

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA GEÓGRAFA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**“ANÁLISIS ESPACIAL DEL CANTÓN LATACUNGA PARA
DETERMINAR ÁREAS APTAS PARA LA REUBICACIÓN DE
DAMNIFICADOS DE LA PARROQUIA JOSÉ GUANGO BAJO
AFECTADOS POR EL VOLCÁN COTOPAXI, EN EL CASO DE
UNA ERUPCIÓN CON UN ÍNDICE DE EXPLOSIVIDAD
VOLCÁNICA CUATRO (PLINIANA)”**

María Elisa Landázuri Benítez

Directora: MSc. Olga H. Mayorga

Quito, Mayo 2017

DEDICATORIA

A mis padres Cristóbal y Sylvia, mi apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por estar siempre ahí, apoyándome y guiándome en este camino.

Índice

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Marco contextual	6
1.4.1 Marco teórico.....	6
1.4.2 Marco conceptual	9
1.4.3 Marco metodológico.....	11
1.4.4 Operacionalización de la investigación	14
CAPÍTULO II AFECTACIONES EN EL CANTÓN LATACUNGA Y EN PARTICULAR EN LA PARROQUIA JOSÉ GUANGO BAJO.....	15
2.1 Afectación en el cantón Latacunga.....	15
2.1.1 Afectaciones al componente biofísico del cantón Latacunga.....	17
2.1.2 Afectaciones a la infraestructura del cantón Latacunga	17
2.1.3 Afectación al componente social del cantón Latacunga.....	21
2.2 Afectación en la parroquia José Guango Bajo.....	21
2.2.1 Afectaciones al componente biofísico de la parroquia José Guango Bajo....	26
2.2.3 Afectaciones a la infraestructura de la parroquia José Guango Bajo	28
2.2.2 Afectación al componente social en la parroquia José Guango Bajo.....	29
2.2.4 Afectaciones de componente de asentamientos humanos en la parroquia José Guango Bajo	31
2.2.5 Afectación al componente Económico en la parroquia José Guango Bajo ...	34
2.2.6 Análisis de la situación de la parroquia José Guango Bajo.....	36
2.3 Conclusiones.....	37
CAPÍTULO III CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONANTES DE LAS ÁREAS REQUERIDAS PARA LA REUBICACIÓN DE DAMNIFICADOS	38
3.1 Criterios para la reubicación.....	39
3.1.1 Tipos de asentamientos (tiempos de permanencia)	39
3.1.2 Condicionantes naturales	40
3.1.3 Condicionantes urbanos.....	45
3.1.4 Posibilidades de acceso a servicios	50

3.1.5 Riesgos	53
CAPÍTULO IV EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA LA OBTENCIÓN DE POSIBLES ESCENARIOS	59
5.1 Ponderación de criterios	60
5.2 Transformación a formato raster	64
5.2.1 Polygon to Raster	64
5.2.2 Euclidean Distance	65
5.2.3 Reclassify	66
5.3 Sumatoria de mapas	77
5.3.1 Modelo cartográfico 1	78
5.3.2 Modelo cartográfico 2	81
5.3.3 Modelo cartográfico 3	84
5.3.4 Modelo cartográfico 4	87
5.4 Análisis de escenarios posibles para la reubicación	89
5.5 Reclasificación.....	89
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
6.1 Conclusiones.....	97
6.2 Recomendaciones	99
Anexo	100
Bibliografía.....	101

Índice de Tablas

Tabla 1 Albergues identificados en las provincias de Cotopaxi, Napo y Pichincha	4
Tabla 2 Operacionalización de la investigación	14
Tabla 3 Cobertura de suelos afectados por lahares.....	17
Tabla 4 Infraestructura de salud afectada por lahares	17
Tabla 5 Infraestructura de recreación afectada por los lahares en la parroquia del cantón Latacunga.....	18
Tabla 6 UPC afectadas en el cantón Latacunga	18
Tabla 7 Población afectada por parroquia en el cantón Latacunga	21
Tabla 8 Susceptibilidad a lahares en la parroquia José Guango Bajo	24
Tabla 9 Uso del suelo de la parroquia José Guango Bajo	26
Tabla 10 Vías de la parroquia José Guango Bajo.....	28
Tabla 11 Población por grupos de edades y sexo de la parroquia José Guango Bajo al año 2010	29
Tabla 12 Personas afectadas por los lahares en la parroquia José Guango Bajo.....	30
Tabla 13 Población total afectada por grupo de edades	31
Tabla 14 Tipos de vivienda en la parroquia José Guango Bajo, 2010	32
Tabla 15 Abastecimiento de agua en la parroquia José Guango Bajo.....	33
Tabla 16 Uso de alcantarillado en la parroquia José Guango Bajo	33
Tabla 17 Número de personas por rama de actividad de la parroquia José Guango Bajo	35
Tabla 18 Matriz FODA	37
Tabla 19 Criterios para la reubicación.....	38
Tabla 20 Estratificación del sistema educativo en Ecuador	46
Tabla 21 De ponderación de criterio para mapa de abastecimiento de servicios básicos	51
Tabla 22 de Escalas de ponderación.....	61
Tabla 23 Escalas de ponderación del uso de suelo	61
Tabla 24 Escalas de ponderación del tipo de suelo	62
Tabla 25 Escalas de ponderación de pendientes.....	62
Tabla 26 Escalas de ponderación de los centros de salud	62
Tabla 27 Escalas de ponderación de centros de educación	62
Tabla 28 Escalas de ponderación de vías	63
Tabla 29 Escalas de ponderación de servicios básicos.....	63
Tabla 30 Escalas de ponderación de fenómenos volcánicos	63
Tabla 31 Escalas de ponderación de movimientos en masa.....	63
Tabla 32 Escalas de ponderación de inundaciones.....	64
Tabla 33 Valores de aptitud de reubicación	90
Tabla 34 Superficie de áreas óptimas	92

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Vía a la población de Coyalta Jurídico de la parroquia José Guango Bajo	28
Ilustración 2 Pirámide de población de la parroquia José Guango Bajo, 2010	30
Ilustración 3 Porcentaje de personas con discapacidad en el área de afectación	31
Ilustración 4 Abastecimiento de servicios básicos en área de afectación por lahares	34
Ilustración 5 Transformación <i>PolygontoRaster</i>	65
Ilustración 6 Transformación a Raster mediante <i>EuclideanDistance</i>	66
Ilustración 7 Proceso de reclasssify	66
Ilustración 8 Procedimiento Modelo 1	78
Ilustración 9 Comparación modelo 1 con criterio vías.....	81
Ilustración 10 Procedimiento Modelo 2	82
Ilustración 11 Comparación modelo 2 con afectación por lahares.....	84
Ilustración 12 Procedimiento Modelo 3	85
Ilustración 13 Comparación modelo 3 con criterio textura de suelos	87
Ilustración 14 Procedimiento modelo 4.....	87

Índice de Mapas

Mapa 1 Mapa Base cantón Latacunga.....	16
Mapa 2 Afectación a la infraestructura de salud y educación en el cantón Latacunga ..	19
Mapa 3 Afectación a la red vial en el cantón Latacunga.....	20
Mapa 4 Mapa base de la parroquia José Guango Bajo.....	23
Mapa 5 Afectación por lahares en la parroquia José Guango Bajo.....	25
Mapa 6 Uso de suelo en la parroquia José Guango Bajo	27
Mapa 7 Uso de suelos del cantón Latacunga.....	42
Mapa 8 Tipos de suelo del cantón Latacunga.....	43
Mapa 9 Pendientes Cantón Latacunga.....	44
Mapa 10 Centros de educación del cantón Latacunga	47
Mapa 11 Centros de salud en el cantón Latacunga	48
Mapa 12 Vías del cantón Latacunga.....	49
Mapa 13 Accesibilidad a servicios básicos en el cantón Latacunga	52
Mapa 13 Susceptibilidad a inundaciones del cantón Latacunga	56
Mapa 15 Susceptibilidad a movimientos en masa.....	57
Mapa 16 Afectación por lahares en el cantón Latacunga.....	58
Mapa 17 Ponderado de uso del suelo del cantón Latacunga	67
Mapa 18 Ponderado de textura del suelo del cantón Latacunga.....	68
Mapa 19 Ponderado de pendientes del cantón Latacunga.....	69
Mapa 20 Ponderado de movimientos en masa del cantón Latacunga	70
Mapa 21 Ponderado de inundaciones del cantón Latacunga.....	71
Mapa 22 Ponderado de afectación por lahares en el cantón Latacunga	72
Mapa 23 Ponderado centros de salud en el cantón Latacunga	73
Mapa 24 Ponderado centros de educación en el cantón Latacunga	74
Mapa 25 Ponderado de vías en el cantón Latacunga.....	75
Mapa 26 Ponderado de servicios básicos en el cantón Latacunga	76
Mapa 31 Áreas aptas para la reubicación en el Cantón Latacunga	91
Mapa 32 Áreas aptas para la reubicación	93
Mapa 33 Mapa de áreas aptas para la reubicación en la parroquia José Guango Bajo ..	96

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

La corteza del planeta Tierra está dividida en más de 30 fragmentos conocidos como “placas tectónicas” que se mueven en diferentes direcciones. Debido a esto, en América del Sur se produce el choque de las placas de Nazca y Sudamérica, generando la subducción de la primera en relación a la segunda y un buzamiento de la placa más densa (Nazca), que da lugar a la formación de un arco montañoso ubicado a unos centenares de kilómetros al interior del continente, conocido como “Cordillera de los Andes”, el cual se desarrolla en sentido longitudinal desde Colombia hasta Argentina (Hall, 1977); este proceso genera una alta actividad sísmica y volcánica en la región.

