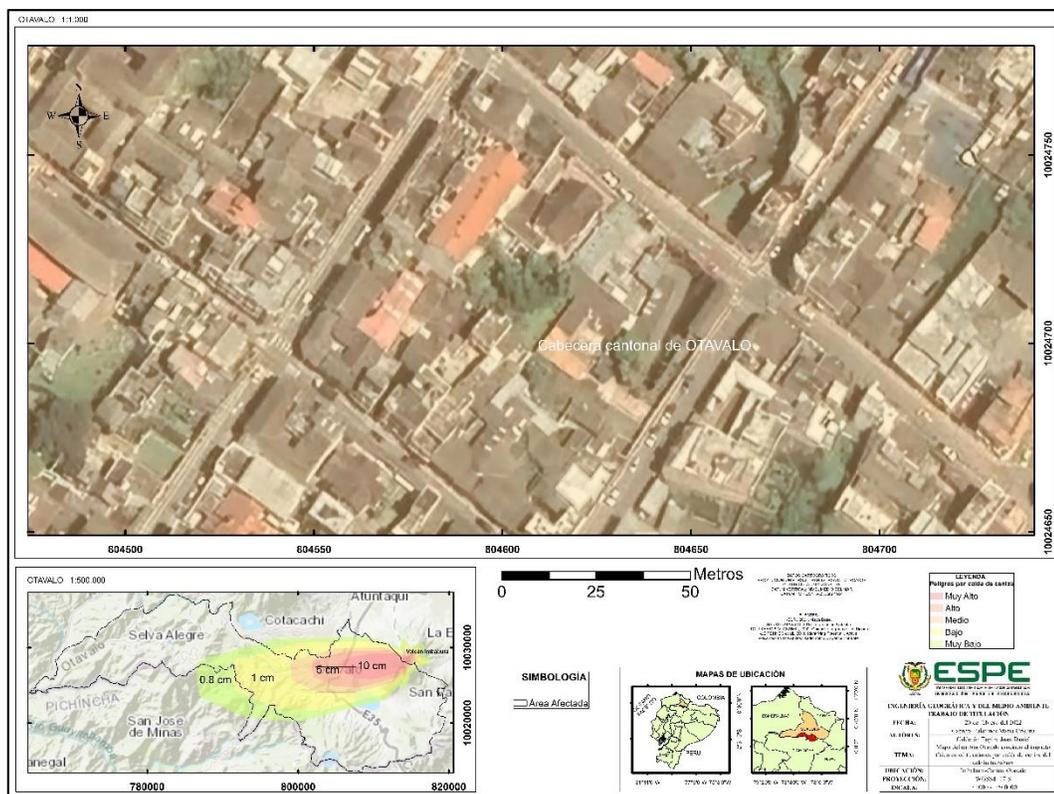
Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones por caída de ceniza de 5 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000



Las edificaciones ubicadas en las calles Vicente Ramon Roca y José Joaquín de Olmedo ubicadas en la parte centro sur de la ciudad de Otavalo se verían afectadas por ceniza de 3 cm de espesor representado por un color anaranjado claro, en este sector se puede observar edificaciones de gran valor arquitectónico, además son de tipo vivienda, restaurantes, comerciales, instituciones financieras, entre otras; en la figura 105 a escala 1:1.000 se presenta la ilustración respecto a la afectación por caída de ceniza del volcán Imbabura.

### Figura 105

Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto en edificaciones por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:1.000



De acuerdo a los mapas analizados, la información catastral facilitada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo y las herramientas geoespaciales se presenta en la tabla 20 las edificaciones afectadas por caída de ceniza del volcán Imbabura, donde se verían afectados 16.283 edificaciones por caída de ceniza, se muestra en la tabla los espesores de ceniza y el número de edificaciones afectadas por estos espesores.

**Tabla 19**

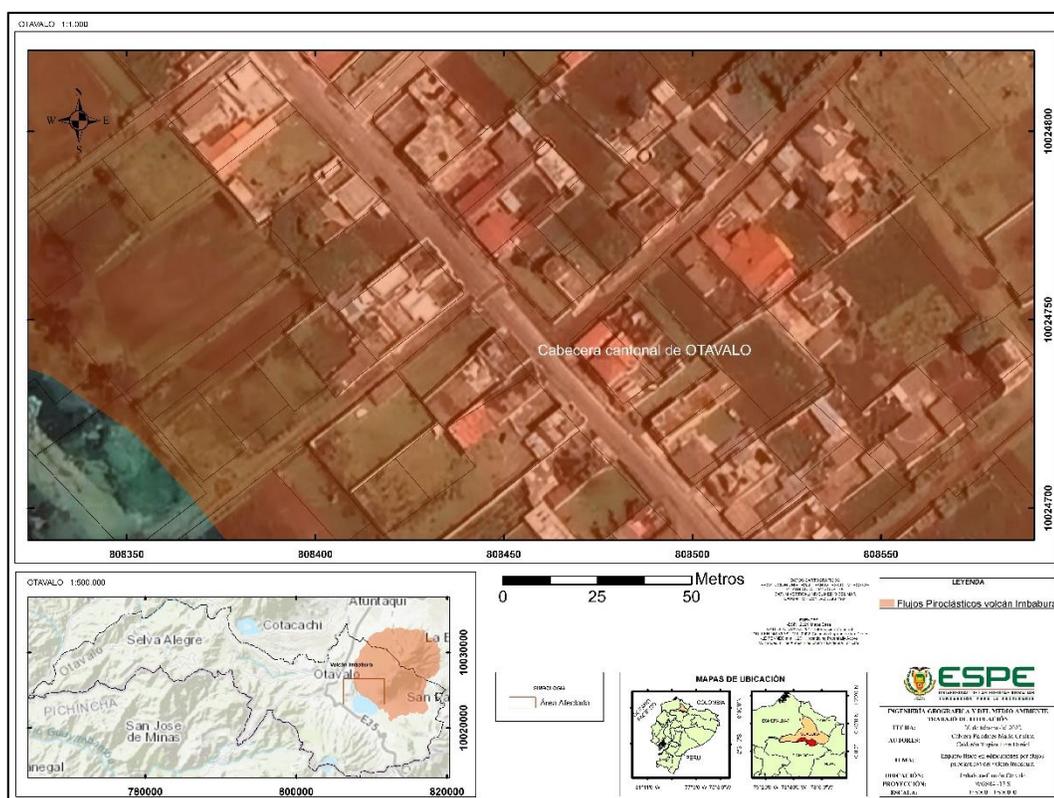
*Edificaciones afectadas en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura*

Infraestructura Civil	No. de Edificaciones afectadas por espesores de ceniza					Total
	10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0,8 cm	
Edificaciones	1.233	6.871	3.960	3.431	788	16.283

En relación a flujos piroclásticos del volcán Imbabura representado por un color rojo oscuro intenso, las edificaciones que se encuentran en las periferias nororientales de la cabecera cantonal ubicadas en las vías Atahualpa, Central, Lauriano, Quinatoa y Sucre se verían afectadas por este peligro volcánico; la mayor parte de estas edificaciones pertenecen al tipo vivienda, tienen acabados antiguos y poco resistentes haciéndoles muy vulnerables a los flujos piroclásticos. En la figura 106 a escala 1:1.000 se representa las edificaciones afectadas por flujos piroclásticos en esta parroquia.

### Figura 106

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en edificaciones por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:1.000*



De acuerdo a la información catastral facilitada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo y las herramientas geoespaciales se verían afectadas 3891 edificaciones por flujos piroclásticos del volcán Imbabura.

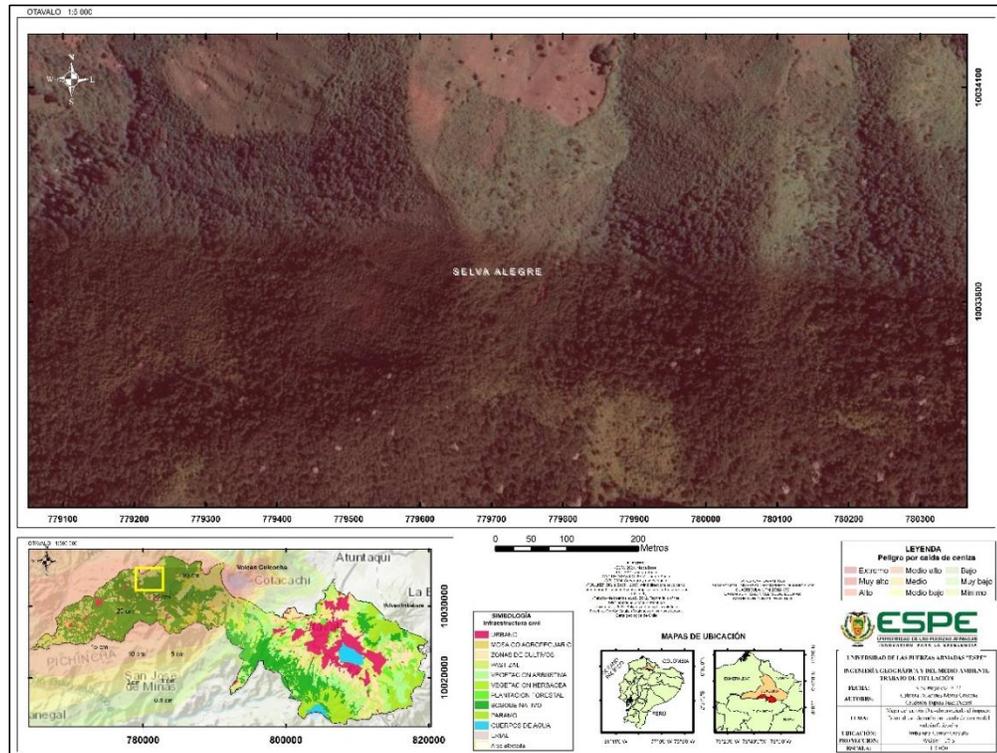
### ***Determinación del Impacto Físico en el uso de suelo***

Se obtuvieron los mapas temáticos del cantón Otavalo asociados al impacto físico en el uso de suelo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

La figura 107 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:5.000, se muestra el mapa de la afectación por caída de ceniza de un espesor de 25 cm correspondiente a un peligro muy alto en la parroquia Selva Alegre en el cual hay presencia de bosque nativo, vegetación arbustiva y pastizales; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

#### **Figura 107**

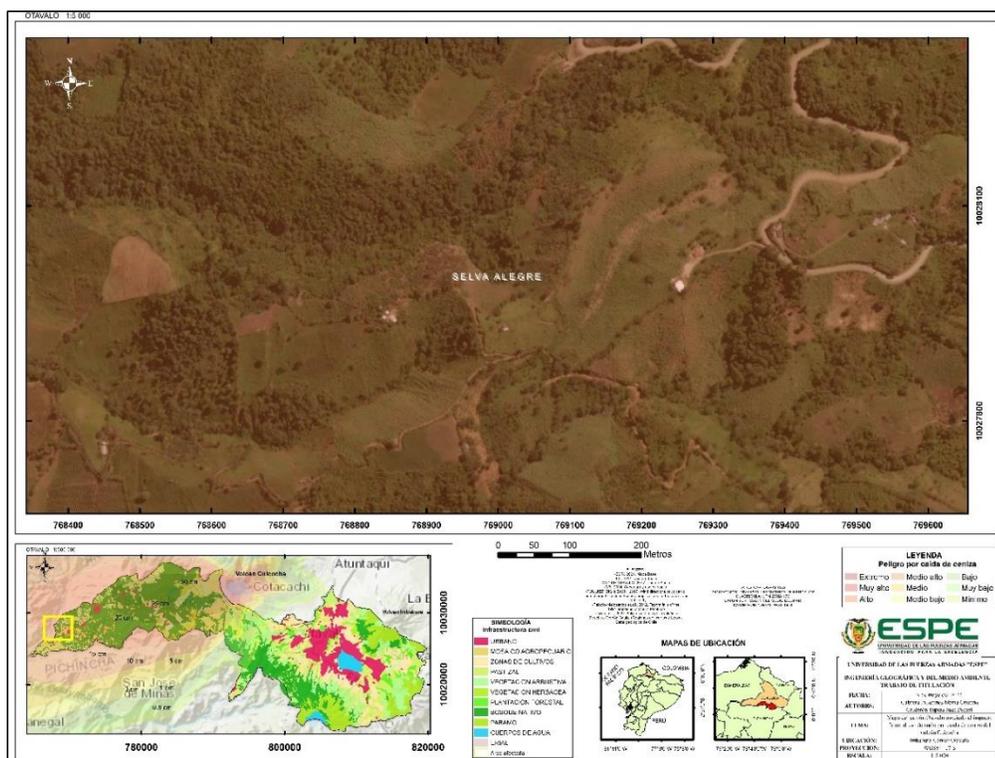
*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al noreste de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 25 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000*



La figura 108 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:5.000, se observa el mapa de la afectación por caída de ceniza de un espesor de 20 cm correspondiente a un peligro alto en la parroquia Selva Alegre en el cual hay presencia de bosque nativo, zona de cultivos, pastizales y mosaico agropecuario; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra al suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 108**

Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al suroeste de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000

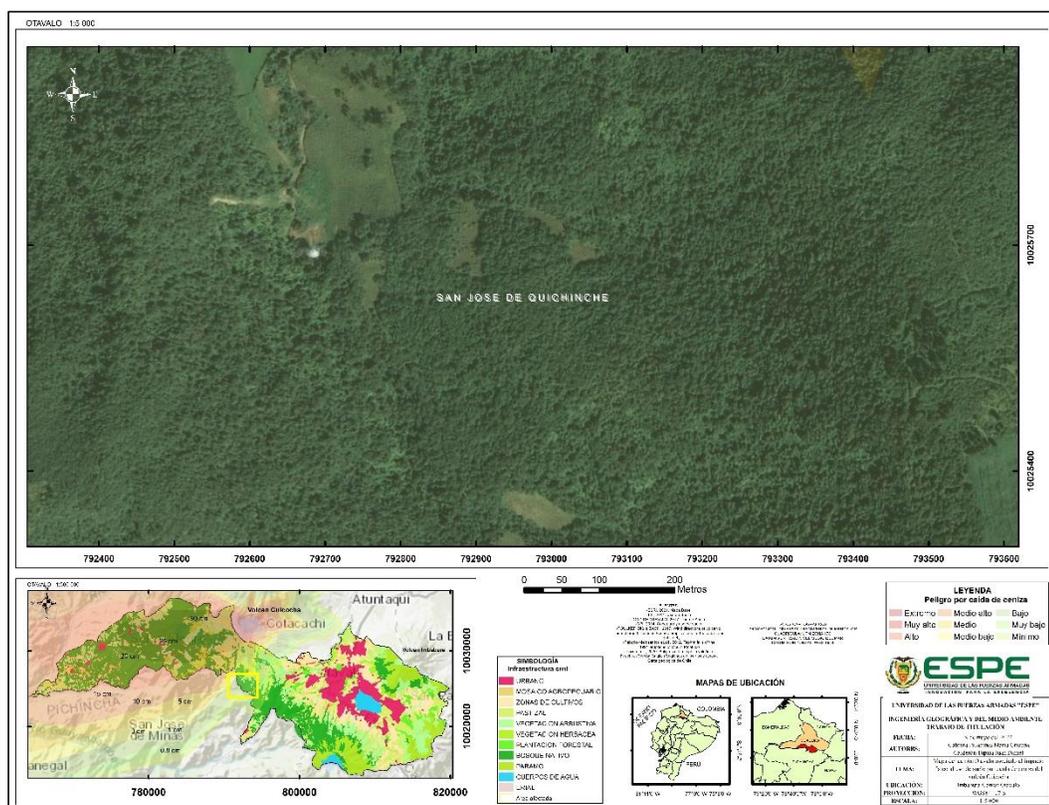


La figura 109 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:5.000, se visualiza el mapa de la afectación por caída de ceniza de un espesor de 3 cm correspondiente a un peligro muy alto en la parroquia San José de Quichinche en el cual hay presencia de bosque nativo, vegetación arbustiva, vegetación herbácea y pastizales; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro sur de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador

y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 109

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 3 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000*

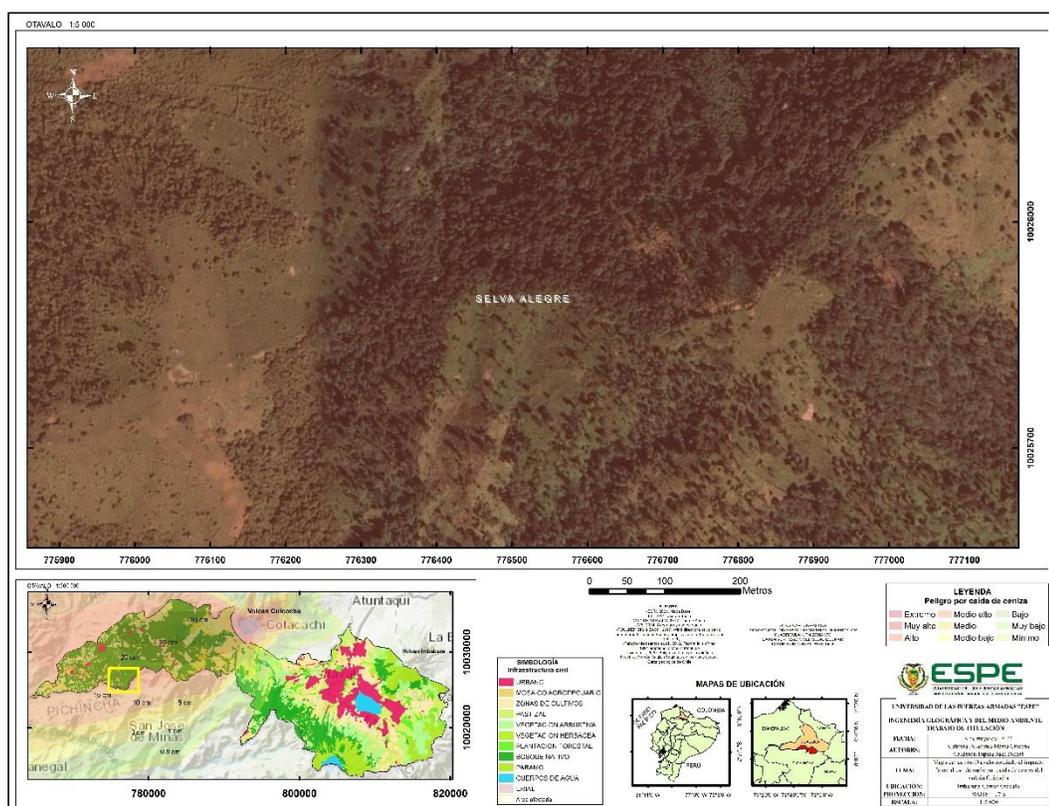


La figura 110 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:5.000, se puede observar el mapa de la afectación por caída de ceniza de un espesor de 20 cm correspondiente a un peligro alto en la parroquia Selva Alegre en el cual hay presencia de bosque nativo y mosaico agropecuario; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro sur de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología

utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 110

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al sur de la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000*



La caracterización del uso de suelo del cantón Otavalo para el período 2019 - 2023 y el análisis de los mapas temáticos del Cantón Otavalo asociado al impacto físico de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura permitió cuantificar la

superficie afectada por los peligros volcánicos como la caída de ceniza y flujos piroclásticos.