En el tramo de la Cordillera de los Andes que atraviesa por el Ecuador existen 84 volcanes, de los cuales 16 son potencialmente activos y 4 están en actividad: Sangay, Tungurahua, Reventador y Cotopaxi (IGEPN, 2017); estos últimos representan amenazas especialmente para los centros poblados y sectores aledaños.

El volcán Cotopaxi está ubicado en el centro norte del Ecuador, en la provincia de Cotopaxi. Es un estratovolcán compuesto, con un diámetro basal de 20 Km. y una elevación media de 5.897 m.s.n.m. (IGEPN, 2016). Es considerado uno de los más peligrosos del mundo, debido a la frecuencia de sus erupciones, su estilo eruptivo, inclinación del cono volcánico, cobertura glaciaria y a la cantidad de asentamientos poblacionales que se encuentran en sus zonas de riesgo (IGEPN, 2016).

Según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional¹ (IGEPN), el volcán Cotopaxi puede presentar cuatro escenarios eruptivos: el primero ($VEI^2=1$) corresponde a una erupción pequeña, poco explosiva conocida como erupción estromboliana. El segundo escenario ($VEI=2$) considera una actividad más explosiva, con emisiones

¹Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.- Instituto encargado de informar a la comunidad sobre eventos sísmo-volcánicos de nuestro país. Además buscar poner a disposición de la comunidad documentación necesaria para que se mantenga informada en el día a día de los acontecimientos relacionados con los sismos y los volcanes.

² VEI.- Índice de explosividad volcánica: es un indicador general del carácter explosivo de una erupción volcánica para dar una medida o estimación de su magnitud, densidad, destructividad, poder dispersivo y violencia.

permanentes de ceniza y flujos piroclásticos pequeños y moderados. El tercer escenario (VEI=3) corresponde a una actividad vulcaniana subpliniana; se caracteriza por emisiones importantes de ceniza, flujos piroclásticos y desbordamiento del magma del cráter. Por último, el cuarto escenario (VEI=4) prevé una erupción pliniana, altamente explosiva, con abundante caída de ceniza y descenso de lahares de gran tamaño (IGEPN; IRD, 2005).

Existen evidencias físicas de los diversos procesos eruptivos que ha tenido el volcán en el pasado, como ceniza, oleadas de flujos piroclásticos y descenso de lodo y escombros (lahares) que han afectado a sectores y poblaciones de las provincias de Pichincha (Norte), Cotopaxi (Sur) y Napo (Oriente). Los cantones con mayor incidencia de afectaciones por los lahares del volcán Cotopaxi han sido: Rumiñahui, Mejía y el Distrito Metropolitano de Quito, en Pichincha; Latacunga y Salcedo en Cotopaxi; y Archidona en Napo.

Con la reactivación del volcán Cotopaxi, a mediados del 2015, se han elaborado y actualizado los planes de contingencia en todos los niveles de gobierno, permitiendo cuantificar las pérdidas y daños generados o que se podrían generar a personas, viviendas e infraestructura (SGR, 2015). Uno de los documentos elaborados ha sido el “Plan de contingencia ante una posible erupción del volcán Cotopaxi” (SGR, 2015), elaborado por la Secretaría de Gestión de Riesgos.³ En dicho estudio se establecen los posibles escenarios de afectación que se podrían presentar en una erupción del volcán, pero en éste, como en los estudios realizados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) a nivel provincial, cantonal y parroquial, no se identifican las acciones que se llevarían a cabo en cada caso, fundamentalmente para los escenarios de mayor impacto. Por lo tanto, se considera necesaria la realización del presente estudio por cuanto aportaría con análisis y planteamientos para complementar los planes de contingencia existentes, con la determinación de áreas para la reubicación de damnificados para un escenario eruptivo tipo cuatro, reduciendo la vulnerabilidad de las poblaciones potencialmente afectadas.

³Secretaría de Gestión de Riesgos.- Institución pública encargada de generar políticas, estrategias y normas que promuevan en el Sistema Nacional Descentralizado las capacidades para prevenir y mitigar los riesgos, así como para recuperar y reconstruir las condiciones sociales, económicas y ambientales afectadas por eventuales emergencias o desastres.

1.2 Planteamiento del problema

Los planes elaborados por la Secretaría de Gestión de Riesgos y por los GADs provinciales y cantonales correspondientes carecen de un análisis del riesgo en función de los posibles escenarios eruptivos del volcán Cotopaxi. Por lo expuesto, no se determinan requerimientos ni necesidades en cada caso, por ello tampoco es factible establecer si los recursos (institucionales, de talento humano, logística, equipos, alojamiento, voluntariado, etc.) previstos por el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (SNDGR),⁴ son o no suficientes, especialmente para los escenarios tres y cuatro. A partir de esta consideración se evidencia además que existe un grave problema respecto a la determinación y selección de los lugares donde podrían ser reubicados temporal o definitivamente los posibles damnificados por la erupción del volcán Cotopaxi en un escenario tipo cuatro.

Se selecciona intencionalmente el escenario de mayor impacto porque se sobre entiende que si hay la planificación para el peor escenario o el de mayor afectación, existirá la previsión para los otros. Es importante anotar, sin embargo, que una vez iniciado un proceso eruptivo en el Cotopaxi, las probabilidades de que el mismo evolucione hasta los escenarios tres y cuatro, son de 60% y 10%, respectivamente (Samaniego, et al., 2004).

Frente a una eventual erupción volcánica del Cotopaxi tipo cuatro, es necesario considerar la magnitud del impacto. Según la Secretaría de Gestión de Riesgos, en los sectores potencialmente afectados por lahares de las provincias de Cotopaxi, Napo y Pichincha habitan alrededor de 146.696 personas (SGR, 2015); sin embargo, no se conoce si las acciones y los recursos actuales del país son suficientes para poder sobrellevar una emergencia de tal magnitud.

En el Plan de Contingencia de las provincias Cotopaxi, Napo y Pichincha de SGR, 2015, existe un análisis sobre la implementación de albergues en las tres provincias afectadas. No obstante, es menester anotar que según la información constante en dicho documento, éstos no están totalmente aptos para su funcionamiento. De otro lado, los albergues se caracterizan por ser solo emergentes, es decir que servirían para el alojamiento de damnificados para períodos menores a dos o tres meses, por

⁴Sistema Descentralizado de Gestión de Riesgos.- Busca identificar los riesgos existentes y potenciales con el fin de asegurar que la gestión de riesgos sea parte de la planificación y gestión de entidades públicas y privadas y fortalecer las capacidades para identificar riesgos, articular acciones y garantizar su funcionamiento.

corresponder a infraestructuras principalmente educativas, deportivas o recreativas, que serían acondicionadas para el efecto, aunque se las categoriza como “temporales” (hasta un año), en el plan de Contingencia del 2015, para las tres provincias no se indica la capacidad de acogida o aforo que tienen los 49 albergues que están “con condición” ni la de los 132 albergues que están “por validar” (Tabla 1).

Tabla 1 Albergues identificados en las provincias de Cotopaxi, Napo y Pichincha

ALOJAMIENTOS TEMPORALES		
Coord. Zonal	Provincia	Albergues
2	Cotopaxi	66 por validar
2	Cotopaxi	11 con condición
3	Napo	11 con condición
9	Pichincha	66 por validar
9	Pichincha	27 con condición

Fuente: MIES, 2015
Elaborado por: SGR, 2015

Se presume que la provincia de Cotopaxi sería una de las de mayor incidencia debido a la inclinación del cono volcánico y porque en ella existe la mayor cantidad de evidencias de lahares y bombas volcánicas que han generado destrucción en el pasado; en especial, el área del cantón Latacunga (IGEPN, 2016). Se conoce que actualmente hay en la provincia de Cotopaxi alrededor de 58.126 personas potencialmente afectadas de forma directa, de las cuales aproximadamente 48.494 personas residen en el cantón Latacunga. Entre la infraestructura que podría ser destruida por la erupción del Cotopaxi se cuenta la de los centros de salud, centros educativos, Unidades de Policía Comunitaria (UPC), carreteras, infraestructura eléctrica y agrícola (SGR, 2015).

En el cantón Latacunga, las parroquias que serían mayormente afectadas son las siguientes: San Ramón, Lasso, Mulaló, Eloy Alfaro, Latacunga, San Gabriel y José Guango Bajo (SGR, 2015).

Llama la atención el caso de la parroquia de José Guango Bajo, que se encuentra en el centro del cantón Latacunga, cruzada por el río Cutuchi, por el cual descenderían los lahares del volcán Cotopaxi. La parroquia tiene una extensión de 1.748,28 ha., de las cuales el 70% se afectarían con la erupción del volcán Cotopaxi (Gobernación de Cotopaxi, 2015). En la parroquia habitan alrededor de 3.000 personas; 500 de ellas se verían afectadas por los lahares; alrededor de 1.000 ha. productivas se perderían (Yáñez & Muñoz, 2015).

Sin embargo, los lahares no constituyen la única amenaza que se presenta en la parroquia José Guango Bajo. Entre otras también se contempla la caída de ceniza y avalancha de escombros en caso del colapso del flanco occidental del volcán. Todos estos fenómenos pueden afectar de diferente manera a la parroquia; algunos factores pueden causar daños en la totalidad de la jurisdicción, en tanto que otros podrían afectarla parcialmente (IGEPN, 2016).

En el Plan de Contingencia Provincial para Zonas de Alto Riesgo ante un Proceso Eruptivo del Volcán Cotopaxi se identifican las acciones que deben tomarse para el fortalecimiento de las capacidades de los gobiernos locales con el objeto de reducir los riesgos en los dos cantones más afectados por la erupción: Salcedo y Latacunga. En estos cantones se llevó a cabo una capacitación para dar a conocer el estado del proceso del volcán en la parroquia José Guango Bajo y reducir la vulnerabilidad. Dicho Plan de Contingencia especifica que en la provincia hay 113 albergues temporales y que la parroquia José Guango Bajo solo dispone de un albergue temporal ubicado en la zona urbana (Comité de Gestión de Riesgos; Comité de Operaciones de Emergencia de la provincia de Cotopaxi, 2015).

A partir de esta información se puede concluir que hay falencias en los planes de contingencia del cantón Latacunga lo que da lugar a la falta de acciones de mitigación, prevención y preparación; la falta de identificación de áreas aptas para la reubicación es un ejemplo de estas falencias (Comité de Gestión de Riesgos; Comité de Operaciones de Emergencia de la provincia de Cotopaxi, 2015).

De lo expuesto hasta aquí es factible inferir que la situación de la parroquia José Guango Bajo es crítica, no sólo por las amenazas que presenta, sino también por la falta de capacidad institucional de los organismos de gestión para implementar planes coherentes y viables para las condiciones de esa parroquia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Identificar áreas aptas para la reubicación de posibles damnificados de la parroquia rural José Guango Bajo, en el cantón Latacunga, ante una potencial erupción del volcán Cotopaxi con un índice de explosividad volcánica cuatro (Pliniana).

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer la afectación de una erupción del volcán Cotopaxi (IEV=4) en el cantón Latacunga y en la parroquia José Guango Bajo, en lo referente a aspectos biofísicos, sociales y económicos.
- Determinar las características y condicionantes de las áreas requeridas para la reubicación de damnificados.
- Aplicar una evaluación multicriterio para determinar las áreas de reubicación según los parámetros establecidos.

1.4 Marco contextual

1.4.1 Marco teórico

La presente disertación se sustenta principalmente en un marco teórico de análisis espacial, planificación, gestión de riesgos y análisis multicriterio.

Gestión de riesgos

La gestión de riesgos se encamina a reducir la vulnerabilidad de las personas, mediante el cálculo de afectación de las amenazas y el uso adecuado de los recursos, con el fin de brindar a las poblaciones condiciones aptas para vivir en un determinado territorio (Lavell, 2001). Es un proceso que conlleva intervenciones a todos los niveles de la planificación y ejecución e involucra a todos los actores de la sociedad (PNUD, 2012).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) define a la gestión de riesgos como un: “proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, una región o un país. Implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales y está íntimamente ligada a la búsqueda del desarrollo sostenible.” (PNUD, 2012). La gestión de riesgo se caracteriza por la intervención en el ciclo de los desastres (antes, durante y después), enfocándose en las actividades de prevención, mitigación, preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción, con el fin de anticiparse a los desastres (UNESCO, 2011).

La gestión de riesgos puede ser de 3 tipos: prospectiva (acciones para prevenir nuevos riesgos); correctiva (medidas para reducir los impactos de una amenaza existente); y reactiva (medidas de prevención y preparación de la población) (PNUD, 2012).

La gestión reactiva del riesgo se define como la implementación de acciones o medidas para enfrentar los desastres, ya sea por una amenaza inminente o por la materialización del riesgo. Entre estas medidas se contemplan aquellas que incrementen la resiliencia, la capacidad de respuesta, los sistemas de alerta temprana, la preparación para la respuesta, el aseguramiento frente a daños, almacenamiento, suministro de agua e identificación de áreas de reubicación (CENEPRED, 2014).

Este trabajo se basa en este enfoque de gestión reactiva del riesgo, debido a que nos permite proponer alternativas para enfrentar una amenaza y mejorar la capacidad de respuesta de la población frente a la erupción del volcán Cotopaxi.

Planificación territorial

La planificación territorial se entiende como el conjunto de medidas, basadas en la normativa reguladora, establecidas con el fin de reestructurar un territorio de acuerdo a directrices generales y específicas de la ordenación del territorio. Son los planes o estrategias a nivel institucional, orientadas a un determinado territorio, en base a ciertos objetivos propuestos a partir de un diagnóstico (López, Rio, Savério, & Trinca, 2015) con el fin de mejorar las condiciones (económicas, sociales y ambientales) de vida de una población. Este tipo de planificación puede relacionarse con otros aspectos de la Geografía como son: planificación de gestión de riesgos, localización de actividades, entre otros.

Análisis espacial

El análisis espacial es el conjunto de técnicas cuantitativas (matemáticas y estadísticas) aplicadas a datos de un determinado territorio (Buzai & Baxendale, 2013). Se caracteriza por analizar de forma separada los elementos de un cierto espacio geográfico, definiendo sus características y examinando su comportamiento bajo circunstancias diversas para obtener respuestas a un problema en un territorio dado. Este enfoque permite tener una visión prospectiva para plantear posibles escenarios futuros (Madrid & Ortiz, 2005).

Otra de las características de este análisis es el de permitir identificar estructuras, organizaciones, tramas urbanas y procesos que se desarrollan dentro de un territorio dado (Buzai & Baxendale, 2013).

Para aspectos de planificación territorial, el análisis espacial planteado por Saint-Julien Thérèse es importante porque permite realizar equilibrios entre las variables más

importantes y establecer prioridades (Buzai & Baxendale, 2013). Dependiendo del enfoque temático, el análisis espacial consiste en una serie de técnicas matemáticas y estadísticas que se aplican a datos distribuidos sobre el espacio geográfico (Buzai & Baxendale, 2013).

Para hacer el análisis espacial se emplean diversas técnicas que tienen que cumplir con dos objetivos: identificar los componentes del espacio y utilizar procedimientos que permitan comprender cómo funcionan los componentes espaciales (Madrid & Ortíz, 2005).

Hay 4 tipos de técnicas para llevar a cabo el análisis espacial:

- Técnicas cuantitativas
- Técnicas cualitativas
- Representaciones gráficas
- Sistemas de Información Geográfica

Para la realización del presente trabajo se recurre a los Sistemas de Información Geográfica, debido a que éstos nos permiten manejar gran cantidad de información representada en un territorio.

Evaluación / Análisis multicriterio

El análisis multicriterio se caracteriza por obtener un análisis equilibrado de todos los criterios que engloban a un espacio determinado, incluyendo los factores sociales, ambientales y económicos. La evaluación multicriterio es un conjunto de técnicas para ayudar a los procesos de toma de decisiones, con el fin de identificar algunas alternativas en base a ciertos criterios (Gómez & Barredo, 2006).

La teoría de la toma de la decisión se caracteriza por tener dos enfoques: el propositivo y el normativo. El presente estudio se basará en el enfoque normativo que se sustenta en un análisis de los criterios de decisión (Gómez & Barredo, 2006).

El enfoque normativo se enfoca primordialmente en cómo deben ser las cosas a partir de la realización de una evaluación objetiva de los criterios de decisión, con el fin de obtener varios escenarios posibles a los cuales se les aplica un análisis de los efectos potenciales (Gómez & Barredo, 2006).

Análisis de localización

- Modelos de localización-asignación

Estos modelos se basan en la evaluación de las localizaciones actuales y sus características para generar alternativas de acuerdo a ellas e identificar las ubicaciones óptimas de localización. Surgen a partir de identificar problemas con respecto a la instalación de servicios en lugares donde no hay información sobre los sitios óptimos (Buzai, 2011).

Estos modelos se caracterizan por lo siguiente:

- Son modelos matemáticos ya que se considera a este lenguaje como apto para captar la realidad
- Son modelos meso-espaciales porque los aspectos a resolver se encuentran claramente delimitados en un territorio
- Son modelos normativos porque buscan la mejor solución a un determinado problema.