La tabla 20 corresponde al análisis de uso de suelo afectadas en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha, para el cual se utilizó la superficie del cantón Otavalo 53.215,61 ha, se determinó que 37.381,95 ha de bosque nativo, 222,41 ha de uso erial, 2.480,22 ha de mosaico agropecuario, 5.353,99 ha de páramo, 9.816,56 ha de pastizales, 353,35 ha de plantación forestal, 459,54 ha de uso urbano, 8.564,71 ha de vegetación arbustiva, 557,26 ha de vegetación herbácea y 2.943,80 ha de zonas de cultivos se verían afectadas por la caída de ceniza del volcán Cuicocha.

Tabla 20

Uso de suelo afectado en el cantón Otavalo por la caída de ceniza del volcán Cuicocha

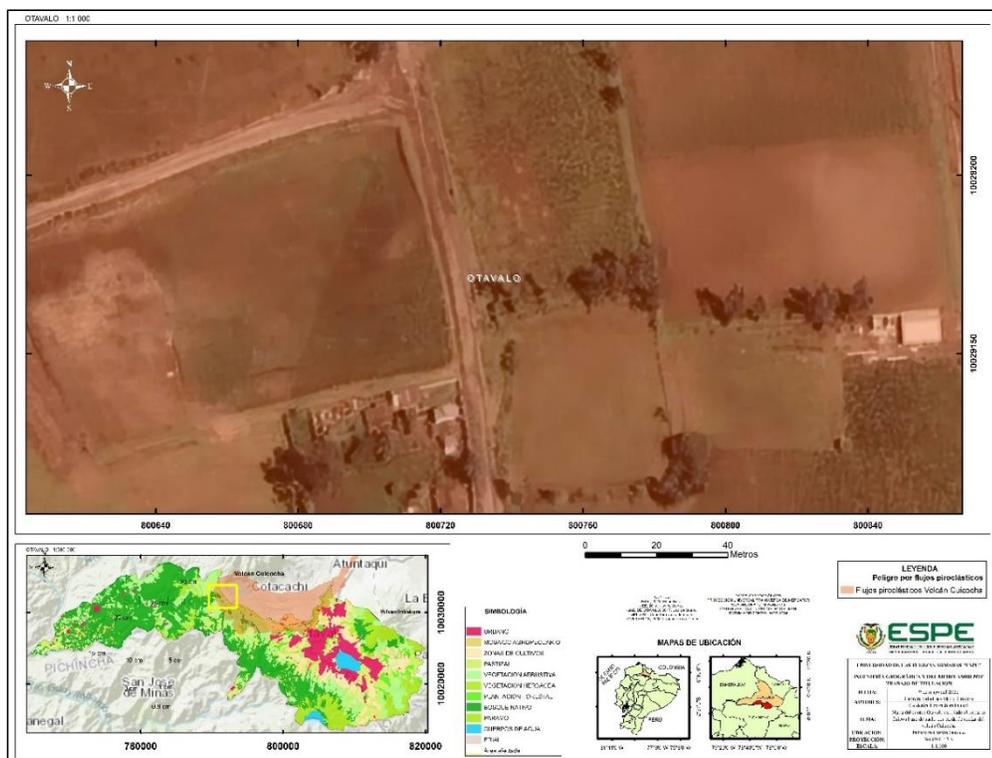
Uso de Suelo	Hectáreas afectadas por espesores de ceniza											
	30 cm		25 cm		20 cm		15 cm		10 cm		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Bosque Nativo	948,18	1,78	5.250,66	9,87	10.074,60	18,93	10.532,35	19,79	10.576,16	19,87	37.381,95	70,25
Cuerpos de Agua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Erial	0,00	0,00	35,93	0,07	58,41	0,11	62,61	0,12	65,47	0,12	222,41	0,42
Mosaico Agropecuario	0,28	0,00	22,13	0,04	785,16	1,48	836,32	1,57	836,32	1,57	2.480,22	4,66
Páramo	552,17	1,04	847,64	1,59	1.300,85	2,44	1.326,66	2,49	1.326,66	2,49	5.353,99	10,06
Pastizal	532,82	1,00	1.196,69	2,25	2.233,28	4,20	2.824,98	5,31	3.028,79	5,69	9.816,56	18,45
Plantación forestal	50,78	0,10	51,20	0,10	58,76	0,11	74,89	0,14	117,73	0,22	353,35	0,66
Urbano	0,00	0,00	34,76	0,07	141,59	0,27	141,59	0,27	141,59	0,27	459,54	0,86
Vegetación Arbustiva	389,83	0,73	1.262,65	2,37	2.059,56	3,87	2.371,01	4,46	2.481,66	4,66	8.564,71	16,09
Vegetación Herbácea	5,00	0,01	77,28	0,15	132,65	0,25	162,26	0,30	180,07	0,34	557,26	1,05
Zonas de Cultivos	107,08	0,20	159,99	0,30	636,13	1,20	1.012,22	1,90	1.028,39	1,93	2.943,80	5,53
<b>Total</b>	<b>2.586,13</b>	<b>4,86</b>	<b>8.938,93</b>	<b>16,80</b>	<b>17.480,99</b>	<b>32,85</b>	<b>19.344,91</b>	<b>36,35</b>	<b>1.9782,83</b>	<b>37,17</b>	<b>68.133,79</b>	<b>128,03</b>



La figura 112 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000, se puede visualizar el mapa de la afectación por flujos piroclásticos en la cabecera cantonal de Otavalo en la cual hay presencia de zonas de cultivos, plantación forestal y zona erial; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el noroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 112

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la cabecera cantonal del cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:1.000*

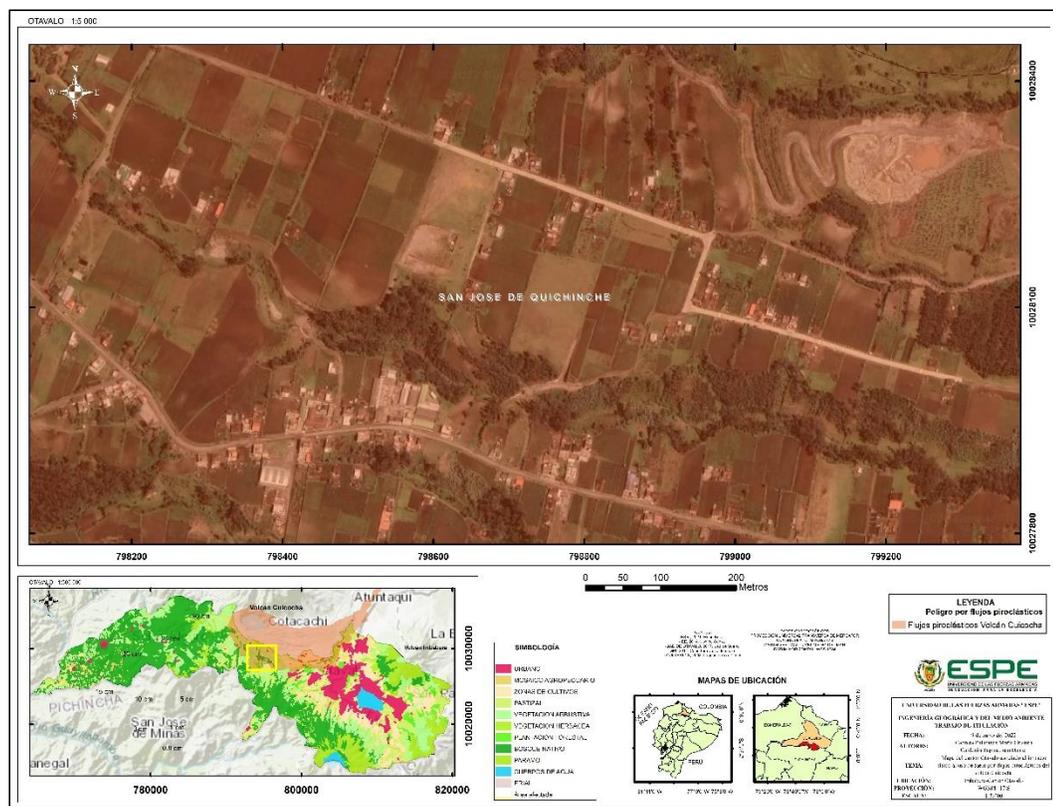




La figura 114 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:5.000, resalta la parroquia San José de Quichinche en la cual hay presencia urbana, zonas de cultivos, pastizales y plantación forestal; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el centro norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 114

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo al sureste de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000*



La tabla 21 presenta el análisis en hectáreas afectadas de los diferentes usos de suelo en relación a flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, 321,86 ha de bosque nativo, 4,00 ha de uso erial, 1.951,38 ha de pastizal, 681,56 ha de plantación forestal, 4.179,71 ha de uso urbano, 965,32 ha de vegetación arbustiva, 222,40 ha de vegetación herbácea y 1.310,10 ha de zonas de cultivos, se verían afectadas por este peligro volcánico.

**Tabla 21**

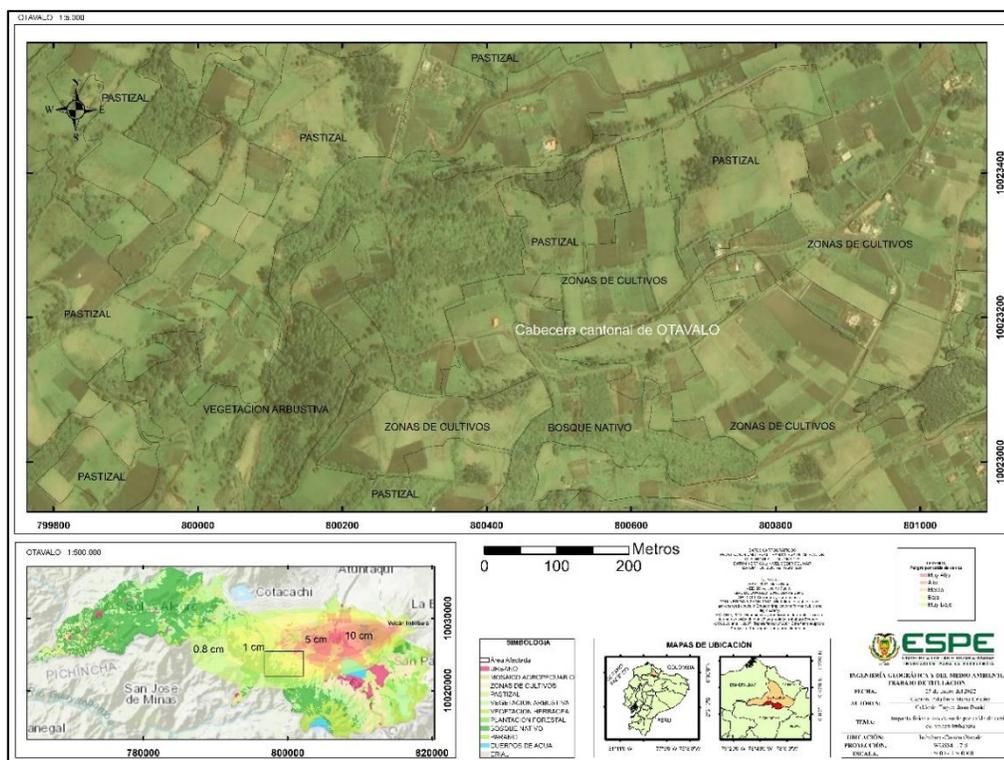
*Uso de suelo afectado en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha*

<b>Uso de Suelo</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Bosque Nativo	321,86	0,60
Cuerpos de Agua	0,00	0,00
Erial	4,00	0,01
Páramo	0,00	0,00
Pastizal	1.951,38	3,67
Plantación Forestal	681,56	1,28
Urbano	4179,71	7,85
Vegetación Arbustiva	965,32	1,81
Vegetación Herbácea	222,40	0,42
Zonas de cultivos	1310,10	2,46
<b>Total</b>	<b>9.636,33</b>	<b>18,11</b>

En la Figura 115 a escala 1: 5.000 se muestra la zona rural sur de la cabecera cantonal en el cual hay presencia de vegetación arbustiva, bosque nativo, zonas de cultivo y pastizal que se verían afectadas por 1 cm de espesor de ceniza representado de color amarillo claro y que corresponde a un peligro bajo por caída de ceniza del volcán Imbabura.

**Figura 115**

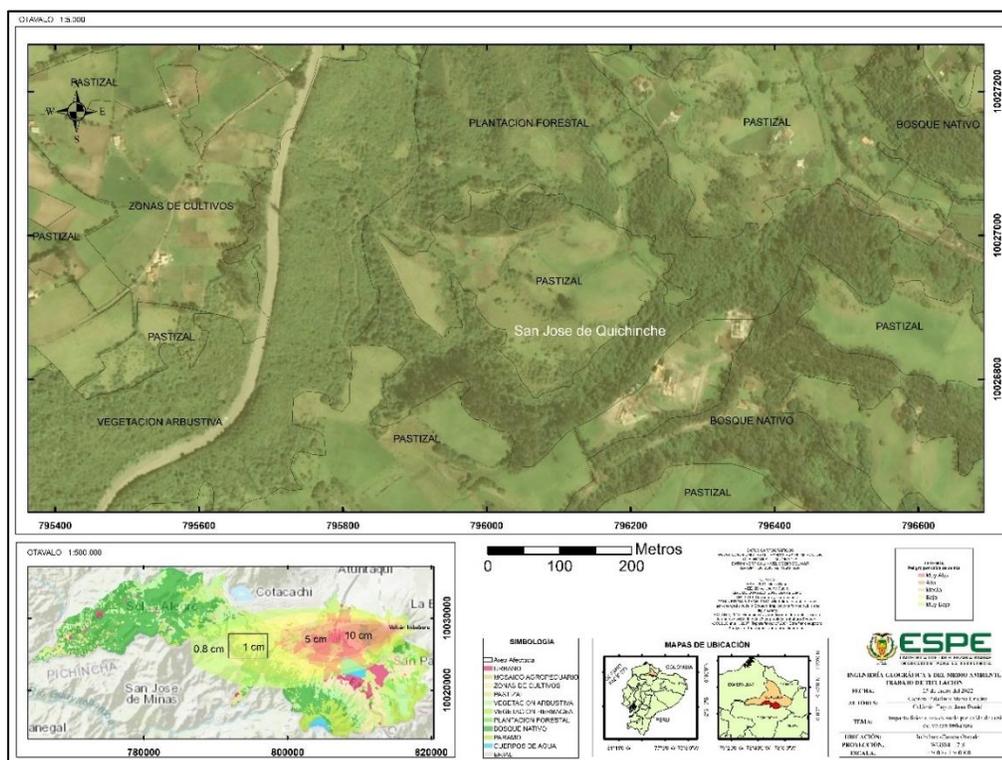
Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la zona rural sur de la cabecera cantonal por caída de ceniza de 1cm de espesor del volcán Imbabura a 1:5.000



La parroquia de San José de Quichinche presenta cobertura de suelo de tipo forestal, arbustivos, bosque nativo y pastizal que cubren grandes hectáreas, en la figura 116 a escala 1:5.000 se puede observar coberturas de suelo pertenecientes a los sectores de Tangali, Huachinguiro, Cutambe Alto y Huaycopungo afectadas por espesores de ceniza de 1 cm de espesor del volcán Imbabura y que corresponden a un peligro bajo.

**Figura 116**

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo de la parroquia Quichinche por caída de ceniza de 1 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:5.000*



Utilizando la superficie del Cantón Otavalo 53.215,61 ha, se determinó que 2.895,18 ha de bosque nativo, 470,43 ha de cuerpos de agua, 11,29 ha de uso erial, 226,20 ha de mosaico agropecuario, 129,60 ha de páramo, 3.174,71 ha de pastizales, 1.488,01 ha de plantación forestal, 2.420,13 ha de uso urbano, 1.089,27 ha de vegetación arbustiva, 231,28 ha de vegetación herbácea y 2.523,33 ha de zonas de cultivos se verían afectadas por la caída de ceniza del volcán Imbabura. En la Tabla 22 se resume las hectáreas de uso de suelo afectadas en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura.

Tabla 22

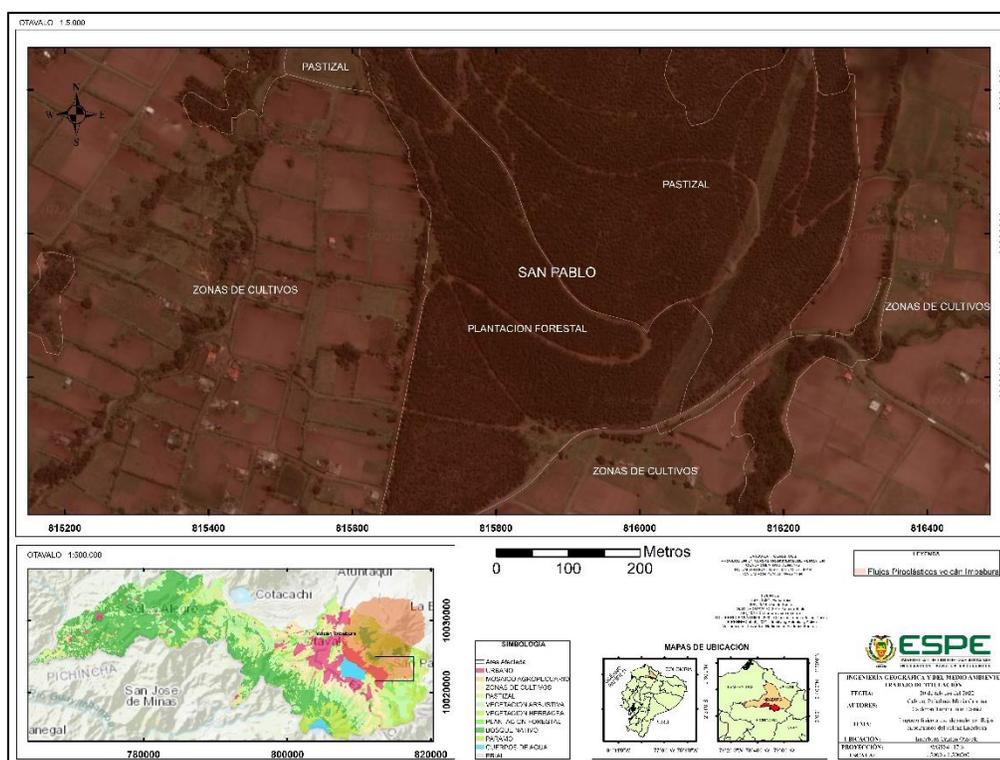
Uso de suelo afectado en el cantón Otavalo por la caída de ceniza del volcán Imbabura.