Para poder llevar a cabo la identificación de los escenarios (sitios candidatos) hay dos procedimientos:

- El que considera la superposición temática y las técnicas de evaluación multicriterio (EMC)
- El que contempla cada centroide de demanda como un posible sitio para la instalación

Durante la disertación se plantea usar la superposición temática y las técnicas de evaluación multicriterio, debido a que permiten la unión de varias capas de información para obtener los lugares óptimos

1.4.2 Marco conceptual

Albergue

Los albergues son lugares físicos identificados como sitios seguros que cuentan con todos los medios necesarios para hospedar a las personas afectadas por una amenaza. Los albergues pueden servir para períodos de tiempo corto y de mediano plazo (FISCRMLR, s.f).

Amenaza natural

La amenaza natural es aquel fenómeno que se produce en la naturaleza y no puede ser evitado o neutralizado por los humanos. Es la posibilidad de que ocurra un fenómeno natural o antrópico causando daños y pérdidas en un cierto momento y espacio (Chaux, 1998).

Las amenazas naturales se dividen en dos clases:

- a) Geológicas: las que se producen por la actividad geodinámica interna del planeta Tierra. Dentro de estas amenazas están los sismos, las erupciones volcánicas, los maremotos o tsunamis, los deslizamientos y avalanchas, los hundimientos y la erosión terrestre (López, Rio, Savério, & Trinca, 2015).
- b) Hidrometeorológicas: que se derivan de fenómenos atmosféricos, hidrológicos u oceanográficos que pueden ocasionar daños a un determinado sistema. Dentro de estas amenazas están: los ciclones tropicales, tempestades, granizadas, tornados, tormentas de nieve, fuertes nevadas, avalanchas, marejadas, inundaciones, sequías, olas de calor y de frío (EIRD, s.f).

Flujo piroclástico

Es la formación de nubes ardientes compuestas por material piroclástico, ceniza y aire caliente, que producen avalanchas fluidas y pesadas, las cuales descienden a grandes velocidades por los flancos de los volcanes. (Hall, 1977)

Infraestructura urbana

Se define la infraestructura urbana como una construcción u obra que permite el correcto funcionamiento de las ciudades o pueblos, al proporcionar los servicios básicos a una población, como son el abastecimiento de agua potable, luz eléctrica, eliminación de desechos sólidos, alcantarillado, entre otros (Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chihuahua: Visión 2040, 2009).

Lahares

Los lahares constituyen la mezcla de barro, arena, bloques y agua, que descienden por las laderas de los volcanes a grandes velocidades. Se generan por el derretimiento de grandes masas de hielo (glaciares) y el contacto de material incandescente de los volcanes. Estos flujos de lodo descienden por los flancos del volcán, por las quebradas y

siguen el curso de los drenajes llegando hasta cientos de kilómetros de distancia del volcán(Hall, 1977).

Reubicación

Según Macías (2008) la reubicación consiste en una acción colectiva, en la que un conjunto de personas se ven forzadas a abandonar su espacio habitado para trasladarse a otra área, con el fin de mejorar ciertas condiciones de vida o reducir la vulnerabilidad de una amenaza(Sanchez, 2011).

Riesgo

Es la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno y las condiciones de vulnerabilidad, que causan pérdidas y daños a las sociedades y sus medios de vida(López, Rio, Savério, & Trinca, 2015).

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es conocida como la susceptibilidad de una población frente a los impactos de una amenaza; puede aumentar o disminuir de acuerdo a ciertos factores o procesos físicos, sociales, económicos o ambientales (FISCRMLR, s.f).

Hábitat

Se define al hábitat como el espacio físico donde se llevan a cabo las actividades productivas, culturales, afectivas de las personas. Es el ambiente que rodea a las personas que se ve modificado por las actividades humanas(PNUD, 2012).

1.4.3 Marco metodológico

Corrientes metodológicas

- Metodología SENPLADES, 2014

En el 2011 la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo publicó la “Guía de contenidos y procesos para la formulación de Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de provincias, cantones y parroquias”, con procesos, propuestas y recomendaciones para la planificación de los GADs y específicamente para la elaboración de los PDOT a nivel provincial, cantonal y parroquial. En esta metodología se incluye la realización de diagnósticos territoriales. Esta guía ha sido modificada en mayo del 2011 y en el 2014 con el fin de mejorar los resultados de la planificación (SENPLADES, 2011).

El Diagnóstico, según la SENPLADES, 2014 debe incluir: un diagnóstico por componentes, la identificación de problemas y potencialidades y un análisis estratégico territorial.

En este trabajo se usa la metodología de la SENPLADES 2011 y 2014 para la realización del diagnóstico territorial, la cual permitirá realizar un análisis de la situación actual de la parroquia José Guango Bajo en los aspectos inherentes al tema planteado y al escenario en el caso una erupción del volcán Cotopaxi tipo cuatro.

- Herramientas de Sistema de Información Geográfica(SIG)

En los últimos años los sistemas de información geográfica se han desarrollado permitiendo la integración de todos los datos y los métodos tradicionales del análisis geográfico. Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas que permiten capturar, almacenar, administrar y analizar la información geográfica digitalizada; de esta manera se generan mapas, gráficos y representaciones alfanuméricas(López, Rio, Savério, & Trinca, 2015).

Los SIG permiten realizar mapas, modelos y análisis con gran volumen de información geográfica; se caracterizan por manejar gran cantidad de datos: estadísticos, espaciales, temporales, bio-físicos y socio-económicos, con el fin de producir información territorial en forma de imágenes y mapas que se utilizan para la toma de decisiones (FAO, s.f).

Durante la etapa de procesamiento y formulación de la propuesta, se plantea utilizar la metodología del análisis multicriterio mediante la aplicación del SIG, la misma que consiste en el uso de capas de información geográficas a las cuales se les asigna valores, conocidos como criterios, que pueden ser de dos tipos: de restricciones y factores de requerimientos; con ello se obtienen alternativas al problema mediante la priorización de criterios.

La Evaluación Multicriterio constituye el conjunto de técnicas que aportan a la toma de decisiones, cuando se evalúan los diferentes escenarios bajo diversos criterios o bajo diversos objetivos que se hallan en conflicto (Gómez & Barredo, 2006). Constituye uno de los procedimientos de mayor importancia cuando la tecnología SIG se utiliza como herramienta para la toma de decisiones locacionales. Cuenta con desarrollo continuo referentes a sus sistematizaciones metodológicas. Esta metodología ha sido ampliamente utilizada para búsqueda de sitios de aptitud locacional para escuelas,

estaciones de combustibles, trazo de vías, localizaciones de industrias o zonas de potencial conflicto de usos de suelo(Moreno, Buzai, Fuenzalida, & Colosa, 2012).

La metodología de Evaluación Multicriterio, EMC, ha sido utilizada en varios trabajos relacionados a la gestión de riesgos; un ejemplo es la disertación “Aportes para una adecuada expansión de las áreas urbanas de la ciudad de Latacunga, considerando el peligro volcánico de los lahares del volcán Cotopaxi” (Pazmiño, 2015). En este trabajo se analiza la situación de la ciudad de Latacunga frente a la erupción del volcán. Para ello se aplican los sistemas de información geográfica para identificar los problemas y se realiza un análisis espacial del territorio, evaluación multicriterio, para poder solucionar los problemas detectados en dicha ciudad.

1.4.4 Operacionalización de la investigación

Tabla 2 Operacionalización de la investigación

Variable	Indicador específico	Fuente / técnica
Biofísico	Uso de suelo	Superficie dedicada a la agropecuaria
	Tipos de amenazas	Superficie afectada por lahares
Asentamientos humanos	Tipos de infraestructura	Cobertura de centros de salud
		Cobertura de centros de educación
	Servicios básicos	Cobertura de luz eléctrica
		Cobertura de agua potable
Cobertura de alcantarillado		
	Cobertura de recolección de basura	
Socio-económico	Distribución de la población	Porcentaje de población por rango de edades
	Crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento
	Sector productivo	Número de personas dentro de PEA
		Porcentaje de población dedicado a actividades del sector primario
Porcentaje de población dedicado a la agropecuaria		
Movilidad	Vías	Porcentaje de vías de segundo y tercer orden

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

CAPÍTULO II

AFECTACIONES EN EL CANTÓN LATACUNGA Y EN PARTICULAR EN LA PARROQUIA JOSÉ GUANGO BAJO

2.1 Afectación en el cantón Latacunga

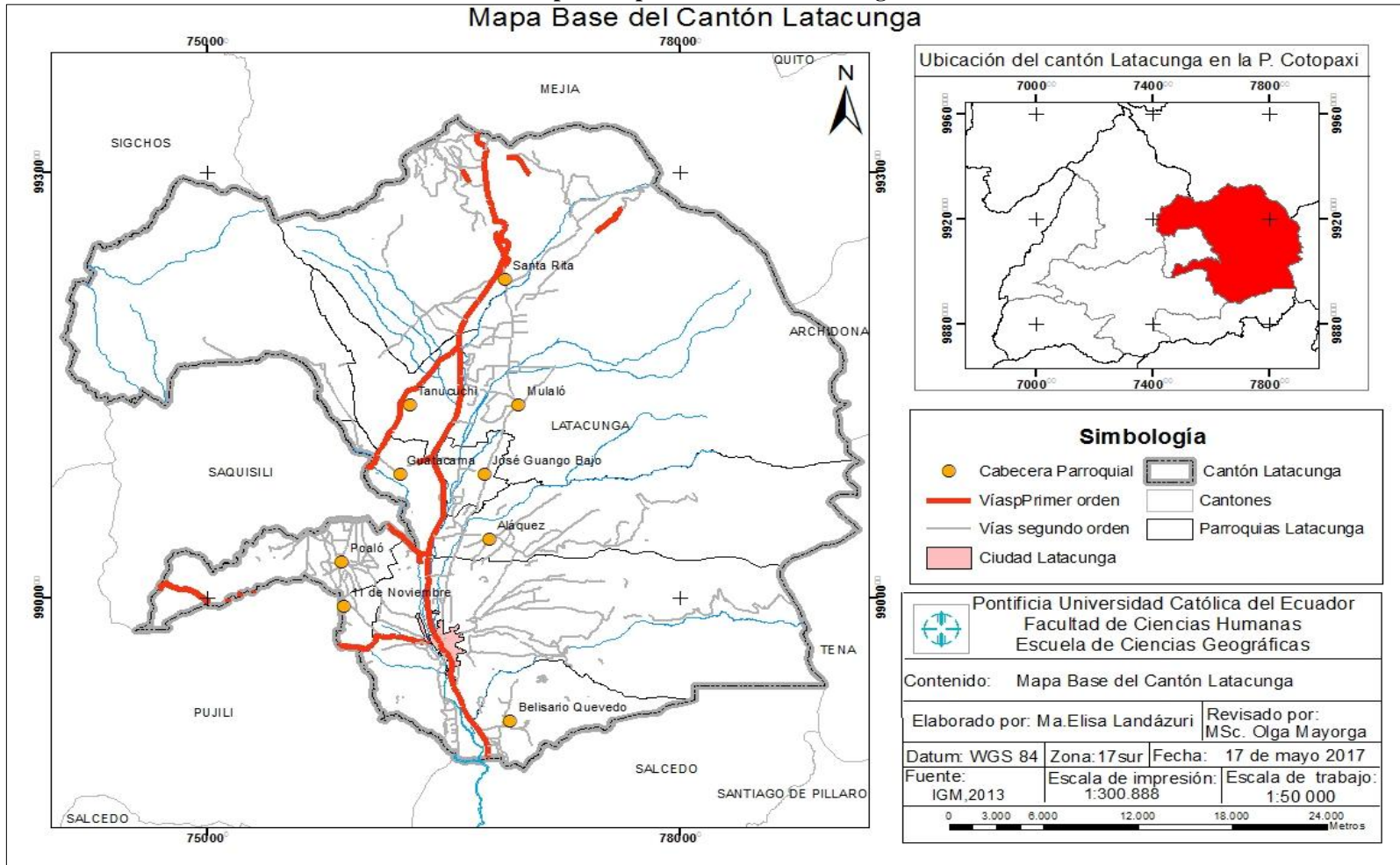
El cantón Latacunga, ubicado en el noreste de la provincia de Cotopaxi, tiene una extensión de 138.448,5 Has. y comprende 11 parroquias, donde habitan 170.489 habitantes (SGR, PNUD, ESPOCH, 2011). Dentro del cantón se encuentra el volcán Cotopaxi, del que se desprenden tres ríos: Cutuchi, Aláquez y Saquilama, por los cuales descenderían los lahares del volcán, en caso de erupción.

Estos tres afluentes cruzan de norte a sur el cantón afectando a 8 parroquias (Mulaló, José Guango Bajo, Aláquez, Latacunga, San Juan de Pastocalle, Tanicuchí, Guaitacama y Belisario Quevedo). De las 8 parroquias, 4 serían las más afectadas: Mulaló, José Guango Bajo, Aláquez y Latacunga, debido a que los ríos cruzan por estas parroquias y también por la cantidad de habitantes asentados en la zona de afectación.

En el presente capítulo se plantea analizar el cantón Latacunga para conocer los recursos que existen en el territorio e identificar cuáles serían afectados en caso de una erupción, con el fin de que el análisis sea lo más real posible. Este análisis de la afectación en la parroquia de José Guango Bajo permitirá determinar las posibles áreas de reubicación de la población de la parroquia José Guango Bajo dentro del cantón Latacunga.

Como se puede ver en el Mapa 1, en el cantón Latacunga se afectaría la infraestructura vial del cantón y el área urbana de Latacunga. Por otra parte otros poblados rurales de las parroquias, en especial Mulaló y José Guango Bajo, también serían afectados.

Mapa 1 Mapa Base cantón Latacunga
Mapa Base del Cantón Latacunga



2.1.1 Afectaciones al componente biofísico del cantón Latacunga

En caso de erupción del volcán Cotopaxi los lahares afectarían 9.419,43 ha, lo que equivale a un 6,8% del territorio del cantón, especialmente las áreas cercanas a los cauces de los ríos Cutuchi, Saquilama y Aláquez.

Dentro de las áreas más afectadas en el cantón están las áreas de conservación (Parque Nacional Cotopaxi), las áreas de producción (agricultura y ganadería) y las zonas urbanas (Latacunga, entre otros).

Tabla 3 Cobertura de suelos afectados por lahares en el cantón Latacunga

Cubertura de suelo	Ha. afectadas
Agrícola	803,56
Agropecuario mixto	7.339,77
Zona urbana	1,69
Conservación	382,69
Forestal	260,61
Pecuario	276,64
Tierras improductivas	352,78
Total	9.419,43

Fuente: SGR, 2015

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

2.1.2 Afectaciones a la infraestructura del cantón Latacunga

La infraestructura afectada por los lahares sería la de salud, educación, seguridad y recreación. Dentro del cantón Latacunga existen 28 establecimientos de salud de primer y segundo nivel, de los cuales 6 se encuentran en zonas de amenaza y 4 se encuentran cercanos a las áreas de afectación de los lahares. Entre los seis establecimientos de salud que se verían afectados por los lahares hay hospitales y centros de salud, la mayor parte de ellos localizados en la ciudad de Latacunga, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 4 Infraestructura de salud afectada por lahares

Nombre	Nivel	Tipología	Parroquia
Hospital de Latacunga	Segundo nivel	Hospital general	Latacunga
San Buenaventura	Primer nivel	Centro de salud	Latacunga
General de Latacunga	Segundo nivel	Hospital general	Latacunga
Clínica FAE	Segundo nivel	Hospital básico	Latacunga
Dispensario San Agustín	Primer nivel	Puesto de salud	Mulaló
Lasso	Primer nivel	Centro de salud	Tanicuchi

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Con respecto a la infraestructura de educación en el cantón, encontramos 115 instituciones educativas, de las cuales 17 se encuentran dentro de la zona de riesgo.

Según el Plan de Contingencia ante una Posible Erupción del Volcán Cotopaxi de la Secretaría de Gestión de Riesgos, 2015, dentro de la parroquia se afectarían 34 sitios de recreación, canchas, coliseos, polideportivos, parques, entre otros.

Tabla 5 Infraestructura de recreación afectada por los lahares en la parroquia del cantón Latacunga

Parroquia	Cantidad
Latacunga	31
Mulaló	1
Tanicuchí	2

Fuente: SGR, 2015

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

En este mismo plan se hace referencia a la infraestructura de seguridad, UPC, que serían afectadas por los lahares en el cantón y señala que 10 de ellas se verían afectadas, todas ubicados en la zona urbana (Latacunga) (SGR, 2015).