Uso de Suelo	Hectáreas afectadas por espesores de ceniza										Total	
	10 cm		5 cm		3 cm		1 cm		0,8 cm		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Bosque Nativo	0,00	0,00	4,16	0,01	14,24	0,03	1.892,58	3,56	984,19	1,85	2.895,18	5,44
Cuerpos de Agua	0,00	0,00	5,23	0,01	27,54	0,05	233,34	0,44	204,32	0,38	470,43	0,88
Erial	0,00	0,00	1,22	0,00	0,62	0,00	6,09	0,01	3,36	0,01	11,29	0,02
Mosaico Agropecuario	0,00	0,00	0,00	0,00	9,85	0,02	186,59	0,35	29,76	0,06	226,20	0,43
Páramo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,75	0,01	126,85	0,24	129,60	0,24
Pastizal	5,28	0,01	182,89	0,34	272,85	0,51	1.763,00	3,31	950,69	1,79	3.174,71	5,97
Plantación forestal	35,69	0,07	354,37	0,67	435,67	0,82	572,05	1,07	90,23	0,17	1.488,01	2,80
Urbano	241,98	0,45	703,38	1,32	644,38	1,21	637,27	1,20	193,11	0,36	2.420,13	4,55
Vegetación Arbustiva	0,00	0,00	24,19	0,05	45,85	0,09	684,75	1,29	334,48	0,63	1.089,27	2,05
Vegetación Herbácea	0,00	0,00	16,69	0,03	39,80	0,07	101,98	0,19	72,80	0,14	231,28	0,43
Zonas de Cultivos	116,34	0,22	548,84	1,03	514,10	0,97	1.070,20	2,01	273,84	0,51	2.523,33	4,74
<b>Total</b>	<b>399,30</b>	<b>0,75</b>	<b>1.840,96</b>	<b>3,46</b>	<b>2.004,93</b>	<b>3,77</b>	<b>7.150,62</b>	<b>13,44</b>	<b>3.263,63</b>	<b>6,13</b>	<b>14.659,43</b>	<b>27,55</b>

En relación a flujos piroclásticos representado por un color rojo oscuro intenso, en el nororiente de la parroquia de San Pablo los sectores de Cochaloma, Anglacunga, Casco Valenzuela, Alisopamba, Colta y Topo presentan usos de suelo de tipo pastizal, plantación forestal y grandes extensiones de zonas de cultivos, estas coberturas se encontrarían a merced de este peligro volcánico, en la Figura 117 a escala 1:5.000 se resalta el uso y cobertura de suelo que se vería desbastado por los flujos piroclásticos del volcán Imbabura en esta parroquia.

### Figura 117

Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en uso de suelo en la parroquia San Pablo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:5.000



En relación a flujos piroclásticos del volcán Imbabura 564,70 ha de bosque nativo, 0,79 ha de cuerpos de agua, 11,07 ha de uso erial, 1.457,05 ha de páramo 642,71 ha de pastizal, 345,19 ha de plantación forestal, 1.036,57 ha de uso urbano,

394,18 ha de vegetación arbustiva, 255,35 ha de vegetación herbácea y 1.492,70 ha de zonas de cultivos, se verían afectadas por este peligro volcánico. En la tabla 23 se resume las hectáreas afectadas de los diferentes usos de suelo en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura.

**Tabla 23**

*Uso de suelo afectado en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura*

<b>Uso de Suelo</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Bosque Nativo	564,70	1,06
Cuerpos de Agua	0,79	0,00
Erial	11,07	0,02
Páramo	1.457,05	2,74
Pastizal	642,71	1,21
Plantación Forestal	345,19	0,65
Urbano	1.036,57	1,95
Vegetación Arbustiva	394,18	0,74
Vegetación Herbácea	255,35	0,48
Zonas de cultivos	1.492,70	2,81
<b>Total</b>	<b>6.200,30</b>	<b>11,65</b>

### ***Determinación del Impacto Físico en zonas de cultivos***

Se obtuvieron los mapas temáticos del cantón Otavalo asociados al impacto físico en zonas de cultivos de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

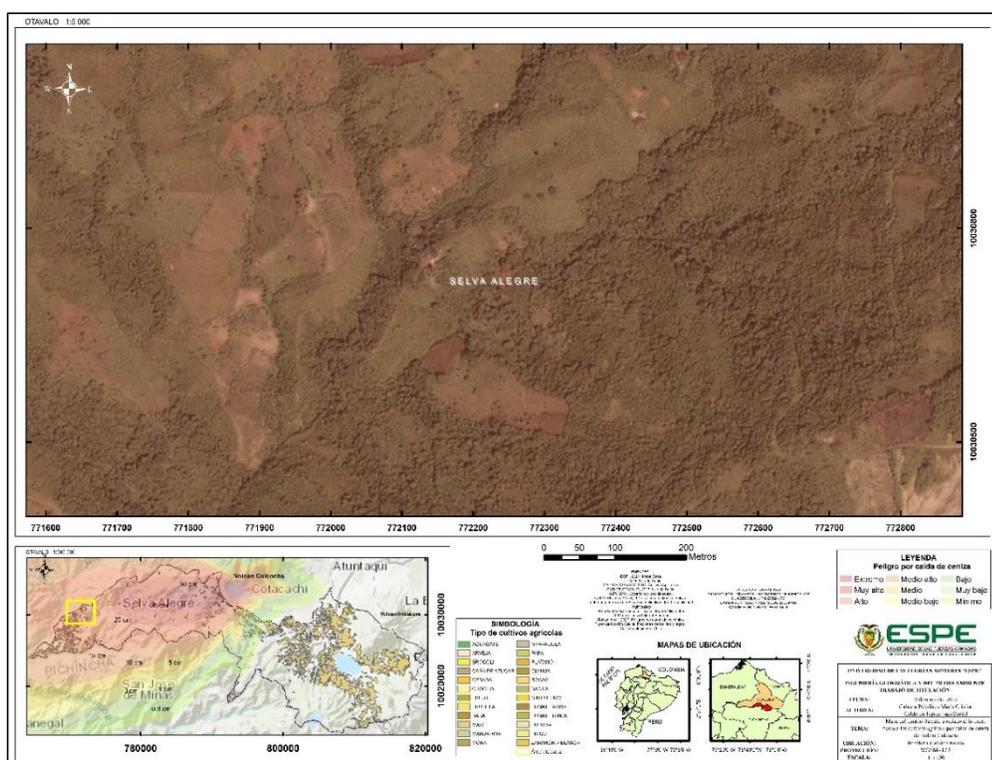
La figura 118 que corresponde al mapa de cultivos agrícolas asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:5.000, muestra la afectación por ceniza de 15 cm de espesor con un peligro medio alto en la parroquia Selva Alegre, cerca de la comunidad San Francisco donde se dañarían los cultivos agrícolas como la caña de azúcar, maíz y fréjol por este espesor se llegaría a perder todos estos cultivos ya que son muy sensibles; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda



de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 119

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia Selva Alegre por caída de ceniza de 20 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000*



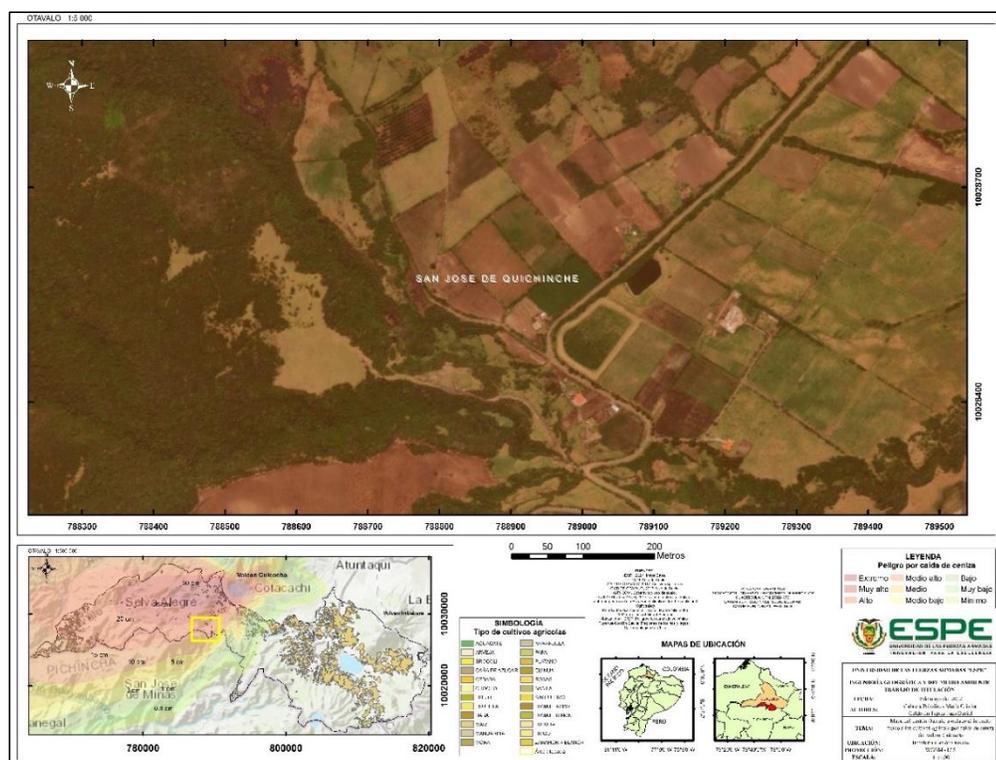
La figura 120 que corresponde al mapa de cultivos agrícolas asociado al impacto físico por caída de ceniza a escala 1:5.000, presenta la afectación por ceniza de 0,8 cm de espesor con un peligro mínimo en la parroquia San José de Quichinche, se muestra cultivos de papa y el daño por ceniza en esta zona no es considerable para la pérdida



donde hay cultivos de papa, maíz, cebada y quinua, el daño sería casi total para estos cultivos ya que son muy frágiles exceptuando a la papa, la cual no se perdería por este espesor de ceniza; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el suroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 121

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia San José de Quichinche por caída de ceniza de 15 cm de espesor del volcán Cuicocha a 1:5.000*







La tabla 24 muestra el resultado del análisis en hectáreas afectadas de los diferentes cultivos agrícolas en el cantón Otavalo, en relación a la caída de ceniza del volcán Cuicocha 2,59 ha de cultivos de quinua, 111,75 ha de cultivos de maíz, 9,34 ha de cultivos de cebada, 60,58 ha cultivos de papa, 3,31 ha de cultivos de mandarina, 3,42 ha de cultivos de naranjilla, 78,68 ha de cultivos de plátano, 643,59 ha de cultivos de caña de azúcar, 0,97 ha de cultivos de chocho, 0,53 ha de cultivos de arveja, 18,85 ha de cultivos de frejol, 1,91 ha de cultivos de haba y 36,42 ha de cultivos de sábila se verían afectadas por este peligro volcánico.

Tabla 24

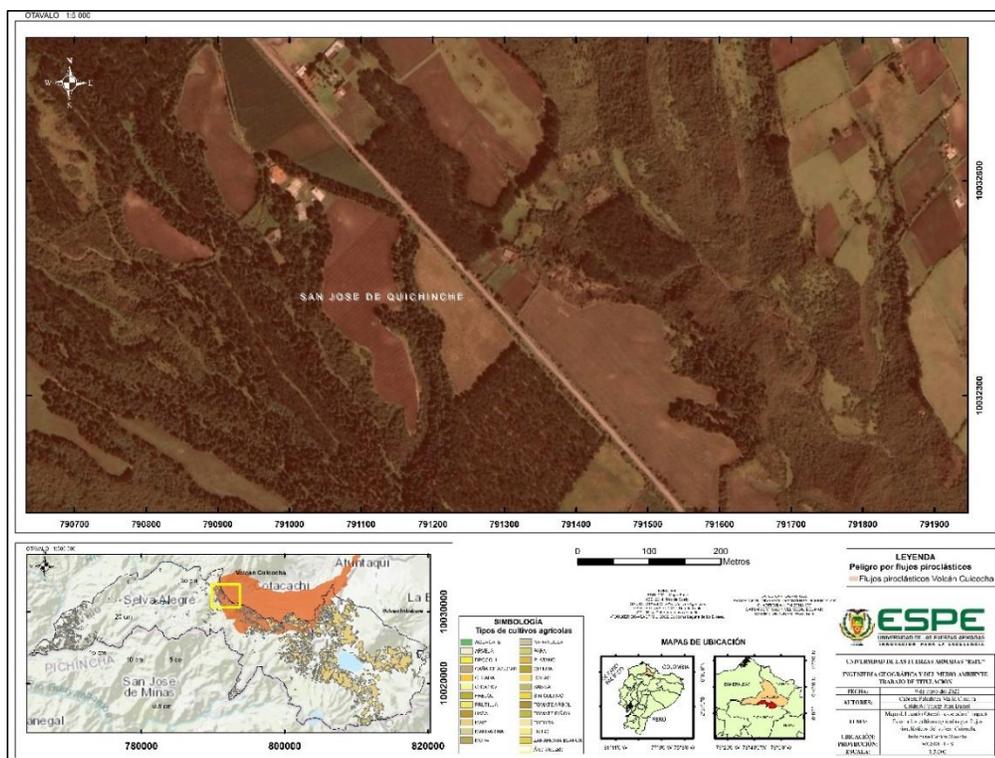
Zonas de cultivos afectados en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha

Cultivos Agrícolas	ha afectadas por espesores de ceniza									ha afectadas
	30 cm	25 cm	20 cm	15 cm	10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0,8 cm	
Quinoa	0,00	0,00	2,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,59
Maíz	1,67	16,53	33,75	8,74	0,00	0,00	35,37	12,69	3,00	111,75
Cebada	2,82	1,45	5,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,34
Papa	40,08	11,92	4,20	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	3,73	60,58
Mandarina	0,00	0,00	0,89	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,31
Naranja	0,00	0,00	3,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,42
Plátano	0,00	4,22	45,14	29,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	78,68
Caña de azúcar	0,00	0,83	341,62	301,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	643,59
Chocho	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97
Arveja	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53
Frejol	0,00	0,00	5,59	13,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,85
Haba	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91
Sábila	0,00	4,35	32,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,42
<b>Total</b>										<b>971,94</b>

La figura 124 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:5.000 resalta los cultivos agrícolas en la parroquia San José de Quichinche, donde está sembrada cebada, haba, maíz y papá; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el noroeste de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 124**

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas al noroeste de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000*

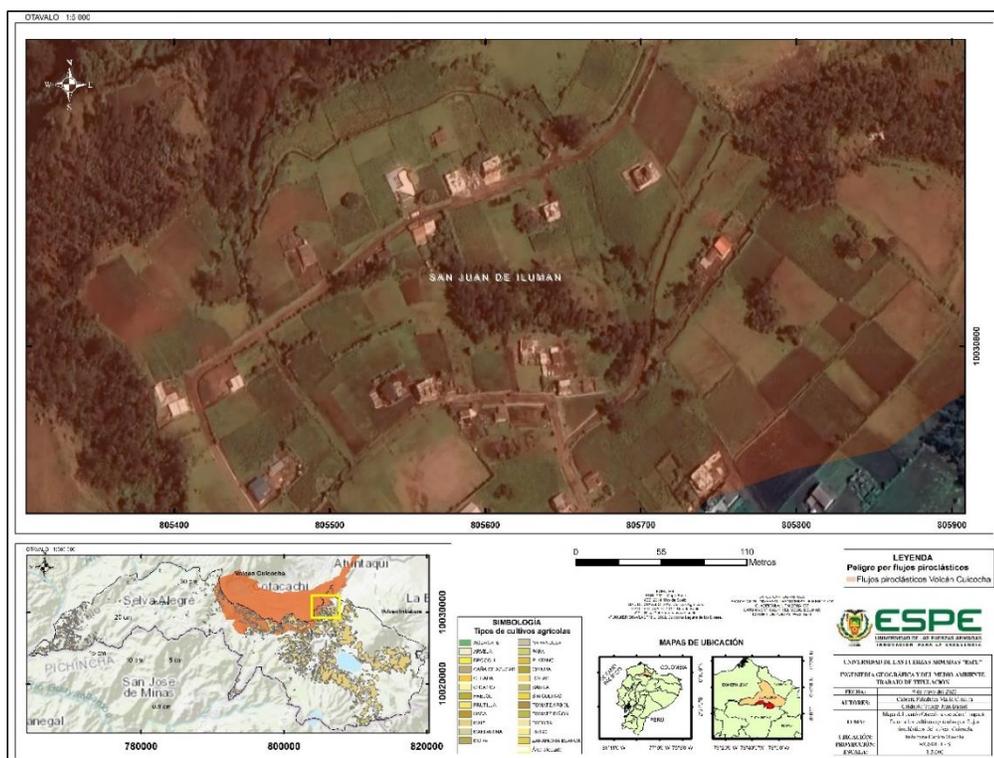




San Juan de Ilumán, donde se encuentra sembrado maíz; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica que está vía se encuentra en el norte de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

### Figura 126

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas en la parroquia San Juan de Ilumán por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000*

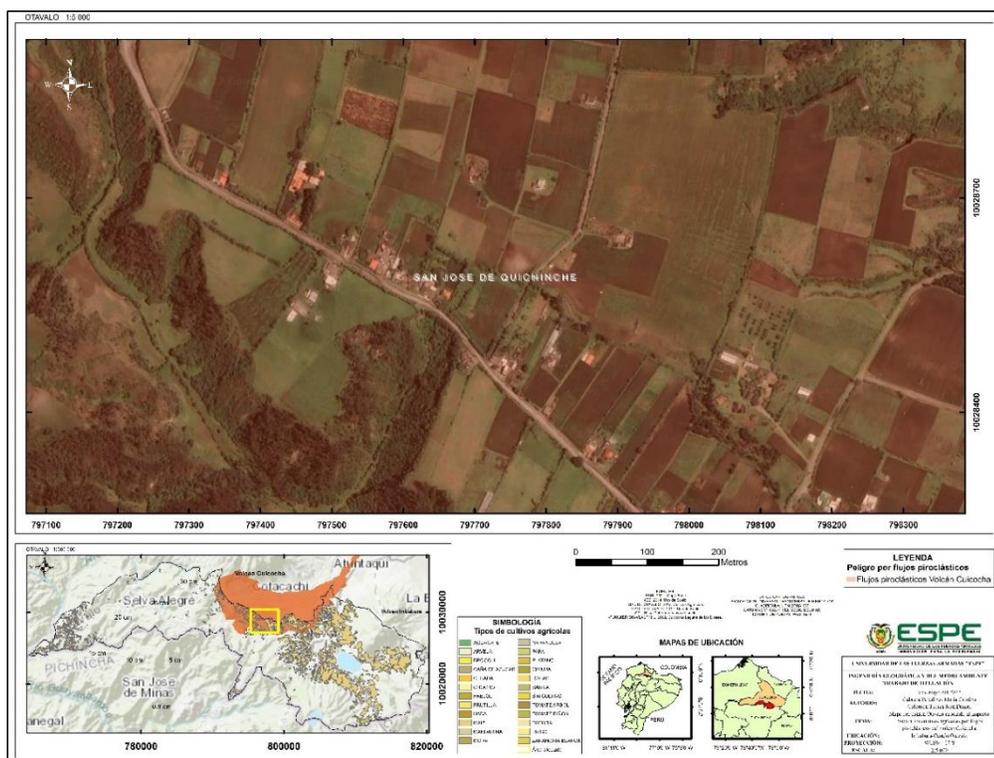


La figura 127 que corresponde al mapa asociado al impacto físico por flujos piroclásticos a escala 1:1.000 se visualiza afectación a los cultivos agrícolas en la parroquia San José de Quichinche, donde se encuentra sembrado maíz, cebada y tomate de árbol; y el mapa de ubicación del cantón en la parte inferior izquierda indica

que está vía se encuentra en el centro de la parroquia; a un lado del mapa se puede visualizar la simbología utilizada para realizar esta figura; además resalta en la parte inferior los mapas de ubicación de la provincia en color anaranjado en el Ecuador y al costado derecho se encuentra inmerso en color rojo el cantón Otavalo que pertenece a la provincia de Imbabura.