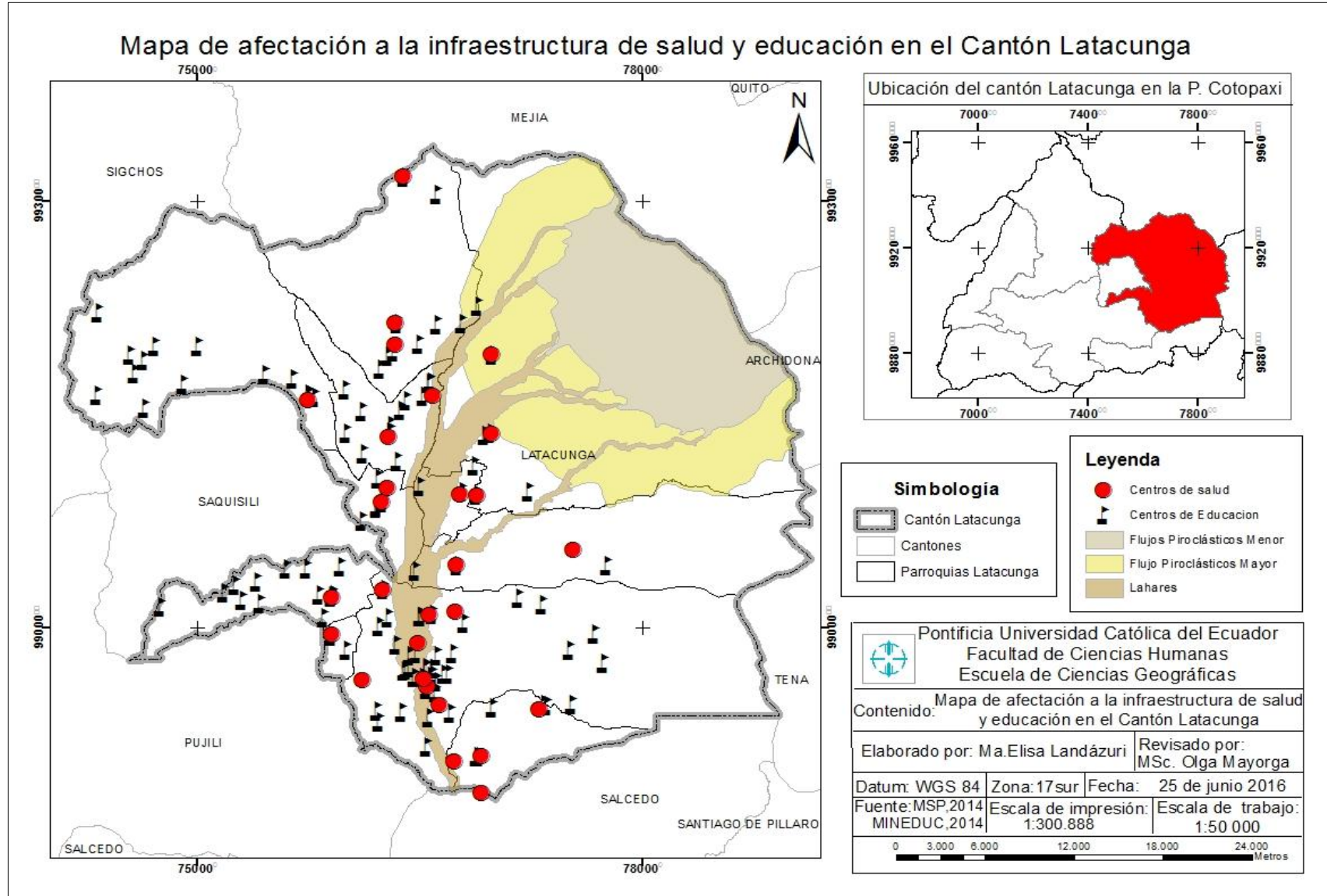
Tabla 6 UPC afectadas en el cantón Latacunga

Parroquia	UPC
Eloy Alfaro	4
Ignacio Flores	1
La Matriz	2
Mulaló	1
San Buenaventura	2
Total	10

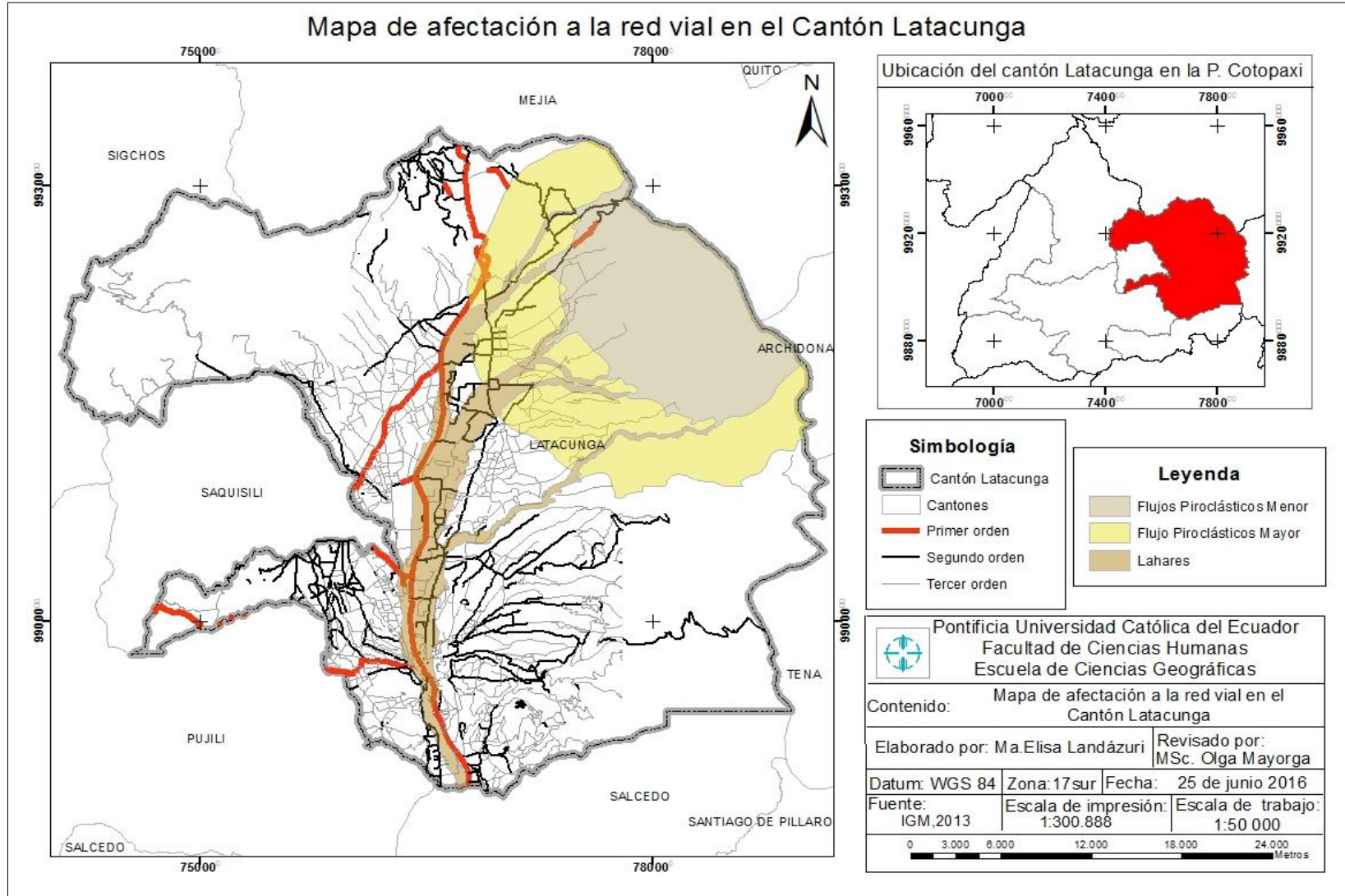
Fuente: SGR, 2015

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Mapa 2 Afectación a la infraestructura de salud y educación en el cantón Latacunga



Mapa 3Afectación a la red vial en el cantón Latacunga



Otro tipo de infraestructuras que se verían alteradas por los lahares del volcán Cotopaxi son las vías. Por el cantón Latacunga pasa la vía Panamericana Norte, la cual se afectaría en gran parte de su extensión: se calcula que aproximadamente 25 Km. de la vía se perderían, lo correspondiente al tramo desde Tanicuchí hasta la ciudad de Latacunga (Mapa 3).

Del mismo modo se perderían varias vías de segundo orden las cuales conectan a las parroquias del norte del cantón con la ciudad de Latacunga, como es la vía que une la parroquia de Mulaló con Latacunga (SGR, 2015).

2.1.3 Afectación al componente social del cantón Latacunga

En el cantón Latacunga viven 183.446 habitantes, de los cuales 68.634 serían afectados de forma directa o indirecta por la erupción el volcán Cotopaxi. Como se observa en la Tabla7, la mayor parte de personas afectadas por los lahares se encuentran en la ciudad de Latacunga debido a que el río Cutuchi, por cuyo cauce descenderían los lahares, atraviesa la zona urbana de la parroquia.

Tabla 7 Población afectada por parroquia en el cantón Latacunga

Parroquia	Población afectada
Latacunga	49.449
Alaquez	3.151
Belisario Quevedo	864
Guaytacama	1.797
José Guango Bajo	1.713
Múlalo	5.867
11 de noviembre	0
Poaló	0
Pastocalle	2.158
Tanicuchi	3.635
Toacaso	0
Total	68.634

Fuente: INEC,2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

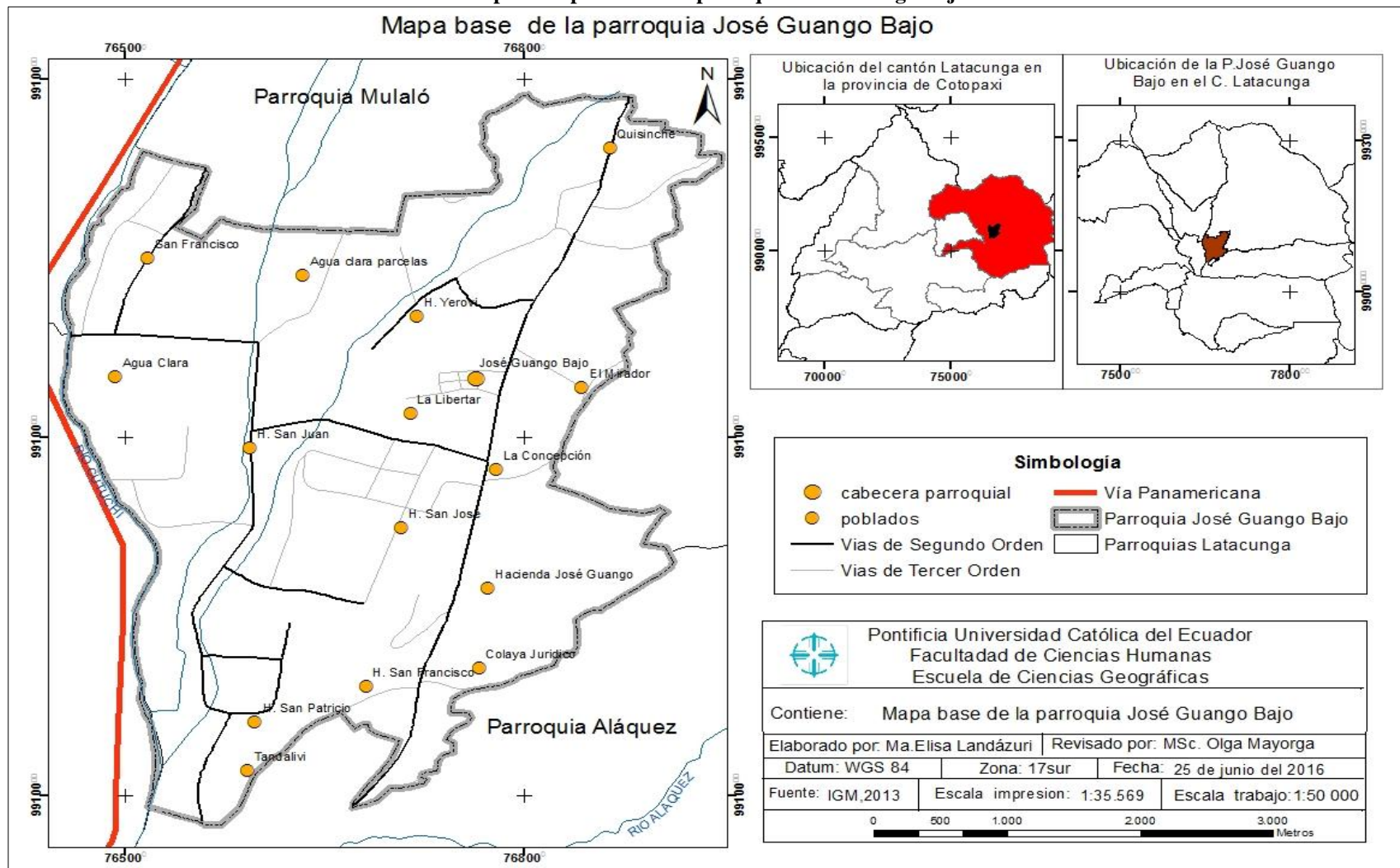
2.2 Afectación en la parroquia José Guango Bajo

La parroquia rural José Guango Bajo está ubicada en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi; colinda con las parroquias: Mulaló, Aláquez, Guaytacama y Tanicuchí (Mapa No. 3). Cuenta con un área de 18,28 Km² (1.828 has), en la que se

desarrollan principalmente actividades agropecuarias y ganaderas. Se encuentra localizada en la Latitud: 767700; Longitud: 9909500.

Debido a cambios limítrofes producidos en la parroquia José Guango Bajorealizados entre el 2011 y 2014 se detectan imprecisiones en la información cartográfica que aparece en las fuentes oficiales debido a que ésta no introdujo dichos cambios.

Mapa 4 Mapa base de la parroquia José Guango Bajo



⁵ Esta delimitación no implica reconocimiento oficial ni prueba para el establecimiento de jurisdicciones político – administrativa

La parroquia José Guango Bajo presenta una alta susceptibilidad a las amenazas volcánicas debido a que se encuentra en el área de influencia del volcán Cotopaxi. En caso de erupcionara, la parroquia se vería afectada por lahares, caída de ceniza, caída de piroclásticos y colapso del edificio volcánico(GAD Parroquial de José Guango Bajo, 2014).

Tabla 8 Susceptibilidad a lahares en la parroquia José Guango Bajo

Peligros volcánicos	Extensión ha.	Porcentaje
Con susceptibilidad	970	53%
Sin susceptibilidad	859	47%
Total	1829	100%

Fuente: IGEPN, 2016

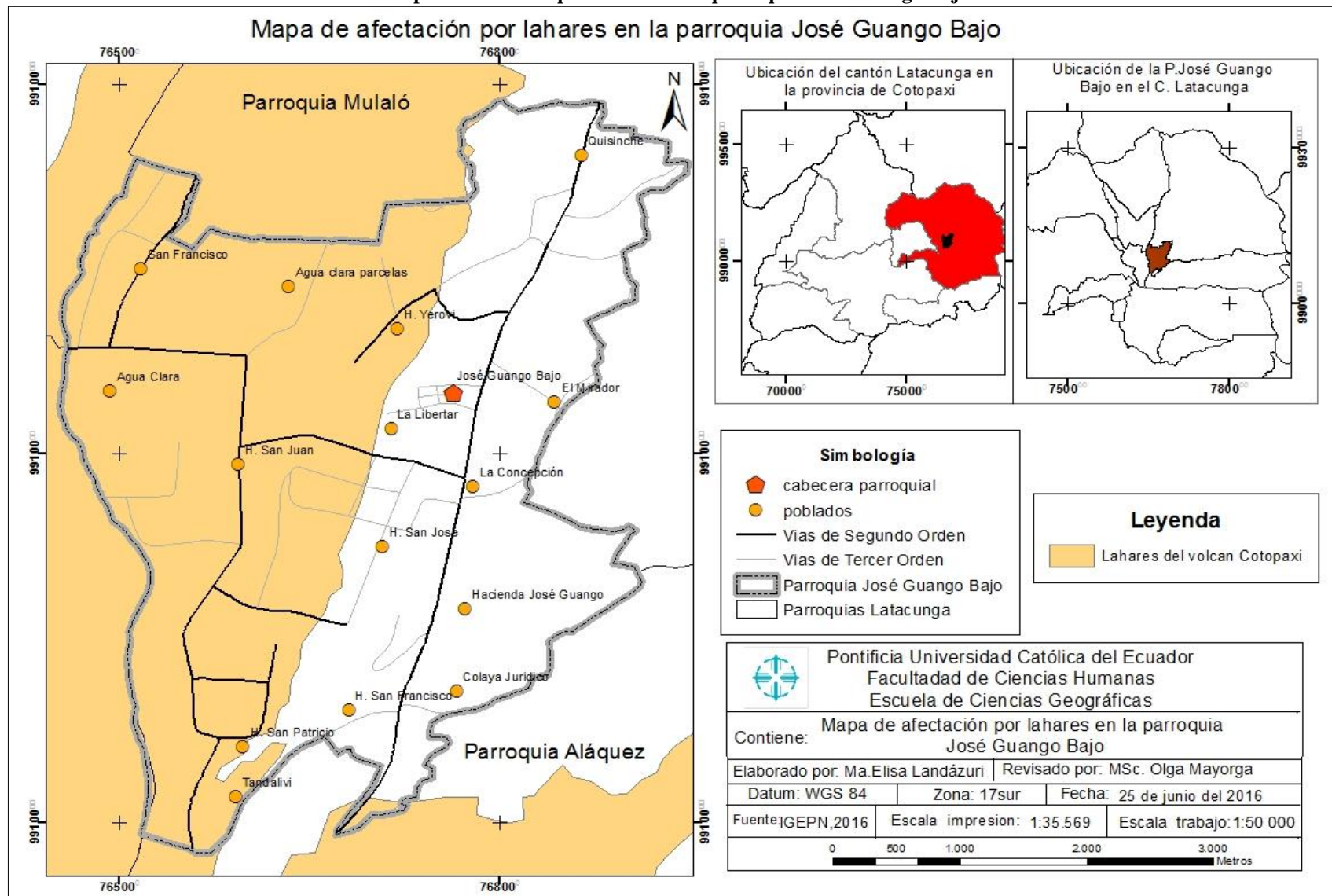
Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

Otras amenazas que afectarían a la parroquia en caso de una erupción del volcán Cotopaxi son las siguientes:

- **Caída de ceniza y piroclásticos:** Al momento de un erupción, se expulsan gases y materiales piroclásticos (ceniza, fragmentos de roca y piedra pómez); algunos de estos pueden caer a varios kilómetros del volcán; no obstante, lo más común es la acumulación de éstos en áreas cercanas al volcán, en capas de varios centímetros de espesor, afectando las viviendas, la agricultura, ganadería, movilidad, entre otros. A partir de la información recolectada de erupciones anteriores, se establece que la caída de flujos piroclásticos y ceniza generan grandes estragos en las poblaciones cercanas(IGPN, 2005).
- **Avalancha de escombros:** Ocurre cuando hay el colapso de un lado de la estructura volcánica; es un fenómeno poco probable pero en la mayoría de los estratovolcanes ha ocurrido. Se caracteriza por ser eventos de gran magnitud y violencia que causan gran destrucción(IGPN, 2005).