**Figura 127**

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos agrícolas al noreste de la parroquia San José de Quichinche por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha a 1:5.000*



En la tabla 25 se puede observar un resumen del análisis en hectáreas afectadas de los diferentes cultivos agrícolas en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, de lo que 53,04 ha de cultivos de quinua, 1.141,65 ha de cultivos de maíz, 82,45 ha de cultivos de cebada, 3,39 ha de cultivos de papa, 11,39

ha de cultivos de tomate de árbol, 2,21 ha de plantaciones de frutilla, 1,82 ha de plantaciones de chocho, 1,06 ha de plantaciones de arveja, 11,03 ha de cultivos de haba, un total de 1.308,04 hectáreas se verían afectadas por este peligro volcánico.

**Tabla 25**

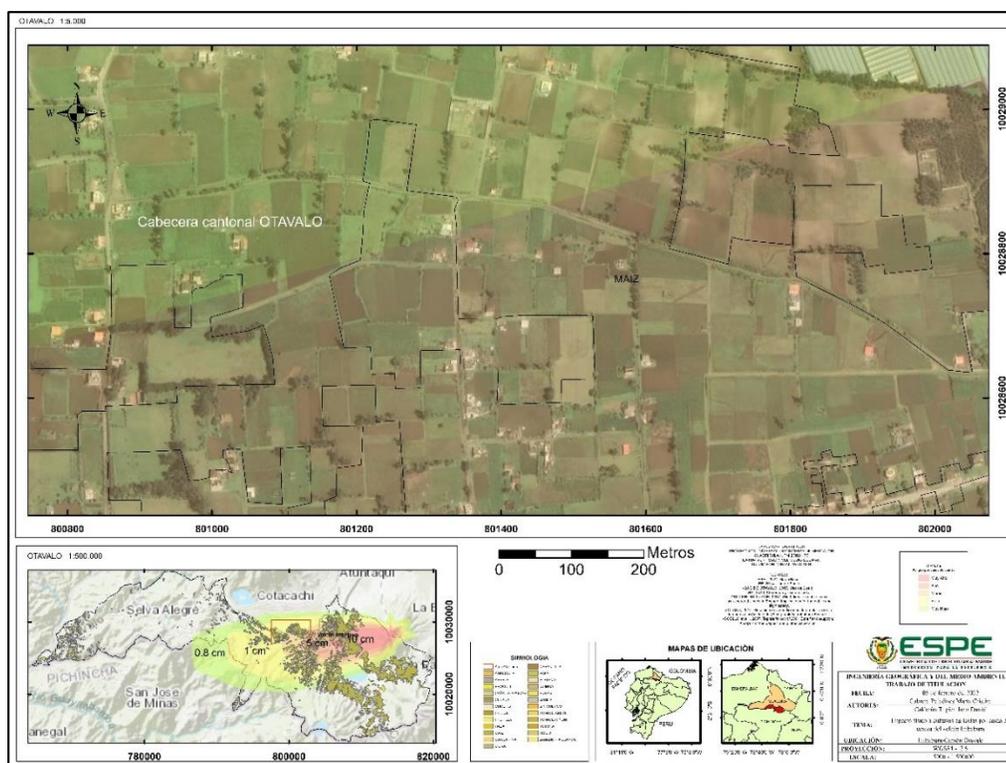
*Zonas de cultivos afectados en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha*

<b>Cultivos Agrícolas</b>	<b>ha afectadas</b>
Quinoa	53,04
Maíz	1.141,65
Cebada	82,45
Papa	3,39
Tomate Árbol	11,39
Frutilla	2,21
Chocho	1,82
Arveja	1,06
Haba	11,03
<b>Total</b>	<b>1.308,04</b>

La zona rural de la parte occidental de la cabecera cantonal en el cual se encuentran el sector de Patalanga cuyos cultivos de maíz se verían afectados por ceniza de 1 cm de espesor representado con un color amarillo claro y el sector Libertad de Azama, donde grandes hectáreas de cultivos de maíz se verían cubiertas por ceniza de 3 cm de espesor representado con un color anaranjado claro, en la figura 128 a escala 1: 1.5000 se puede observar la divisoria de espesores a través del cambio de color y la afectación de estos dos tipos de espesores de ceniza del volcán Imbabura.

**Figura 128**

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos en la zona rural occidental de la cabecera cantonal por caída de ceniza de 1cm y 3 cm de espesor del volcán Imbabura a 1:5.000*



En relación a la caída de ceniza del volcán Imbabura 98,35 ha de cultivos de quinua, 2.272,47 ha de cultivos de maíz, 36,23 ha de cultivos de cebada, 1,25 ha plantaciones de totora, 1,46 ha de cultivos de mora, 39,60 ha de cultivos de tomate de árbol, 1,38 ha de cultivos de aguacate, 23,14 ha de cultivos de frutilla, 2,60 ha de cultivos de brócoli y 6,91 ha de cultivos de chocho se verían afectadas por este peligro volcánico. En la Tabla 26 se resume las hectáreas afectadas de los diferentes cultivos agrícolas en el cantón Otavalo por la caída de ceniza del volcán Imbabura.

**Tabla 26**

*Zonas de cultivos afectados en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura*

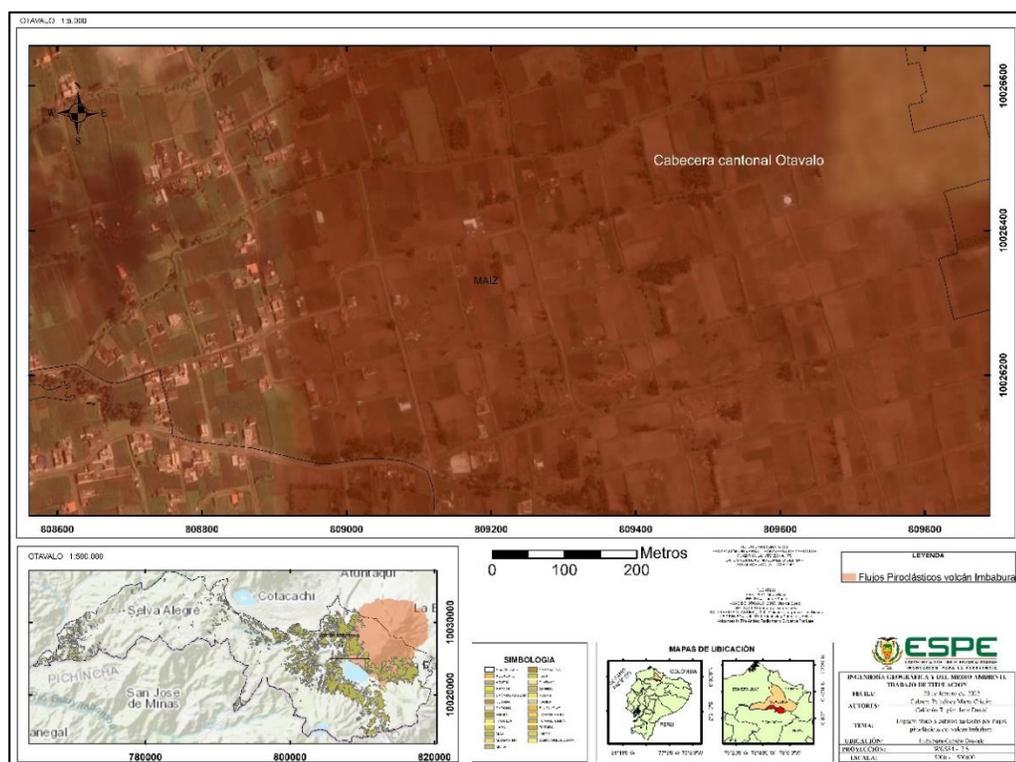
Cultivos Agrícolas	ha afectadas por espesores de ceniza					ha afectadas
	10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0,8 cm	
Quinua	20,04	46,56	7,67	0,80	23,28	98,35
Maíz	95,66	464,88	475,94	1.013,38	222,62	2.272,47

Cebada	0,00	0,00	4,70	21,01	10,51	36,23
Totora	0,00	0,00	1,18	0,00	0,07	1,25
Mora	0,00	0,00	1,43	0,00	0,02	1,46
Tomate de Árbol	0,64	2,10	6,02	24,19	6,65	39,60
Aguacate	0,00	0,00	1,38	0,00	0,00	1,38
Frutilla	0,00	19,44	3,41	0,00	0,29	23,14
Brócoli	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	2,60
Chocho	0,00	0,33	3,16	3,41	0,00	6,91
<b>Total</b>						<b>2.483,38</b>

Cultivos de maíz en los sectores rurales de Arias Uku y Trojaloma en la parte nororiental de la parroquia de Otavalo a las faldas del volcán Imbabura, se encuentran dentro del rango de afectación de los flujos piroclástico, por lo que en la figura 129 a escala 1:5.000 se puede observar el impacto físico en estas zonas de cultivos.

### Figura 129

*Mapa del cantón Otavalo asociado al impacto físico en cultivos en la zona rural nororiental por flujos piroclásticos del volcán Imbabura a 1:5.000*



En relación a flujos piroclásticos del volcán Imbabura 7,60 ha de cultivos de cebada, 1.407,43 ha de cultivos de maíz, 8,19 ha de cultivos de papa, 34,40 ha de cultivos de quinua, 15,31 ha de cultivos de tomate de árbol, 8,99 ha de plantaciones de totora y 1,42 ha de cultivos de trigo se verían afectadas por este peligro volcánico. En la Tabla 27 se resume las hectáreas afectadas de los diferentes cultivos agrícolas en el Cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura.

**Tabla 27**

*Zonas de cultivos afectados en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura*

<b>Cultivos Agrícolas</b>	<b>ha afectadas</b>
Cebada	7,60
Maíz	1.407,43
Papa	8,19
Quinua	34,40
Tomate Árbol	15,31
Totora	8,99
Trigo	1,42
<b>Total</b>	<b>1.483.33</b>

### **Análisis del impacto económico**

El resultado del análisis de los mapas temáticos del cantón Otavalo asociado al impacto físico a infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil, edificaciones, uso de suelo y zonas de cultivos por caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura, así también, el análisis económico de costos permitió cuantificar el impacto económico.

### **Análisis del impacto económico en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial**

En la tabla 28 se detallan los resultados del precio por el uso de los equipos por día donde se estima el resultado con el costo de limpieza con equipo por metro cubico y con el número de volquetas, el de cargas al día y los metros cúbicos de las volquetas.

**Tabla 28**

*Precio del uso de equipo por día*

<b>No. Volquetas al día</b>	<b>No. Cargas al día</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup> totales</b>
1	12	8	96
8	96	8	768
<b>Costo de limpieza con equipo (USD) por m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup> totales</b>	<b>Precio del uso de equipo (USD) por día</b>	
3,70	768	<b>2.841,60</b>	

En la tabla 29 se muestran los resultados estimados para el costro según las unidades de medida requeridas por construcción del año 2000, obtenidas con ayuda de los costos actuales.

**Tabla 29**

*Costos estimados de construcción del 2000*

<b>Costo de construcción</b>	<b>Año</b>	<b>Costo (USD)</b>
<b>Costo de construcción m<sup>3</sup></b>	2022	3,31
	2000	3,27
<b>Costo de construcción km</b>	2022	507.913,88
	2000	502.387,62

<b>Costo de construcción km</b>	2022	1'508.395,33
	2000	1'491.983,51
<b>Costo de construcción km</b>	2022	799.585,76
	2000	790.886,01
<b>Costo de construcción m<sup>2</sup></b>	2022	31,00
	2000	30,66

---

En la tabla 30 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza del volcán Cuicocha, en la que se presenta el análisis de los metros cúbicos afectados por los espesores de ceniza que comprometen a la línea de transmisión eléctrica, puentes, vías temporales, pavimentadas y no pavimentadas. Se tomó los metros cúbicos afectados totales, los días que se tomarán de limpieza, el costo de la limpieza con equipo diarios y con esto se obtuvo el costo total de la limpieza que es de 761.689,77 dólares.

Tabla 30

*Pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha*

Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial	m <sup>3</sup> afectados por espesores de ceniza								
	30 cm	25 cm	20 cm	15 cm	10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0.8 cm
Línea de Transmisión Eléctrica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,56
Vías Temporales	25.452	11.375	12.488	3.853,5	0,00	0,00	0,00	299,6	26,88
Vías Pavimentadas	0,00	0,00	600	17.910	11.130	0,00	2.412	567,00	1.488
Vías No Pavimentadas	3.276	55.230	50.036	9.880,5	0,00	0,00	0,00	163,10	260,4
Puentes	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,07	0,00	0,00
<b>m<sup>3</sup> afectados totales</b>	<b>28.728</b>	<b>66.605</b>	<b>63.124,06</b>	<b>31.644,00</b>	<b>11.130,00</b>	<b>0,02</b>	<b>2.412,07</b>	<b>1.029,70</b>	<b>1.780,84</b>
<b>días de limpieza</b>	<b>37</b>	<b>87</b>	<b>82</b>	<b>41</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Costo de Limpieza con equipo (USD) por día</b>	<b>106.293,60</b>	<b>246.438,50</b>	<b>233.559,02</b>	<b>117.082,80</b>	<b>41.181,00</b>	<b>85,25</b>	<b>8.524,80</b>	<b>2.841,60</b>	<b>5683,20</b>
<b>Costo de Limpieza Total (USD)</b>	<b>761.689,77</b>								

En la tabla 31 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, en la que se presenta el análisis de los metros cúbicos afectados que comprometen a puentes, acequias, vías temporales, pavimentadas y no pavimentadas. Se analizó el costo de pérdida, costo de construcción por metro cubico, el costo de construcción total, y como resultado se obtuvo la pérdida total por esta infraestructura que es de 38'840.144,60 dólares.

**Tabla 31**

*Pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha*

Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial	m <sup>3</sup> afectados	Costo de Pérdida (USD)	Costo de Construcción (USD) por m <sup>3</sup>	Costo de Construcción (USD)	Pérdida Total (USD)
Acequia	10.229,12	33.490,00	3,31	33.858,39	67.348,38
	<b>km afectados</b>		<b>Costo de Construcción (USD) por km</b>		
Puentes	0,15	87,500	170.000,00	25.500,00	25.587,50
Vías Temporales	15,92	7'998.010,85	507.913,88	8'085.988,97	16'083.999.82
Vías Pavimentadas	3,99	5'953.014,21	1'508.395,33	6'018.497.37	11'971.511.58
	<b>m<sup>2</sup> afectados</b>		<b>Costo de Construcción (USD) por m<sup>2</sup></b>		
Vías No Pavimentadas (adoquinadas)	173.390,00	5'316.607,32	31,00	5'375.090,00	10'691.697,32
				<b>Total</b>	<b>38'840.144,60</b>

En la tabla 32 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por caída de ceniza del volcán Imbabura, en la que se presenta el análisis de los metros cúbicos afectados por los espesores de ceniza que comprometen a la línea de transmisión eléctrica, puentes, vías temporales, pavimentadas y no pavimentadas. Se tomó los metros cúbicos afectados totales, los días que se tomarán de limpieza, el costo de la limpieza con equipo diarios y con esto se obtuvo el costo total de la limpieza que es de 360.217,67 dólares.

**Tabla 32**

*Pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón*

*Otavaló por caída de ceniza del volcán Imbabura*

Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial	m <sup>3</sup> afectados por espesores de ceniza				
	10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0,8 cm
Acequia	1.288,67	67,06	148,32	82,02	29,60
Línea de Transmisión Eléctrica	0,00	0,00	0,00	421,05	117,77
Vías Temporales	3.869,81	8.773,31	4.525,08	2.920,34	1.786,85
Vías Pavimentadas	4.877,58	12.584,00	6.871,89	5.421,56	1.953,68
Vías No Pavimentadas	7.310,63	5.017,52	4.634,18	2.490,58	749,80
Vías (otros)	4.445,68	11.789,67	3.846,50	553,75	30,10
Puentes	0,00	89,13	48,49	5,51	0,00
<b>m3 afectados totales</b>	<b>21.792,36</b>	<b>38.926,69</b>	<b>20.074,46</b>	<b>11.894,81</b>	<b>4.667,81</b>
<b>días de limpieza</b>	<b>28</b>	<b>51</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>6</b>
<b>Costo de Limpieza con equipo (USD) por día</b>	<b>80.631,75</b>	<b>144.028,75</b>	<b>74.275,49</b>	<b>44.010,80</b>	<b>17.270,88</b>
<b>Costo de Limpieza Total (USD)</b>			<b>360.217,67</b>		

En la tabla 33 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial por flujos piroclásticos del volcán Imbabura, en la que se presenta el análisis de los metros cúbicos afectados que comprometen a puentes, acequias, vías temporales, pavimentadas y no pavimentadas. Se analizó el costo de pérdida, costo de construcción por metro cubico, el costo de construcción total, y como resultado se obtuvo la pérdida total por esta infraestructura que es de 164 405.073,51 dólares.

**Tabla 33**

*Pérdida económica total en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán*

*Imbabura*

<b>Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</b>	<b>m<sup>3</sup> afectados</b>	<b>Costo de Pérdida (USD)</b>	<b>Costo de Construcción (USD) por m<sup>3</sup></b>	<b>Costo de Construcción (USD)</b>	<b>Pérdida Total (USD)</b>
Acequia	3.296,00	10.791,06	3,31	10.909,76	21.700,82
	<b>km afectados</b>		<b>Costo de Construcción (USD) por km</b>		
Vías Temporales	77,77	39'071.176,25	507.913,88	39'500.959,19	78'572.135,44
Vías Pavimentadas	7,25	10'816.693,96	1'508.395,33	10'935.677,59	21'752.371,55
Vías (otros)	23,48	18'567.012,47	799.585,76	18'771.249,61	37'338.262,09
	<b>m<sup>2</sup> afectados</b>		<b>Costo de Construcción (USD) por m<sup>2</sup></b>		
Vías No Pavimentadas (adoquinadas)	433.334,89	13'287.222,09	31,00	13'433.381,53	26'720.603,61
				<b>Total</b>	<b>164'405.073,51</b>

### **Análisis del impacto económico en infraestructura civil**

En la tabla 34 se presentan los días aproximados por área de limpieza promedio, mientras que en la tabla 35 se detallan los resultados estimados para el precio de la mano de obra por días

**Tabla 34**

*Días de limpieza por metro cuadrado*

<b>Mano de obra</b>	
Área promedio edificaciones	729 m <sup>2</sup>
Días promedio en limpiar área promedio	3

**Tabla 35**

*Precio de la mano de obra por días*

<b>Días</b>	<b>Precio</b>
1	15
3	45

En la tabla 36 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en Infraestructura civil por caída de ceniza del volcán Cuicocha, en la que se presenta el análisis de los metros cúbicos afectados por los espesores de ceniza que comprometen a los establecimientos educativos, centros de salud y antenas de comunicación. Se tomó los metros cúbicos afectados totales, los días que se tomarán de limpieza, el costo de la limpieza con equipo diarios, el costo de la mano de obra diaria y con esto se obtuvo el costo total de la limpieza que es de 1'003.669,80 USD.

**Tabla 36**

*Pérdida económica total en infraestructura civil en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha*

<b>Infraestructura Civil: establecimientos de salud y educativos</b>	<b>m<sup>3</sup> afectados por espesores de ceniza</b>				
	<b>30 cm</b>	<b>25 cm</b>	<b>20 cm</b>	<b>3 cm</b>	<b>0.8 cm</b>
Establecimientos de Salud	0,00	0.00	524,05	0,00	0,00
Establecimientos Educativos	1.001,37	249.120,40	21.008,25	34,61	0,00
Antena de Comunicación	0,00	0.00	1,44	0,00	0,00
<b>m3 afectados totales</b>	<b>1.001,37</b>	<b>249.120,40</b>	<b>21.533,74</b>	<b>34,61</b>	<b>0,00</b>
<b>días de limpieza</b>	<b>1</b>	<b>324</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>
<b>Costo de Limpieza con equipo (USD) por día</b>	<b>2.841,60</b>	<b>920.678,40</b>	<b>79.564,80</b>	<b>142,08</b>	<b>0,00</b>
<b>Costo de mano de obra (USD) por día</b>	<b>45,00</b>	<b>180,00</b>	<b>360,00</b>	<b>45,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Costo de Limpieza con equipo (USD) por día +costo de mano de obra (USD) por día</b>	<b>2.886,60</b>	<b>920.858,40</b>	<b>79.924,80</b>	<b>187,08</b>	<b>0,00</b>
<b>Costo de Limpieza Total (USD)</b>	<b>1'003.669,80</b>				

En la tabla 37 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en Infraestructura civil por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, en la que se presenta el análisis de los metros cúbicos afectados que comprometen a establecimientos educativos y a una antena de comunicación. Se analizó el área por metro cuadrado y longitud para la antena, costo de pérdida, costo de construcción por metro cubico, el costo de construcción total, y como resultado se obtuvo la pérdida total por esta infraestructura que es 16'191.660,83 dólares.

Tabla 37

*Pérdida económica total en infraestructura civil por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha*

<b>Infraestructura Civil: establecimientos de salud</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo de pérdida (USD)</b>	<b>Costo de construcción (USD) por m<sup>2</sup></b>	<b>Costo de construcción</b>	<b>Pérdida Total (USD)</b>
GUALSAQUI	1.207	88.232,45	1.645,96	1'986.675,48	2'074.907,93
<b>Infraestructura Civil: establecimientos educativos</b>					
DOLORES CACUANGO QUILO	1.477	48.294,49	468,97	692.662,07	740.956,56
ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA CARLOS ELIAS ALMEIDA	2.373		468,97	1'112.855,17	1'112.855,17
ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA DUCHICELA	13.425	38.529,69	468,97	6'295.862,07	6'334.391,76
ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA ESTUARDO JARAMILLOS PEREZ	3.029	82.348,5	468,97	1'420.496,55	1'502.845,05
UNIDAD EDUCATIVA ALEJANDRO CHAVEZ	8.183	327.004,53	468,97	3'837.544,83	4'164.549,36
<b>Infraestructura Civil: torre de comunicación</b>	Longitud (m)				
Antena de comunicación	12			2.000,00	2.000,00
				<b>Total</b>	<b>16'191.660,83</b>

En la tabla 38 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en Infraestructura civil por caída de ceniza del volcán Imbabura, en la que se presenta el análisis de los metros cúbicos afectados por los espesores de ceniza que comprometen a los establecimientos educativos, centros de salud, centrales eléctricas y antenas de comunicación con un costo total de la limpieza que es de 195.805,36 USD. Mientras que en la tabla 39 se presenta el costo de pérdida total de Infraestructura civil por flujos piroclásticos del volcán Imbabura, el monto total es de 33 295.677,35 USD.

**Tabla 38**

*Pérdida económica total en infraestructura civil en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura*

<b>Infraestructura Civil: establecimientos de salud y educativos</b>	<b>m3 afectados por espesores de ceniza</b>				
	<b>10 cm</b>	<b>5 cm</b>	<b>3 cm</b>	<b>1 cm</b>	<b>0,8 cm</b>
Establecimientos de Salud	59,05	1.078,45	129,36	29,36	0,00
Establecimientos Educativos	41.632,45	6.154,30	1.558,09	636,99	303,86
Alcantarillas	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
Centrales Eléctricas	0,00	0,00	144,00	0,00	0,00
Antena de Comunicación	0,00	0,00	0,00	2,88	1,15
<b>m3 afectados totales</b>	<b>41.691,51</b>	<b>7.233,73</b>	<b>1.831,44</b>	<b>669,23</b>	<b>305,02</b>
<b>días de limpieza</b>	<b>54</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Costo de Limpieza con equipo (USD) por día</b>	<b>154.258,58</b>	<b>26.764,80</b>	<b>6.776,34</b>	<b>2.476,15</b>	<b>3.009,49</b>
<b>Costo de mano de obra (USD) por día</b>	<b>180,00</b>	<b>720,00</b>	<b>720,00</b>	<b>630,00</b>	<b>270,00</b>
<b>Costo de Limpieza con equipo (USD) por día +costo de mano de obra (USD) por día</b>	<b>154.438,58</b>	<b>27.484,80</b>	<b>7.496,34</b>	<b>3.106,15</b>	<b>3.279,49</b>
<b>Costo de Limpieza Total (USD)</b>	<b>195.805,36</b>				

Tabla 39

*Pérdida económica total en infraestructura civil en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura*

<b>Infraestructura Civil: establecimientos de salud</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Costo de pérdida (USD)</b>	<b>Costo de construcción (USD) por m2</b>	<b>Costo de construcción</b>	<b>Pérdida Total (USD)</b>
AGATO	632	52.650,91	1.645,96	1'040.442,79	1'093.093,70
SAN PABLO	2.842	59.752,46	1.645,96	4'678.420,94	4'738.173,40
LA COMPANIA	2.110	14.357,77	1.645,96	3'472.648,85	3'487.006,62
<b>Infraestructura Civil: establecimientos educativos</b>					
UNIDAD EDUCATIVA TAHUANTINSUYO	118	18.868,97	468,97	55.252,22	74.121,19
UNIDAD EDUCATIVA ALFREDO PEREZ GUERRERO	11.542	1'054.969,17	468,97	5'412.849,69	6'467.818,86
UNIDAD EDUCATIVA GALO PLAZA LASSO	19.825	104.692,48	468,97	9'297.221,92	9'401.914,40
UNIDAD EDUCATIVA PRESBITERO AMABLE HERRERA	7.911	107.043,79	468,97	3'709.926,93	3'816.970,72
ESCUELA DE EDUCACION BASICA VICTOR ALEJANDRO JARAMILLO	8.249	111.801,59	468,97	3'868.593,56	3'980.395,15
ESCUELA DE EDUCACION BASICA GENERAL PINTAG	439	30.531,67	468,97	205.651,63	236.183,30
				<b>Total</b>	<b>33'295.677,35</b>

### ***Análisis del impacto económico en edificaciones***

En las tablas 40, 41, 42 y 43 se resaltan los resultados de pérdidas económicas en edificaciones en el cantón Otavalo por caída de ceniza y flujos piroclásticos de los dos volcanes.

En la tabla 40 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en edificaciones por caída de ceniza del volcán Cuicocha, en la que se presenta el análisis del área total en metros cuadrados, los metros cúbicos afectados por los espesores de ceniza que comprometen a los establecimientos educativos, centros de salud y antenas de comunicación. Se tomó los metros cúbicos afectados totales, los días que se tomarán de limpieza, el costo de la limpieza con equipo diarios, el costo de la mano de obra diaria y con esto se obtuvo el costo total de la limpieza que es de 151'245.117,20 dólares.

En la tabla 41 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en edificaciones por caída de ceniza del volcán Imbabura, en la que se presenta el análisis del área total en metros cuadrados, los metros cúbicos afectados por los espesores de ceniza que comprometen a los establecimientos educativos, centros de salud y antenas de comunicación. Se tomó los metros cúbicos afectados totales, los días que se tomarán de limpieza, el costo de la limpieza con equipo diarios, el costo de la mano de obra diaria y con esto se obtuvo el costo total de la limpieza que es de 4 081.168,35 dólares.

Tabla 40

*Pérdida económica total en edificaciones en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha*

Información Catastral	No. de edificaciones afectados por espesores de ceniza								
	30 cm	25 cm	20 cm	15 cm	10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0,8 cm
Edificaciones	187	337	843	351	100	23	162	47	63
Área total (m <sup>2</sup> )	22'628.543,55	54'802.227,39	75'656.931,73	26'385.107,8	8'092.441,86	2'534.255,68	9'111.188,03	3'504.022,11	3'611.700,74
m3 afectados totales	6'788.563,07	13'700.556,85	15'131.386,35	3'957.766,17	809.244,186	126.712,784	273.335,64	35.040,22	28.893,60
días de limpieza	8.839	17.839	19.702	5.153	1.054	165	356	46	38
Costo de Limpieza con equipo (USD) por día	25'116.902,4	50'691.302,4	55'985.203,2	14'642.764,8	2'995.046,4	46.886,4	1'011.609,6	13.0713,6	107.980,8
Costo de mano de obra (USD) por día	8.415	15.165	37.935	15.795	4.500	1.035	7.290	2.115	2.835
Costo de Limpieza con equipo (USD) por día + costo de mano de obra (USD) por día	25'125.317,4	50'706.467,4	56'023.138,2	14'658.559,8	2'999.546,4	469.899	1'018.899,6	132.828,6	110.815,8
Costo de Limpieza Total (USD)	<b>151'245.117,20</b>								

Tabla 41

*Pérdida económica total en edificaciones en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura*

Información Catastral	No. de edificaciones afectados por espesores de ceniza				
	10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0.8 cm
Edificaciones	1.233	6.871	3.960	3.431	788
<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>	984.243,02	5'098.104,13	5'447.969,23	29'320.733,76	11'875.757,77
<b>m3 afectados totales</b>	98.424,30	254.905,21	163.439,08	293.207,34	95.006,06
<b>días de limpieza</b>	128	332	213	382	124
<b>Costo de Limpieza con equipo (USD) por día</b>	364.169,92	943.149,26	604.724,58	1'084.867,15	351.522,43
<b>Costo de mano de obra (USD) por día</b>	55.485,00	309.195,00	178.200,00	154.395,00	35.460,00
<b>Costo de Limpieza con equipo (USD) por día + costo de mano de obra (USD) por día</b>	419.654,92	1'252.344,26	782.924,58	1'239.262,15	386.982,43
<b>Costo de Limpieza Total (USD)</b>	<b>4'081.168,35</b>				

En la tabla 42 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en edificaciones por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, en la que se presenta la pérdida total que es 21'363.688,28 dólares.

**Tabla 42**

*Pérdida económica total en edificaciones en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha*

<b>Información Catastral</b>	<b>Total</b>	<b>Pérdida total (USD)</b>
Edificaciones	3.799	<b>21'363.688,28</b>

En la tabla 43 se visualizan los resultados de pérdidas económicas totales en edificaciones por flujos piroclásticos del volcán Imbabura, en la que se presenta la pérdida total que es 86 614.639,83 dólares.

**Tabla 43**

*Pérdida económica total en edificaciones en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura*

<b>Información Catastral</b>	<b>Total</b>	<b>Pérdida total (USD)</b>
Edificaciones	3.891	<b>86'614.639,83</b>

### ***Análisis del Impacto Económico en zonas de cultivos***

En las tablas 44, 45, 46 y 47 se detallan los resultados de pérdidas económicas zonas de cultivo por caída de ceniza y flujos piroclásticos de ambos volcanes.

En la tabla 44 se muestra el resumen de resultados del análisis de pérdidas económicas totales por caída de ceniza en zonas de cultivos por el volcán Cuicocha, en la que se presenta los cultivos agrícolas en la zona con sus hectáreas afectadas por cada espesor de ceniza correspondiente al volcán, los beneficios por hectárea de esos cultivos, el costo de producción por hectárea y las pérdidas totales en dólares por cada cultivo, donde el total de pérdida es de 5'787.034,10 dólares.

Tabla 44

*Pérdida económica total en zonas de cultivo en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Cuicocha*

Cultivos Agrícolas	Beneficio s/ha (USD*Tm/ha)	Costo de producción/ha (USD*Tm/ha)	ha afectadas por espesores de ceniza							ha afectadas totales	Pérdidas Totales (USD)
			30 cm	25 cm	20 cm	15 cm	3 cm	1 cm	0.8 cm		
Quinoa	511,5	1.297,00	0,00	0,00	2,59	0,00	0,00	0,00	0,00	1.811,09	4.684,02
Maíz	1.182,02	1.500,00	1,67	16,53	33,75	8,74	35,37	12,69	3,00	2.793,77	299.715,74
Cebada	693,00	700,00	2,82	1,45	5,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1.402,34	13.010,62
Papa	7.942,44	3.300,00	40,08	11,92	4,20	0,00	0,65	0,00	3,73	11.303,02	681.067,02
Mandarina	12.810,8	32.583,03	0,00	0,00	0,89	2,42	0,00	0,00	0,00	45.397,14	150.253,58
Naranja	4.440,74	5.500,00	0,00	0,00	3,42	0,00	0,00	0,00	0,00	9.944,16	33.997,33
Plátano	1.989,24	7.243,00	0,00	4,22	45,14	29,32	0,00	0,00	0,00	9.310,92	726.392,64
Caña de Azúcar	2.504,93	3.780,00	0,00	0,83	341,62	301,14	0,00	0,00	0,00	6.928,52	4'044.918,10
Chocho	1.930,5	1.582,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.513,47	3.407,13
Arveja	3.448,8	1.300,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.749,33	2.516,86
Frejol	6.287,69	1.172,00	0,00	0,00	5,59	13,26	0,00	0,00	0,00	7.478,54	140.615,16
Haba	1.424,234	600,00	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.026,14	3.866,29
Sábila	665,28	7.784,00	0,00	4,35	32,07	0,00	0,00	0,00	0,00	8.485,70	307.722,78
<b>Total</b>											<b>5'787.034,10</b>

*Nota.* Los espesores de 10 y 5 cm de ceniza no se encuentran en la tabla 52 porque el análisis realizado en el área no afectó a la zona de cultivos.

En la tabla 45 se resalta el resumen de resultados del análisis de pérdidas económicas por flujos piroclásticos totales en zonas de cultivos por el volcán Cuicocha, en la que se presenta los cultivos agrícolas en la zona con sus hectáreas afectadas, los beneficios por hectárea de esos cultivos, el costo de producción por hectárea y las pérdidas totales en dólares por cada cultivo, donde el total de pérdida es de 328.929,70 dólares.

**Tabla 45**

*Pérdida económica total en zonas de cultivo en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha*

<b>Cultivos Agrícolas</b>	<b>Beneficios/ha (USD*Tm/ha)</b>	<b>Costo de producción/ha (USD*Tm/ha)</b>	<b>ha afectadas</b>	<b>Pérdidas Totales (USD)</b>
Quinoa	511,50	1.297,00	53,04	95.922,84
Maíz	1.182,02	1.500,00	1.141,65	3 061.928,13
Cebada	693,00	700,00	82,45	114.852,85
Papa	7.942,44	3.300,00	3,39	38.111,87
Tomate de Árbol	12.595,51	5.500,00	11,39	206.107,84
Frutilla	6.050,11	17.007,00	2,21	50.956,21
Chocho	1.930,50	1.582,00	1,82	6.392,75
Arveja	3.448,80	1.300,00	1,06	5.033,73
Haba	1.424,23	600,00	11,03	22.327,30
<b>Total</b>				<b>328.929,70</b>

En la tabla 46 se muestra el resumen de resultados del análisis de pérdidas económicas totales por caída de ceniza en zonas de cultivos por el volcán Imbabura, en la que se presenta los cultivos agrícolas en la zona con sus hectáreas afectadas por cada espesor de ceniza correspondiente al volcán, los beneficios por hectárea de esos cultivos, el costo de producción por hectárea y las pérdidas totales en dólares por cada cultivo, donde el total de pérdida es de 7'740.793,20 USD.

Tabla 46

*Pérdida económica total en zonas de cultivo en el cantón Otavalo por caída de ceniza del volcán Imbabura*

Cultivos Agrícolas	Beneficios/ha (USD*Tm/ha)	Costo de producción/ha (USD*Tm/ha)	ha afectadas por espesores de ceniza					ha afectadas totales	Pérdidas Totales (USD)
			10 cm	5 cm	3 cm	1 cm	0,8 cm		
Quinoa	511,50	1.297.00	20,04	46,56	7,67	0,80	23,28	98,35	177.859,49
Maíz	1.182,02	1.500.00	95,66	464,88	475,94	1.013,38	222,62	2.272,47	6'094.790,22
Cebada	693,00	700.00	0,00	0,00	4,70	21,01	10,51	36,23	50.467,29
Totora	89,81	432.00	0,00	0,00	1,18	0,00	0,07	1,25	652,78
Mora	18.700,33	3.856.00	0,00	0,00	1,43	0,00	0,02	1,46	32.880,99
Tomate de Árbol	12.595,51	5.500.00	0,64	2,10	6,02	24,19	6,65	39,60	716.536,01
Aguacate	8.001,32	12.000.00	0,00	0,00	1,38	0,00	0,00	1,38	27.698,49
Frutilla	6.050,11	17.007.00	0,00	19,44	3,41	0,00	0,29	23,14	533.428,93
Brócoli	28.979,60	2.604.00	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	2,60	82.209,23
Chocho	1.930,50	1.582.00	0,00	0,33	3,16	3,41	0,00	6,91	24.269,78
			<b>Total</b>						<b>7'740.793,20</b>

En la tabla 47 se resalta el resumen de resultados del análisis de pérdidas económicas por flujos piroclásticos totales en zonas de cultivos por el volcán Imbabura, en la que se presenta los cultivos agrícolas en la zona con sus hectáreas afectadas, los beneficios por hectárea de esos cultivos, el costo de producción por hectárea y las pérdidas totales en dólares por cada cultivo, donde el total de pérdida es de 4'224.250,24 USD.

**Tabla 47**

*Pérdida económica total en zonas de cultivo en el cantón Otavalo por flujos piroclásticos del volcán Imbabura*

<b>Cultivos Agrícolas</b>	<b>Beneficios/ha (USD*Tm/ha)</b>	<b>Costo de producción/ha (USD*Tm/ha)</b>	<b>ha afectadas</b>	<b>Pérdidas Totales (USD)</b>
Cebada	693,00	700,00	7,60	10.590,19
Maíz	1.182,02	1.500,00	1.407,43	3'774.741,56
Papa	7.942,44	3.300,00	8,19	92.059,50
Quinoa	511,50	1.297,00	34,40	62.209,60
Tomate Árbol	12.595,51	5.500,00	15,31	277.099,20
Totora	89,81	432,00	8,99	4.688,77
Trigo	1.059,96	960,00	1,42	2.861,43
<b>Total</b>				<b>4'224.250,24</b>

### ***Resumen del Impacto Económico***

De acuerdo a la tabla 48 se realizaron dos mapas, uno con las pérdidas económicas por caída de ceniza del volcán Cuicocha que se representan en la figura 130, y el mapa de pérdidas económicas por caída de ceniza del volcán Imbabura que se representan en la figura 131. En la tabla 49 se muestra el resumen del impacto económico por caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura:

**Tabla 48**

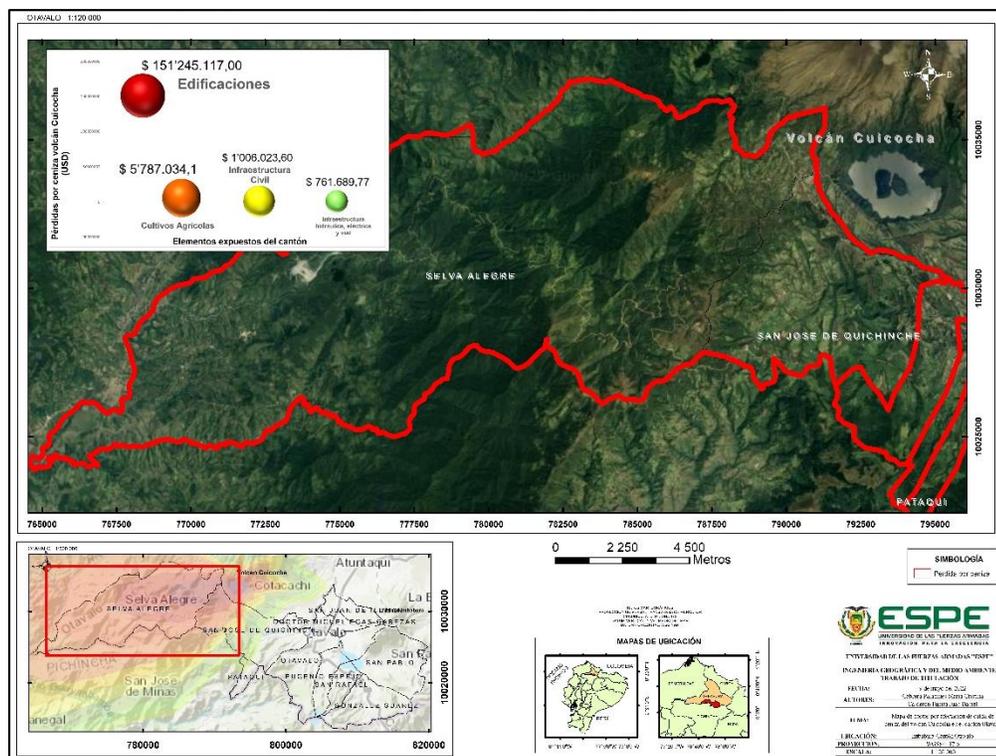
*Impacto económico por caída de ceniza de los volcanes Cuicocha e Imbabura*

<b>Elementos expuestos cantón Otavalo</b>	<b>Pérdidas por ceniza volcán Cuicocha (USD)</b>	<b>Pérdidas por ceniza volcán Imbabura (USD)</b>
<b>Cultivos Agrícolas</b>	5'787.034,10	7'740.793,20
<b>Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</b>	761.689,77	360.217,67
<b>Infraestructura Civil</b>	1'006.023,60	195.805,36
<b>Edificaciones</b>	151'245.117,00	4'081.168,35
<b>Total</b>	158'799.864,47	12'377.984,58

La figura 130 muestra las pérdidas económicas por caída de ceniza del volcán Cuicocha, se pierde un total de 158'799.864,47 USD, los cuales se dividen en 5'787.034,10 USD por cultivos agrícolas, 761.689,77 USD por la infraestructura vial, hidráulica y eléctrica, 1'006.023,60 USD por la infraestructura civil y 151'245.117,00 USD por edificaciones.

### **Figura 130**

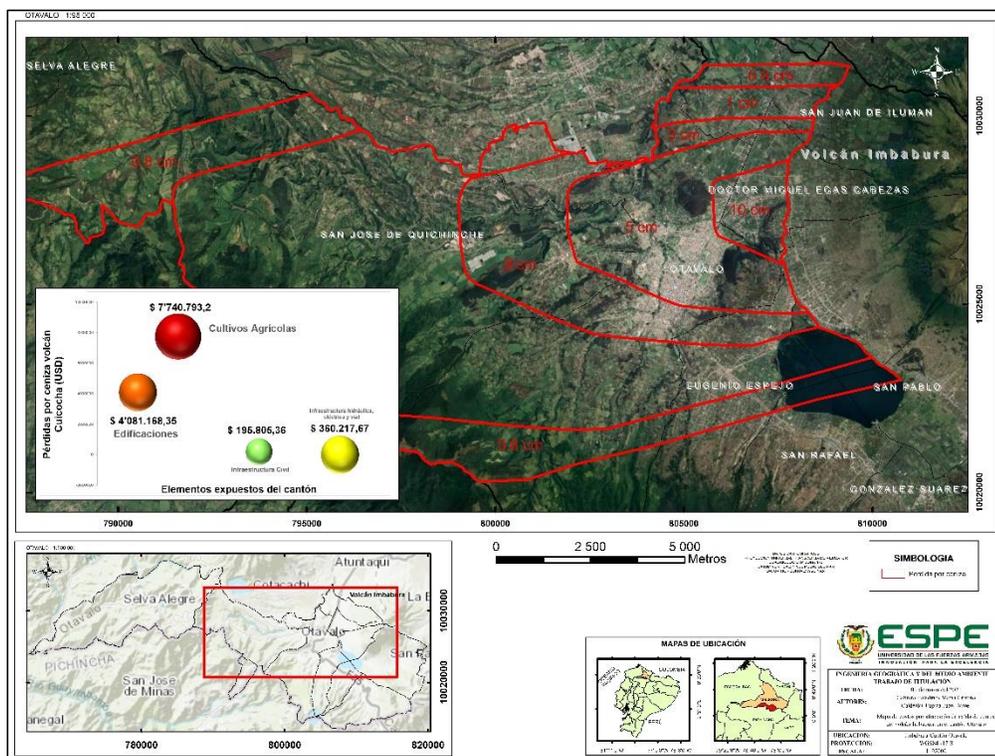
*Mapa temático del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones por caída de ceniza de la potencial erupción del volcán Cuicocha a 1:120.000*



La figura 131 muestra las pérdidas económicas por caída de ceniza del volcán Imbabura, se pierde un total de 12'377.984,58 USD el cual se divide en 7'740.793,20 USD por cultivos agrícolas, 360.217,67 USD por la infraestructura vial, hidráulica y eléctrica, 195.805,36 USD por la infraestructura civil y 4'081.168,35 USD por edificaciones.

### Figura 131

*Mapa temático del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones por caída de ceniza de la potencial erupción del volcán Imbabura a 1:95.000*



De acuerdo a la tabla 49 se realizaron dos mapas, uno con las pérdidas económicas por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha que se representan en la figura 132, y el mapa de pérdidas económicas por flujos piroclásticos del volcán Imbabura se representan en la figura 133. En la tabla 51 se muestra el resumen del impacto económico por flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura:

**Tabla 49**

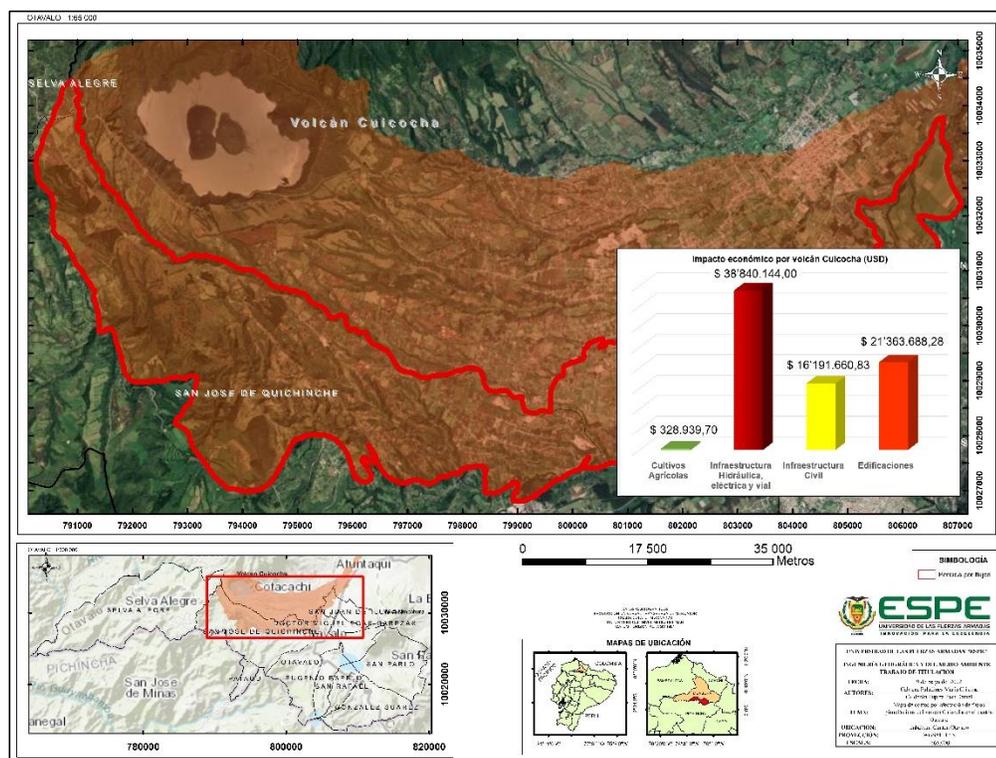
*Impacto económico por flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura*

Elementos expuestos cantón Otavalo	Pérdidas por flujos piroclásticos volcán Cuicocha (USD)	Pérdidas por flujos piroclásticos volcán Imbabura (USD)
Cultivos Agrícolas	328.939,70	4'224.250,24
Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial	38'840.144,00	164'405.073,51
Infraestructura Civil	16'191.660,83	33'295.677,35
Edificaciones	21'363.688,28	86'614.639,83
<b>Total</b>	<b>76'724.432,81</b>	<b>288'539.640,93</b>

En la figura 132 se puede observar las pérdidas económicas por flujos piroclásticos del volcán Cuicocha, con un total de 76'724.432,81 USD los cuales se dividen en 328.939,70 USD por cultivos agrícolas, 38'840.144,00 USD por la infraestructura vial, hidráulica y eléctrica, 16'191.660,83 USD por la infraestructura civil y 21'363.688,28 USD por edificaciones.

### Figura 132

Mapa temático del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones por flujos piroclásticos de la potencial erupción del volcán Cuicocha a 1:65.000

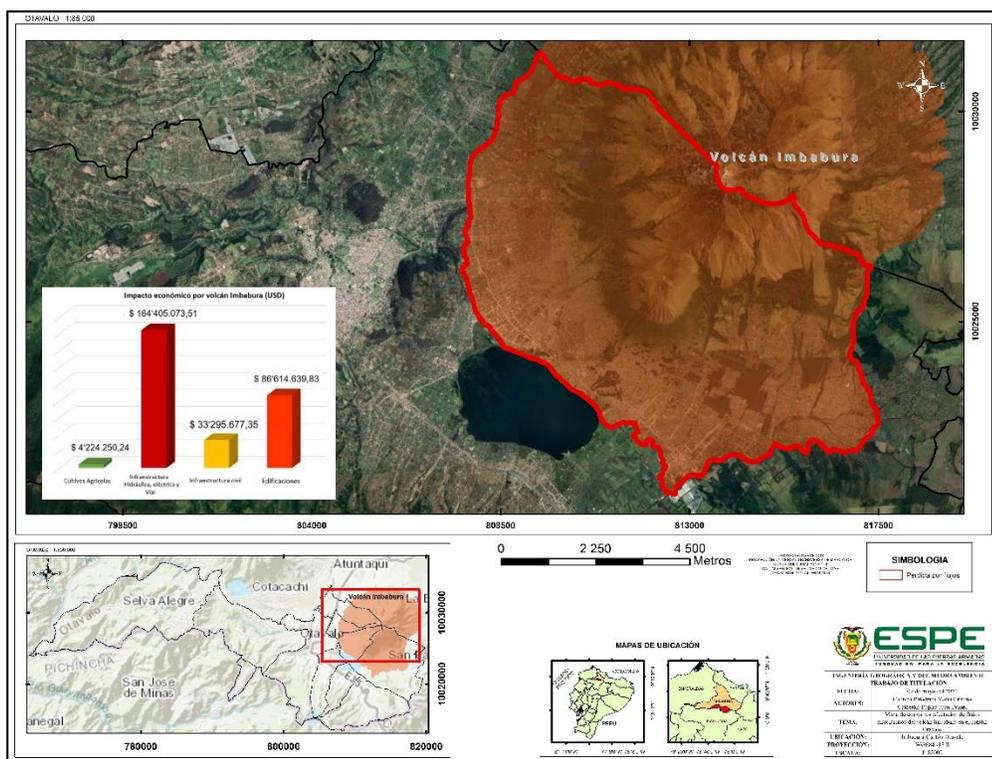


La figura 133 muestra las pérdidas económicas por flujos piroclásticos del volcán Imbabura, se pierde un total de 288'539.640,93 USD el cual se divide en 4'224.250,24 USD por cultivos agrícolas, 164'405.073,51 USD por la infraestructura vial,

hidráulica y eléctrica, 33'295.677,35 USD por la infraestructura civil y 86'14.639,83 USD por edificaciones.

### Figura 133

Mapa temático del cantón Otavalo asociado al impacto económico (costos) en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y edificaciones por flujos piroclásticos de la potencial erupción del volcán Imbabura a 1:85.000



En la Tabla 50 se presenta el resumen del impacto económico en el Cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura:

### Tabla 50

Resumen del impacto económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura

<b>Elementos expuestos cantón Otavalo</b>	<b>Pérdidas totales por volcán Cuicocha (USD)</b>	<b>Pérdidas totales por volcán Imbabura (USD)</b>
<b>Cultivos Agrícolas</b>	61'159.963,80	11'965.043,44
<b>Infraestructura hidráulica, eléctrica y vial</b>	39'601.834,37	164'765.291,18
<b>Infraestructura Civil</b>	17'195.517,71	33'491.482,71
<b>Edificaciones</b>	172'609.160,48	90'695.808,18
<b>Total</b>	<b>235'524.287,89</b>	<b>300'917.625,51</b>

### **Propuesta de medidas de prevención que permitan disminuir el impacto físico y económico**

El cantón Otavalo que puede ser afectado por la erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura debe tener las medidas de prevención ante el posible evento.

El resultado del este análisis permite considerar los siguientes puntos: la elaboración del plan de riesgos y la difusión de dichos planes a la población, crear programas de capacitación para la ciudadanía del Cantón Otavalo de tal manera que se involucren con el tema de desastres naturales, actualizar los mapas de riesgos y recursos, determinar zonas de seguridad, ejecutar prácticas de aislamiento y evacuación, señalar puntos de abastecimiento de agua, establecer el plan vial alterno para abastecimiento logístico, establecer puntos de asistencia médica, programar el mantenimiento de los sistemas de alerta temprana, planificar los programas de reubicación de infraestructura como escuelas, hospitales, población que se encuentran en las zonas de afectación y finalmente realizar un censo de equipo y maquinaria pesada para el empleo en los diferentes trabajos, como movimientos de tierra, excavaciones, desalojos, entre otros.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

En el capítulo V se detallan las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la presente investigación, con la cual se aportará al conocimiento preventivo en caso de erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura.

#### Conclusiones

En esta tesis se determinó el impacto físico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura mediante el uso de herramientas geoespaciales, se conoció las características de los hechos geográficos (infraestructura, uso de suelo) del cantón, se comprendió el comportamiento espacial y la afectación de los fenómenos geográficos como la caída de ceniza y flujos piroclásticos de los dos volcanes a los elementos expuestos, por lo que se concluye que una potencial erupción de estos volcanes produciría devastación, daños y graves consecuencias en el cantón, convirtiéndose en una tragedia a nivel cantonal y nacional . A la vez, se determinó el impacto económico de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura mediante el análisis económico de costos, por lo que se concluye que la estimación de las pérdidas económicas totales en cultivos agrícolas, infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil y en edificaciones representan exorbitantes cantidades de dinero para el cantón Otavalo y para el país.

Se identificó en el cantón los peligros volcánicos potenciales del volcán Cuicocha, con la ayuda revisión bibliográfica del historial eruptivo, información proporcionada por el GAD municipal del cantón Otavalo y la recopilación de la información de campo, se concluye que su erupción en años pasados fue muy violenta, gran parte del material volcánico como ceniza (ver figuras 15 y 16) fue expulsado hacia el Noroeste con dirección a Esmeraldas, esto debido a la dirección de los vientos en el

Ecuador, Los flujos piroclásticos llegaron hasta las poblaciones de Quiroga, Cotacachi y una parte de Otavalo, se concluye que lo ocurrido en el pasado puede servir como un estado de alerta para prevenir los posibles desastres por la erupción de este volcán.

Se estableció el impacto físico en la infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil, edificaciones, uso del suelo y zonas de cultivo en el cantón, mediante la elaboración de mapas de peligros volcánicos. Por caída de ceniza se vería afectadas fuertemente la zona rural del cantón por volcán Cuicocha (ver figura 21) cubriría, la infraestructura, edificaciones, uso de suelos y zonas de cultivos pertenecientes a las parroquias de Selva Alegre y San José de Quichinche, por lo que se concluye que el impacto físico por caída de ceniza sería nocivo en la infraestructura y edificaciones, pero el daño sería mayor en el uso de suelo y zona de cultivos ya que acabaría con todos estos. Por flujos piroclásticos del volcán, el impacto representaría pérdidas totales, una catástrofe en toda la infraestructura, edificaciones, uso de suelo y zonas de cultivo para las poblaciones de Quiroga, Cotacachi y una pequeña parte de Otavalo.

Al identificar la situación actual del cantón Otavalo debido a su ubicación geográfica en la parte sur occidental del volcán Imbabura y en relación a los peligros volcánicos potenciales de este volcán, se concluye que gran parte del material volcánico como ceniza, cubrió grandes extensiones de terreno en el cantón Otavalo, ya que el 85% o 90% de los casos la caída de ceniza se dirige al occidente y sur occidente debido a la dirección de los vientos en el Ecuador. Además, con la evidencia de taludes formados por flujos piroclásticos del volcán Imbabura como se presentó en las tablas de resultados y debido a que este tipo de material volcánico expulsado recorre distancias menores en comparación a la caída de ceniza y se deposita alrededor del volcán, se concluye que extensiones cercanas y ubicadas en las faldas del volcán Imbabura pertenecientes al cantón Otavalo fueron afectadas por este peligro volcánico.

Con tales precedentes se determinó el impacto físico en infraestructura hidráulica, eléctrica, vial, civil, edificaciones, uso de suelo y zonas de cultivos en el cantón Otavalo mediante la elaboración de mapas de peligros volcánicos como la caída de ceniza y flujos piroclásticos del volcán Imbabura; es así que la infraestructura, uso de suelo, y zonas de cultivos pertenecientes a las parroquias de San Pablo, Doctor Miguel Egas (Peguche), San Juan de Ilumán, San José de Quichinche, Otavalo, Eugenio Espejo y San Rafael se verían afectadas por espesores de ceniza de 10 cm, 5 cm, 3 cm, 1 cm y 0.8 cm del volcán Imbabura, por lo que se concluye que al ser los espesores bajos en cantidad a comparación con los espesores de ceniza del volcán Cuicocha que son altos en cantidad debido al índice de explosividad volcánica, el impacto físico y los potenciales daños serían mayormente perjudiciales en el uso de suelo y zonas de cultivo que en infraestructura. En relación al impacto físico por flujos piroclásticos del volcán Imbabura en el cantón Otavalo; la infraestructura, uso de suelo y zonas de cultivos que se encuentran ubicadas en las zonas cercanas a las faldas del volcán, pertenecientes a las parroquias de San Pablo, Otavalo, Doctor Miguel Egas (Peguche) y San Juan de Ilumán, se verían afectadas en igual magnitud, por lo que se concluye que los potenciales daños representarían pérdida total y devastación en infraestructura, uso de suelo y zonas de cultivos.

Al analizar el impacto económico en el cantón Otavalo mediante información geográfica, mapas de peligros volcánicos potenciales y el análisis económico de costos, se estimó las pérdidas económicas totales por caída de ceniza y flujos piroclásticos del volcán Imbabura en cultivos agrícolas que es de 11'965.043,44 USD, en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial es de 164'765.291,18 USD, en infraestructura civil es de 33'491.482,71 USD, en edificaciones es de 90'695.808,18 USD y se obtuvo un total de 300'917.625,51 USD, mientras que las pérdidas económicas totales por caída de ceniza

y flujos piroclásticos del volcán Cuicocha en cultivos agrícolas que es de 61'159.963,80 USD, en infraestructura hidráulica, eléctrica y vial es de 39'601.834,37 USD, en infraestructura civil es de 17'195.517,71 USD, en edificaciones es de 172'609.160,48 USD y se obtuvo un total de 235'524.287,89 USD (ver Tabla 52), por lo que se concluye que a pesar de que el volcán Imbabura tiene un índice de explosividad menor en comparación al volcán Cuicocha, las pérdidas económicas son mayores a causa de una potencial erupción del volcán Imbabura que las pérdidas económicas por el volcán Cuicocha, debido a que la mayor parte de la infraestructura urbana del cantón se encuentra muy cercana al volcán Imbabura y presenta una mayor vulnerabilidad.

Se realizó una propuesta de medidas de prevención que permite reducir pérdidas de vidas humanas, destrucción de la propiedad y el impacto físico y económico que afectaría al cantón Otavalo, por lo que se concluye que los puntos mencionados en el apartado “Resultados de las bases de una propuesta de medidas de prevención para la propuesta de medidas prevención que permitan disminuir el impacto físico y económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura” son indispensables y minimizarían las consecuencias de estos impactos.

### **Recomendaciones**

Se recomienda un análisis exhaustivo de la determinación del impacto físico y económico en el cantón Otavalo de la potencial erupción de los volcanes Cuicocha e Imbabura que se presentó en este estudio, por parte de las autoridades de turno del GAD Municipal de Otavalo, con la finalidad de que tengan información base de los acontecimientos que podrían enfrentar ante tales eventos catastróficos.

Se recomienda un trabajo de campo más integro, con mayor tiempo de observación y muestreo de material volcánico del Cuicocha e Imbabura en el cantón

Otavaló, que compile información pormenorizada de las características de tales evidencias de erupciones pasadas.

La elaboración de mapas de peligros volcánicos de caída de ceniza y flujos piroclásticos de los volcanes Cuicocha e Imbabura a través del sistema de información geográfica Arc-Gis, fueron fundamentales en la determinación del impacto físico en el cantón Otavaló; cabe señalar que existen diferentes técnicas y sistemas de información geográfica que permiten llegar al mismo fin, porque lo que se sugiere emplear otros métodos para que se compruebe los resultados obtenidos.

De acuerdo al impacto económico, se sugiere que las autoridades de turno en colaboración con la ciudadanía tengan información adecuada de medidas de prevención económicas que ayuden a la minimización de las pérdidas económicas totales.

De acuerdo a las medidas de prevención, se sugiere la realización de programas de reubicación de hospitales, escuelas y personas más afectadas que se encuentre en las zonas de afectación de los volcanes, por parte de las autoridades a nivel cantonal y nacional.

## Bibliografía

- Álvarez, S., & Rettberg, A. (2008). Cuantificando los efectos económicos del conflicto: una exploración de los costos y los estudios sobre los costos del conflicto armado colombiano. *Colombia Internacional*, 67, 14–37. <https://doi.org/10.7440/colombiaint67.2008.01>
- Ancochea, E., & Barrera, J. . (2022). La peligrosidad volcánica- Medidas estructurales y no estructurales ante el riesgo volcánico. In Ariel Ciencia (Ed.), *Riesgos Naturales* (1st ed., pp. 288–294). [https://eprints.ucm.es/id/eprint/42482/1/2002\\_Medidas\\_Cap\\_13\\_Riesgos\\_Naturales\\_Ed\\_Ayala\\_y\\_Olcina.pdf](https://eprints.ucm.es/id/eprint/42482/1/2002_Medidas_Cap_13_Riesgos_Naturales_Ed_Ayala_y_Olcina.pdf)
- Ancochea, E., & Barrera, J. L. (2002). La peligrosidad Volcánica- Análisis de peligrosidad natural y estrategias específicas de mitigación. In Ariel ciencia (Ed.), *Riesgos Naturales* (1st ed., pp. 265–285). [https://eprints.ucm.es/id/eprint/42598/1/2002\\_Peligrosidad\\_volcanica\\_Cap\\_12\\_Riesgos\\_Naturales\\_Ed\\_Ayala\\_y\\_Olcina.pdf](https://eprints.ucm.es/id/eprint/42598/1/2002_Peligrosidad_volcanica_Cap_12_Riesgos_Naturales_Ed_Ayala_y_Olcina.pdf)
- ArcGIS Resources. (2021). ¿Qué es ArcGIS? | ArcGIS Resource Center. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Asamblea Nacional. (2008). Ley Orgánica de Contratación Pública. *Leica*, Artículo 1. <https://www.casadellibro.com/libro-contratacion-publica-2-tomos/9788497903936/1196501>
- Awdankiewicz, M. (2011). Las mayores erupciones volcánicas de la tierra. *KOSMOS (Problemy Nauk Biologicznych)*, 60(3–4), 227–234. <https://kosmos.ptpk.org/index.php/Kosmos/article/view/914>
- Barberi, F., Coltelli, M., Ferrara, G., Innocenti, F., Navarro, J. M., & Santacroce, R. (1988). Plio-Quaternary volcanism in Ecuador. *Geological Magazine*, 125(1), 1–14. <https://doi.org/10.1017/S0016756800009328>
- Bedón, M. (2014). *Propuesta de un plan para la gestión de riesgos volcánicos, con enfoque a la afectación al sector agropecuario del cantón Mejía [Tesis de pregrado, Universidad ESPE]*. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bitrán, D. (1982). *Impacto económico de los desastres naturales en la infraestructura de salud*. <http://www.eclac.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/noticias/paginas/3/43023/P43023.xml&xsl=/tpl/p18fst.xsl&base=/tpl/top-bottom.xsl>
- Bohórquez, J. E. T. (2011). Desarrollo y gestión social del riesgo: ¿Una contradicción histórica? *Revista de Geografía Norte Grande*, 2011(48), 133–157. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022011000100008>
- Bonadonna, C., & Houghton, B. F. (2005). Total grain-size distribution and volume of tephra-fall deposits. *Bulletin of Volcanology*, 67(5), 441–456. <https://doi.org/10.1007/s00445-004-0386-2>
- Bretón, M. (2018). Las erupciones volcánicas y sus consecuencias en la Cuenca del Pacífico. *Portes, Revista Mexicana de Estudios Sobre La Cuenca Del Pacífico*, 12(23), 165–177. <https://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/Erupciones->

Pacífico.pdf

- Bustos, E., Arnoso, J. M., & Norini, G. (2015). Using digital elevation models for morphological analysis of La Hoyada volcanic complex | Análisis morfológico del complejo volcánico la hoyada puna austral mediante la aplicación de modelos de elevación digital. *Revista de La Asociación Geológica Argentina*, 72(2), 279–291.
- Calderón, C., Martínez Torre-Enciso, I., & Fernández-Aldavin, A. (2003). La valoración económica de los desastres: una aproximación metodológica a través de las tablas input-output. *Anales de La Asociación Española de Economía Aplicada*. Disponible En: <https://dialnet.unirioja.es/congreso/243>, 2–16.
- Campos Durán, D., & Alvarado, G. E. (2019). La Percepción Del Riesgo Volcánico Por La Actividad Del Turrialba (2010-2017) En Las Comunidades De La Pastora Y El Tapojo, Costa Rica. *Geo UERJ*, 35, e44819. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.44819>
- Carracedo, J. C., Guillou, H., Paterne, M., Scaillet, S., Rodríguez Badiola, E., Paris, R., Pérez Torrado, F. J., & Hansen Machín, A. (2004). Analisis del riesgo volcanico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): Escenarios previsibles para una futura erupcion en la isla. *Estudios Geologicos*, 60(3–6), 63–93.
- Carracedo, J., & Pérez Torrado, F. (2015). Peligros volcánicos ¿predecibles, prevenibles, mitigables? *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra: Revista de La Asociación Española Para La Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 23(1), 5–11.
- Cascón, J., López, A., Ruiz, A., & Herrera, E. (2019). Proyecto Histocarto: aplicación de SIGs (georreferenciación y geolocalización) para mejorar la recuperación de la documentación histórica gráfica. *El Profesional de La Información*, 28(4), 1–17. <https://doi.org/10.3145/epi.2019.jul.16>
- Caselli, A., Vélez, M. L., Agosto, M., & Jover, M. L. (2010). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ANTE CAIDA DE CENIZAS VOLCANICAS Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos. *Universidad de Buenos Aires-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.*, 113. [https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2020-01/0000001201cnt-2013\\_manual-contingencia-caida-cenizas.pdf](https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2020-01/0000001201cnt-2013_manual-contingencia-caida-cenizas.pdf)
- Casertano, L., Borgia, A., & Cigolini, C. (1983). Recuento actividad volcán poas pasado.pdf. In *Geofísica Internacional* (Vol. 22, Issue 3, pp. 215–236). Published on behalf of the Mexican Geophysical Union. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/geofisica/article/view/39263/35702%0Ahttps://authors.library.caltech.edu/49978/>
- Chiesa, S. (2013). La mayor erupción pliniana del volcán Arenal, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 06, 25–41. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i06.12334>
- Constitución. (2008). Constitucion de la republica del Ecuador 2008. In *Registro oficial 449 de 20 Oct. 2008* (p. Artículo 389-390). Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2007-2008. <https://www.cosede.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>

- COOTAD. (2019). Código Orgánico de Organización Territorial Descentralizado, COOTAD. In *Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010* (p. Artículo 140). <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/COOTAD.pdf>
- COPLAFIP. (2004). *Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas* (p. Artículo 64). [https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/CODIGO\\_PLANIFICACION\\_FINAZAS.pdf](https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/CODIGO_PLANIFICACION_FINAZAS.pdf)
- Corominas, O., & Martí, J. (2015). Estudio comparativo de los planes de actuación frente el riesgo volcánico (Costa Rica, El Salvador, Ecuador, España, México, Nicaragua y Chile). *Revista Geológica de América Central*, 52, 33–56. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i52.18980>
- Cosamalón, A. (2007). Gestion del riesgo de desastres para la planificación del desarrollo local. *Historia*, 1–66.
- D’Ercole, R. (2015). La catástrofe del Nevado del ruiz, ¿Una enseñanza para el Ecuador? El caso del Cotopaxi. *Corporación Editora Nacional*, 8(1), 17–34. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01184809>
- D’Ercole, R., Metzger, P., & Sierra, A. (2009). Alerta volcánica y erupción del volcán Pichincha en Quito (1998-1999). *Bulletin de l’Institut Français d’études Andines*, 38(38 (3)), 487–499. <https://doi.org/10.4000/bifea.2290>
- D’Elia, L., Bilmes, A., Weissmann, H., López, L., Hermamdo, I., Redigonda, J. I., Funes, D., Cuevas, C., Moyano, D., González, M., Carrera, J., Graieb, A., Brachetta, N., Carrera, J., D’Abramo, S., Ranea, I., Gargiulo, I., & Morote, M. L. (2015). La erupción del volcán calbuco-boletín de divulgación. *Researchgate, April*, 1–7. [https://www.researchgate.net/profile/Leandro-Delia/publication/275658801\\_LA\\_ERUPCION\\_DEL\\_VOLCAN\\_CALBUCO-BOLETIN\\_DE\\_DIVULGACION/links/5543ef120cf24107d396390f/LA-ERUPCION-DEL-VOLCAN-CALBUCO-BOLETIN-DE-DIVULGACION.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leandro-Delia/publication/275658801_LA_ERUPCION_DEL_VOLCAN_CALBUCO-BOLETIN_DE_DIVULGACION/links/5543ef120cf24107d396390f/LA-ERUPCION-DEL-VOLCAN-CALBUCO-BOLETIN-DE-DIVULGACION.pdf)
- Dávila, F., & Camacho, E. (2012). Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de archivos y cartotecas “Propuesta Metodológica.” *Revista Catalana de Geografía*, 17(46), 1–9. <http://www.rcg.cat/articles.php?id=252>
- Decreto Ejecutivo, 486. (2010). *Decreto Ejecutivo 489. Reglamento a la Ley de seguridad pública del Estado*. Artículos 3, 18, 19 y 24. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2018/06/Reglamento-a-la-Ley-de-Seguridad-Publica-y-del-Estado.pdf>
- Dirección de Desarrollo Económico Fomento Empresarial y Turismo Otavalo. (2020). Plan de Desarrollo Turístico del Cantón Otavalo 2020-2025. *Alcaldía de Otavalo*, 114.
- Domínguez, J. (2000). *Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica*. June, 38.
- Duque, G. (2006). Riesgo En Zonas Andinas Por Amenaza. In *Riesgo En Zonas De Montaña Por Laderas Inestables Y Amenaza Volcanica* (No. 2019-06-24T13:11:55Z; 2006-01). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3233>
- ESRI. (2022). *Acerca de los puntos de control*. ArcGIS- ArcMap. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/editing->

parcels/aboutcontrolpoints.htm

- ESRI, & ArcGIS Resources. (2022). *Georreferenciación y sistemas de coordenadas Latitud y longitud*. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>
- Fernandez-Turiel, J. L., Perez-Torrado, F. J., Rodriguez-González, A., Saavedra, J., Carracedo, J. C., Rejas, M., Lobo, A., Osterrieth, M., Carrizo, J. I., Esteban, G., Gallardo, J., & Ratto, N. (2019). La gran erupción de hace 4.2 ka cal en Cerro Blanco, Zona Volcánica Central, Andes: nuevos datos sobre los depósitos eruptivos holocenos en la Puna sur y regiones adyacentes. In *Estudios Geológicos* (Vol. 75, Issue 1). Estudios geológicos. <https://doi.org/10.3989/egeol.43438.515>
- Ferrari, L., Orozco Esquivel, T., Navarro, M., López-Quiroz, P., & Luna, L. (2018). Digital Geologic Cartography and Geochronologic Database of the Trans-Mexican Volcanic Belt and Adjoining Areas. *Terra Digitalis*, 2(1). <https://doi.org/10.22201/igg.terradigitalis.2018.1.34>
- Galarza López, J., & Almuiñas Rivero, J. L. (2015). La gestión de los riesgos de planificación estratégica en las instituciones de educación superior. *Revista Cubana de Educación Superior*, 34(2), 45–53. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0257-43142015000200005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142015000200005)
- Galle, B., Platt, U., Van Roozendaal, M., Oppenheimer, C., Hansteen, T., Boudon, G., Burton, M., Delgado, H., Strauch, W., Duarte, E., Garzón, G., Pullinger, C., Kasereka, M., Molina, L., Carn, S., & Ponce, P. (2007). Red mundial para el monitoreo de la actividad volcánica y el estudio de los cambios atmosféricos - novac. *Conference: XI Congreso Colombiano de Geología.*, 1, 1–15. [https://www.researchgate.net/publication/257235794\\_Red\\_Mundial\\_para\\_el\\_Monitoreo\\_de\\_la\\_Actividad\\_Volcanica\\_y\\_el\\_Estudio\\_de\\_los\\_Cambios\\_Atmosfericos](https://www.researchgate.net/publication/257235794_Red_Mundial_para_el_Monitoreo_de_la_Actividad_Volcanica_y_el_Estudio_de_los_Cambios_Atmosfericos)
- Garrido, M. L. (2017). El estudio científico de los volcanes en la América Colonial Española. *Llull*, 40(84), 125–155. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/6073>
- Gobierno Autónomo descentralizado de Otavalo. (2015). *Actualización del Plan Estratégico de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Otavalo - Provincia de Imbabura* (Issue 1). file:///C:/Users/hpi7/Downloads/PDOT OTAVALO.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Otavalo. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Formulación Del Plan De Ordenamiento Territorial Del Catón Otavalo*.
- Guerrero, D. (2019a). *Determinación De La Vulnerabilidad Volcánica En La Parroqui Angochagua – Ibarra, Ecuador*. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.
- Guerrero, D. (2019b). *Determinación De La Vulnerabilidad Volcánica En La Parroqui Angochagua – Ibarra, Ecuador*.
- Guerrero, H. (2004). *Amenaza probabilística por caída de ceniza en la zona de influencia del volcán Galeras* [Universidad de Nariño]. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/6073>
- Hidalgo, M. (2019). *ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ESTIMACIÓN DE COSTOS SOCIO- ECONÓMICOS POR DAÑOS POTENCIALES EN LA POBLACIÓN DE LASSO, UBICADO EN LA PARROQUIA DE TANICUCHÍ DEL CANTÓN*

LATACUNGA, ANTE UNA EVENTUAL GENERACIÓN DE LAHARES DEL VOLCÁN COTOPAXI. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- Hill, B. E., Connor, C. B., Jarzempa, M. S., La Femina, P. C., Navarro, M., & Strauch, W. (1998). 1995 eruptions of Cerro Negro volcano, Nicaragua, and risk assessment for future eruptions. *Bulletin of the Geological Society of America*, 110(10), 1231–1241. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1998\)110<1231:EOCNVN>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1998)110<1231:EOCNVN>2.3.CO;2)
- INEC. (2019). *El índice de precios de la construcción (IPCO)*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/el-indice-de-precios-de-la-construccion-ipco-de-julio-2019-esta-a-disposicion-del-publico/>
- INEC. (2020). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Instituto Geofísico EPN. (2018). *INFORME ESPECIAL VOLCÁN CUICOCHA N°01 – 2018*.
- Jácome, E. (2011). *Evaluación del impacto de la ceniza volcánica emitida por el volcán Tungurahua, sobre los suelos destinados a la explotación agrícola (Cantón QUERO)*. [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Justo, L. F. (2018). “*Gestión de riesgo y capacidad preventiva ante desastres originados por el cambio climático en el distrito de Nueva Cajamarca-2018*” [Universidad César Vallejo]. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/29587#.XzHgzBxmhYA.mendele> y
- Linares, Á., Ortiz, R., & Mareno, J. (2004). Riesgo Volcanico. *Ministerio General de Protección Civil y Emergencias*, 104. <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/VLC-Guia-Riesgo-Volcanico.pdf>
- Loaiza, Y. (2019). *¿Conocemos el verdadero riesgo de los volcanes en el Ecuador?* <https://gk.city/2019/09/16/riesgo-volcanes-ecuador-cotopaxi-tungurahua/>
- Macías, J. L. (2005). Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 57(3), 379–424. <https://doi.org/10.18268/bsgm2005v57n3a6>
- Macías, R. (2002). *Lecciones Aprendidas sobre los Efectos de las Erupciones Volcánicas en el Ecuador, en los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado*.
- Martini, M. (2000). Gases Volcánicos Y Eventos Eruptivos. In M. Astiz & A. García (Eds.), *Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica* (7th ed., pp. 1–19). Servicio de publicaciones del Exmo. Cabildo Insular de Lanzarote. [http://www.volcanesdecanarias.com/images/DOWNLOAD/Volcanes/07\\_GASES\\_VOLCANICOS.pdf](http://www.volcanesdecanarias.com/images/DOWNLOAD/Volcanes/07_GASES_VOLCANICOS.pdf)
- Maskrey, A. (1998). Navegando entre brumas. ... *Aplicación De Los Sistemas De Información Geográfica ...*, CAP 12, 24.
- Maturana, A. (2011). Evaluación de riesgos y gestión en desastres. 10 preguntas para la década actual. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 22(5), 545–555. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(11\)70465-5](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(11)70465-5)

- Mélanie Mettra. (2020). *Pompeya y el Vesubio. Las últimas horas de la ciudad romana* (Titivillus (ed.)). epublibre. file:///D:/down/Pompeya y el Vesubio - Mélanie Mettra (1).pdf
- Melián, G. V., Toulkeridis, T., Pérez, N. M., Hernández, P. A., Somoza, L., Padrón, E., Amonte, C., Alonso, M., Asensio-Ramos, M., & Cordero, M. (2021a). Geochemistry of Water and Gas Emissions From Cuicocha and Quilotoa Volcanic Lakes, Ecuador. *Frontiers in Earth Science*, 9(December), 1–23. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.741528>
- Melián, G. V., Toulkeridis, T., Pérez, N. M., Hernández, P. A., Somoza, L., Padrón, E., Amonte, C., Alonso, M., Asensio-Ramos, M., & Cordero, M. (2021b). Geochemistry of Water and Gas Emissions From Cuicocha and Quilotoa Volcanic Lakes, Ecuador. *Frontiers in Earth Science*, 9(December). <https://doi.org/10.3389/feart.2021.741528>
- Mendoza, D. (2019). Costos económicos del huracán Alex en Nuevo León, México. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 50(198), 3–29. <https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2019.198.67469>
- Merino, S. de C. (2014). *Grandes catástrofes en la historia de la Tierra: vulcanismo e impacto de bólidos extraterrestres* [Universidad de Jaén]. [https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/10416/1/TFG\\_De\\_Castro\\_Merino\\_Salvador.pdf](https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/10416/1/TFG_De_Castro_Merino_Salvador.pdf)
- Ministerio de Defensa Nacional. (2009). Ley organica de la defensa nacional. *Registro Oficial 4 de 19-Ene-2007*, Artículo 5. [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/abr16\\_REGLAMENTO-DISCIPLINA-MILITAR-EN-VIGENCIA-ACTUALIZADO-AL-24-OCT-2013.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/abr16_REGLAMENTO-DISCIPLINA-MILITAR-EN-VIGENCIA-ACTUALIZADO-AL-24-OCT-2013.pdf)
- Morales, P. A. (2012). *Diseño De Un Edificio De Gestión, Prevencion de riesgos y MonitOreo Del Volcón Cotopaxi, Para La Ciudad De Latacunga* [Universidad Internacional SEK del Ecuador]. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/86>
- Moreno, H., & Varela, J. (1985). SUELOS VOLCÁNICOS DE CHILE - Geología, vulcanismo y sedimentos piroclásticos cuaternarios de la región centrar y sur de Chile. In J. Tosso (Ed.), *Suelos volcánicos de Chile* (INIA 1985, Issue February, pp. 493–522). Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA. [https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Roa-2/publication/325794196\\_SUELOS\\_VOLCANICOS\\_DE\\_CHILE\\_Geologia\\_geomorfologia\\_del\\_Cuaternario\\_de\\_la\\_Depresion\\_Central\\_de\\_Chile\\_Cap\\_6\\_Geologia\\_volcanismo\\_y\\_sedimentos\\_piroclasticos\\_cuaternarios\\_de\\_la\\_region\\_central](https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Roa-2/publication/325794196_SUELOS_VOLCANICOS_DE_CHILE_Geologia_geomorfologia_del_Cuaternario_de_la_Depresion_Central_de_Chile_Cap_6_Geologia_volcanismo_y_sedimentos_piroclasticos_cuaternarios_de_la_region_central)
- MTOP. (2019). *PROYECTO: K0063 MTOP- Construcción de la carretera Colimes-Olmedo.*
- MTOP. (2020). *PROYECTO : K014 MTOP - Ampliación y Rehabilitación a cuatro carriles del anillo vial de Santo Domingo.*
- MTOP. (2021). *PROYECTO : K003 MTOP - Gestión y Operación de Corredores de la Red Vial Estatal a través de Delegación.*
- Noji, E. K. (2002). *Impacto de los desastres en la salud pública.* <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/165862/1/9275323321.pdf>

- Ordoñez, J., & Condori, G. (2022). Análisis de la precisión de un levantamiento topográfico utilizando fotogrametría con RPAS y su relación a la densidad de puntos de control terrestre [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Tesis*. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza\\_Mamani\\_J\\_oel\\_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_J_oel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Páez, J., Campos, E., & Rodríguez, I. (2015). Análisis de la avalancha de detritos del volcán Lastarria , Andes Centrales : facies , parámetros físicos y dinámica. *XIV Congreso Geológico Chileno, Tabla 1*, 15–18.
- Paladio-melosantos, L. O., Solidum, R. U., Scott, G. E., Quiambao, R. B., Umbal, J. V, Rodolfo, K. S., Tubianosa, B. S., Reyes, P. J. D., Alonso, R. A., & Ruelo, H. B. (2012). *Caídas de tefra de las erupciones de 1991 del monte Pinatubo*. [https://www.researchgate.net/publication/262674481\\_Tephra\\_falls\\_of\\_the\\_1991\\_eruptions\\_of\\_Mount\\_Pinatubo](https://www.researchgate.net/publication/262674481_Tephra_falls_of_the_1991_eruptions_of_Mount_Pinatubo)
- Paniagua, S. (1986). Consideraciones sobre el riesgo volcánico en Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 4, 89–92. <file:///D:/down/12254-Texto del artículo-21195-1-10-20131218.pdf>
- Paniagua, S., & Soto, G. (1986). Reconocimiento de los riesgos volcánicos potenciales de la Cordillera Central de Costa Rica, América Central. *Ciencia y Tecnología*, 10(2), 49–72. <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Riesgo/pdf/spa/doc960/doc960-contenido.pdf>
- Pavón, F. (2017). *Análisis Del Impacto Socioeconómico De Los Lahares Y Caída De Ceniza Ante Una Eventual Erupción Del Volcán Cayambe En La Actividad Florícola En Los Cantones De Cayambe Y Pedro Moncayo*. Escuela Politécnica Nacional.
- Pavón, F., Andrade, S. D., Bernard, B., & Contreras, D. (2019). Impacto socioeconómico por lahares y caída de ceniza ante la erupción del volcán Cayambe en la actividad florícola en Cayambe y Pedro Moncayo. *Revista Cartográfica*, 98, 123–143. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i98.144>
- Pérez, F. (2020). *Aplicación de los sistemas de información geográfica y matriz multicriterio en la evaluación del complejo de investigación y prestación de servicios en tecnología agropecuaria del Inta* [Universidad de Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/10669/82797>
- PREDECAN. (2008). *Tipos De Metodologías Para Zonificación De Amenazas*. <https://www.eird.org/plataforma-tematica-riesgo-urbano/recopilacion-de-articulos/lagestion-del-riesgo-urbano-en-america-latina.pdf>
- Puig, J., Ortún, V., & Pinto, J. L. (2001). Los costes en la evaluación económica de tecnologías sanitarias. *Atención Primaria*, 27(3), 186–189. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(01\)78795-1](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(01)78795-1)
- Raffo Lecca, E., & Mayta Huatuco, R. (2015). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Industrial Data*, 18(2), 61. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12109>
- Rivera, J. (2003). *Caracterización de las cenizas volcánicas en el departamento del Quindío sometidas a condiciones de secado*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15884/u239802.pdf?sequ>

ence=1

- Rojas, J., & Medina, E. (2014). *Sistema de Información Geográfica con el software ArcGis V10.1*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33275.92960>
- Rojas, O., & Martínez, C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20, 83–116. [http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-42652011001100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652011001100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Romano, L. E. (2019). 14 Observaciones Que Surgen Del Reciente Desastre En El Volcán De Fuego, 2018, Guatemala. *Revista de Estudios Latinoamericanos Sobre Reduccion Del Riesgo de Desastres*, 3(2), 109–112. <https://doi.org/10.55467/reder.v3i2.36>
- Romero, G., Maskrey, A., Cardona, O., García, V., Lavell, A., Macías, J., & Chaux, G. (1993). Los desastres no son naturales. In A. Maskrey (Ed.), *Red de Estudios Sociales en Prevención de Deastres en América Latina*. LA RED
- Romero Toledo, H., & Romero Aravena, H. (2015). Ecología política de los desastres: vulnerabilidad, exclusión socio-territorial y erupciones volcánicas en la patagonia chilena. *Magallania (Punta Arenas)*, 43(3), 7–26. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442015000300002>
- Sánchez, P., & Pérez, E. P. (2008). *Método de estimación paramétrica de costos en construcción de viviendas de interés social Parametric cost estimating method on social housing construction*. 1, 51–59. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46712106>
- Santos, J., Azcárate, M., Cocero, D., Muguza, C., & García, F. (2012). La cartografía catastral urbana y su utilización en un entorno SIG. Aplicación al estudio del desarrollo residencial del sur de Madrid. *Nimbus. Revista de Climatología, Meteorología y Paisaje*, 671–685.
- Schiavo, B., Inguaggiato, C., Arredondo-Palacios, T. E., & Meza-Figueroa, D. (2021). Emisiones volcánicas: origen e impacto en la atmósfera. *EPISTEMUS*, 15(30), 39–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.160>
- Sekita, B. (2020). *De qué manera utilizamos los SIG en todas las fases del manejo de Emergencias*.
- Sierra, M. P. (2012). Las cenizas, gases volcánicos y la salud respiratoria. *Neumología y Cirugía de Tórax*, 71(2), 132–138. <https://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2012/nt122a.pdf>
- Solano. (2014). Herramientas geoespaciales y tecnicas de optimización para mejorar el acceso geográfico a servicios de salud Cusco Perú. *Programa de Alerta y Respuesta Temprana*, 1–136. [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11524/2011\\_Solano-Elisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11524/2011_Solano-Elisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Solano, S. (2018). *Mecanismos Y Condiciones De Emplazamiento De Una Explosión Dirigida (BLAST): Volcán Imbabura-Ecuador, [Tesis de Pregrado]*. Universidad Central del Ecuador.
- Soto, G., & Alvarado, E. (2008). *Evaluación de la amenaza volcánica del Proyecto*

*Hidroeléctrico Reventazón para el Estudio de Impacto Ambiental.*

- Soto, G. J., & Sjöbohm, L. (2006). Amenaza Volcánica a La Infraestructura Vial En El Arenal. *IX Seminario Nacional de Geotecnia, November 2006*, 1–13. [https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Soto-4/publication/348277397\\_Amenaza\\_volcanica\\_a\\_la\\_infraestructura\\_vial\\_en\\_el\\_Arenal/links/5ff5df40a6fdccdc83455d1/Amenaza-volcanica-a-la-infraestructura-vial-en-el-Arenal.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Soto-4/publication/348277397_Amenaza_volcanica_a_la_infraestructura_vial_en_el_Arenal/links/5ff5df40a6fdccdc83455d1/Amenaza-volcanica-a-la-infraestructura-vial-en-el-Arenal.pdf)
- Tanyileke, G., Ntchantcho, R., Fantong, W. Y., Aka, F. T., & Hell, J. V. (2019). 30 years of the Lakes Nyos and Monoun gas disasters: A scientific, technological, institutional and social adventure. *Journal of African Earth Sciences*, *150*(November 2018), 415–424. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.11.022>
- Thomas, J. E. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo ( Colima ). Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas*, *81*(100), 79–93. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112013000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112013000200007)
- Tolozá, V., Mauricio, M., & Gho, R. (2020). *Peligros del complejo volcánico Puyehue-Cordón Caulle. Regiones de los ríos y los lagos*. 36. [https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/datafiles/CGCH\\_GAMB\\_13\\_TextoMapa.pdf](https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/datafiles/CGCH_GAMB_13_TextoMapa.pdf)
- Torres, R. (2009). *Desarrollo de una aplicación para el manejo de elementos gráficos en el entorno de arcmap 9.2*.
- Toulkeridis, T. (2013). *Volcanes activos del Ecuador*.
- Toulkeridis, T., & Zach, I. (2017). Wind directions of volcanic ash-charged clouds in Ecuador—implications for the public and flight safety. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *8*(2), 242–256. <https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1199445>
- Toulkeridis, T., & Zak, V. (2008). *Cuicocha Laguna de los dioses / Lake of the gods : Más que una guía Geo-Volcano-Biológica / More than a Geo-Volcanic-Biologic Guide*.
- UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. In *Resolución aprobada por la Asamblea General el 3 de junio de 2015* (p. 26). [http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1\\_Sp.pdf](http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1_Sp.pdf)
- Vallejo, A. (2015). *Guía de medidas preventivas para los bienes culturales patrimoniales ante las erupciones volcánicas* (2nd ed.). <https://amevirtual.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/GUIA-DE-MEDIDAS-DE-ERUPCIONES-2015-Felix.pdf>
- Vergara, C. (2014). Volcán Tambora ( Indonesia ) en 1815 : La erupción más grande de la historia y sus consecuencias. *Academia*, 13. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38497178/Volcan\\_Tambora-Camilo\\_Vergara.pdf?1439828464=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVolcan\\_Tambora\\_Indonesia\\_en\\_1815\\_La\\_erup.pdf&Expires=1607526515&Signature=I9WnTfIR-I-6ClerBDFUiwMKKeKt8paNF4MBQCM](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38497178/Volcan_Tambora-Camilo_Vergara.pdf?1439828464=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVolcan_Tambora_Indonesia_en_1815_La_erup.pdf&Expires=1607526515&Signature=I9WnTfIR-I-6ClerBDFUiwMKKeKt8paNF4MBQCM)
- Volentik, A. C. M., Bonadonna, C., Connor, C. B., Connor, L. J., & Rosi, M. (2010). Modeling tephra dispersal in absence of wind: Insights from the climactic phase of the 2450BP Plinian eruption of Pululagua volcano (Ecuador). *Journal of*

*Volcanology and Geothermal Research*, 193(1–2), 117–136.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2010.03.011>

Von Hillebrandt, C. (1989). *Estudio Geovolcanológico Del Complejo Cuicocha-Cotacachi Y Sus Aplicaciones, Provincia de Imbabura. [Tesis de Magister]*. Escuela Politécnica Nacional.

Zuccaro, G., Leone, M. F., Del Cogliano, D., & Sgroi, A. (2013). Economic impact of explosive volcanic eruptions: A simulation-based assessment model applied to Campania region volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 266, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.09.002>