En base al mapa de peligros del volcán Cotopaxi, 2016, (Anexo1) generado por el IGEPN se puede observar que en caso de erupción, sí habría afectación en toda la parroquia por caída de piroclastos y ceniza y por avalancha de escombros.

Mapa 4 Afectación por lahares en la parroquia José Guango Bajo



2.2.1 Afectaciones al componente biofísico de la parroquia José Guango Bajo

La parroquia José Guango Bajo se ubica en el extremo este del valle interandino; a una altura entre los 2.800 y 3.000 m.s.n.m., aunque la mayor parte del territorio se encuentra entre los 2.900 y 3.000 m.s.n.m.

La aptitud del suelo en la mayor parte del territorio de la parroquia es agrícola; el 71,72% de las 1.829,79 ha. es apta para cultivos de ciclo corto y permanentes, mientras que el 18,02% lo es para bosques; y el 10,26% para pastos (SGR, PNUD, ESPOCH, 2011).

El uso de suelo en la parroquia está principalmente dedicado al cultivo de pastizales, es decir que la zona está dedicada a la crianza de ganadería.

De acuerdo a la Tabla 8, los pastizales tienen la mayor cobertura del territorio de la parroquia (52,4%). Los mosaicos agropecuarios tienen menor cobertura, con una extensión del 34,6%, lo que evidencia conflicto de uso del suelo.

Las zonas urbanas ocupan el 8,4%; en este grupo están los poblados de: José Guango Bajo, Agua Clara, San Juan, San José y Quisinche.

Tabla 9 Uso del suelo de la parroquia José Guango Bajo

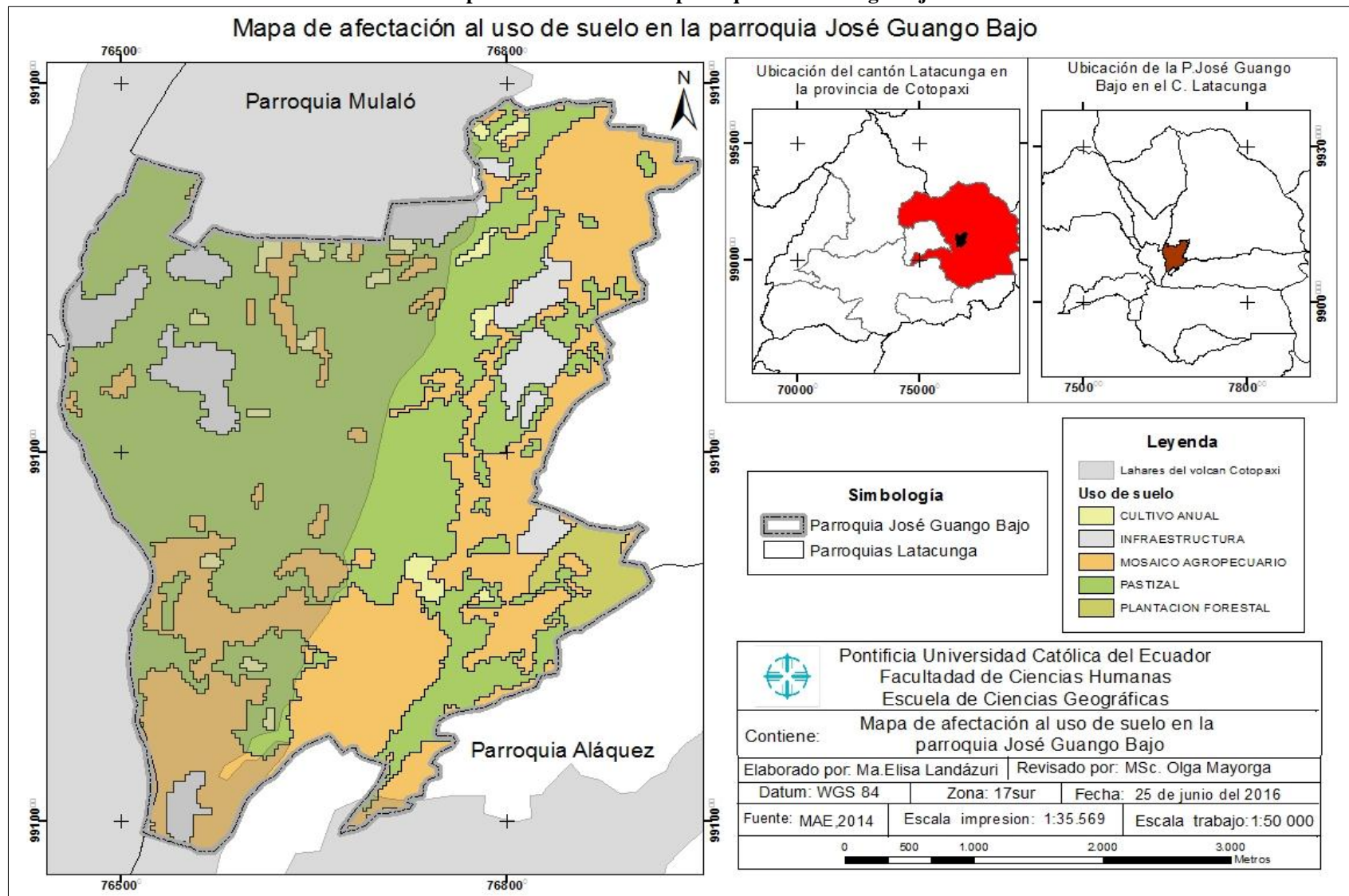
Uso actual suelo	Extensión (has)	Porcentaje
Cultivos anuales	39,8	2.1
Bosques	41,3	2.2
Zona urbana	154,3	8.4
Mosaico agropecuario	634	34.6
Pastizales	960,1	52.4
Total	1829	100%

Fuente: SIGAGRO, 2003

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

De la extensión de la parroquia, 1.829,7 ha., 932,8 serían afectadas por los lahares que descenderían del volcán. La mayor parte de esta superficie corresponde a áreas de producción, como pastizales, cultivo y mosaico agropecuario.

Mapa 5 Uso de suelo en la parroquia José Guango Bajo



2.2.2 Afectaciones a la infraestructura de la parroquia José Guango Bajo

En la parroquia no se prevé afectación por lahares a la infraestructura de salud, educación pública, seguridad y de recreación debido a que la mayoría parte de ellas se encuentran ubicadas en la cabecera parroquial José Guango Bajo o en sitios que no serían afectados (GAD Parroquial de José Guango Bajo, 2014).

En la parroquia José Guango Bajo hay alrededor de 52,91 Km. de vías, entre las de segundo, tercer orden y de uso privado. Las vías de segundo orden conectan los poblados con la cabecera parroquial; las de primer orden, como la Panamericana, comunican a la jurisdicción en referencia con las ciudades de Quito y Latacunga. Las de tercer orden permiten la conexión entre los poblados y las vías de uso privado.

El estado de las vías en el territorio parroquial es deficiente debido a que el 74,39% de ellas son de tierra y solo el 24,3% son asfaltadas o adoquinadas (GAD Parroquial de José Guango Bajo, 2014).

Tabla 10 Vías de la parroquia José Guango Bajo

Vías	Total (Km.)	Porcentaje
Asfaltadas	12,44	24,3
Adoquinadas	1,10	2,07
Tierra	39,37	87,9
Total	52,92	100,00

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

Fuente: Actualización PDOT José Guango Bajo, 2014

Ilustración 1 Vía a la población de Coyalta Jurídico de la parroquia José Guango Bajo



Fuente: Ma. Elisa Landázuri, 2017

En la red vial parroquial, se verían afectada las vías de segundo y tercer orden: alrededor de 13,97 Km de vías de segundo orden y 12,51 Km de vías de tercer orden.

Este porcentaje representa el 61,25% del total de la red vial de la parroquia, por lo que su inhabilitación en caso de erupción supondría importantes problemas de conectividad.

2.2.3 Afectación al componente social en la parroquia José Guango Bajo

Según el Censo de Población y Vivienda realizado por el INEC en el año 2010, la población total de la parroquia José Guango Bajo es de 2.869 personas distribuidas en las poblaciones de la parroquia. De la cifra poblacional anotada, 1.380 son hombres (48,2%) y 1.489 son mujeres (51,8%); por lo tanto hay una mínima predominancia de la población femenina (INEC, 2010).

Tabla 11 Población por grupos de edades y sexo de la parroquia José Guango Bajo al año 2010

Grandes grupos de edad	Sexo		Total	Porcentaje
	Hombre	Mujer		
De 0 a 14 años	496	439	935	32,58
De 15 a 64 años	767	901	1668	58,13
De 65 años y más	117	149	266	9,27
Total	1.380	1.489	2.869	100,0

Fuente: INEC, 2010

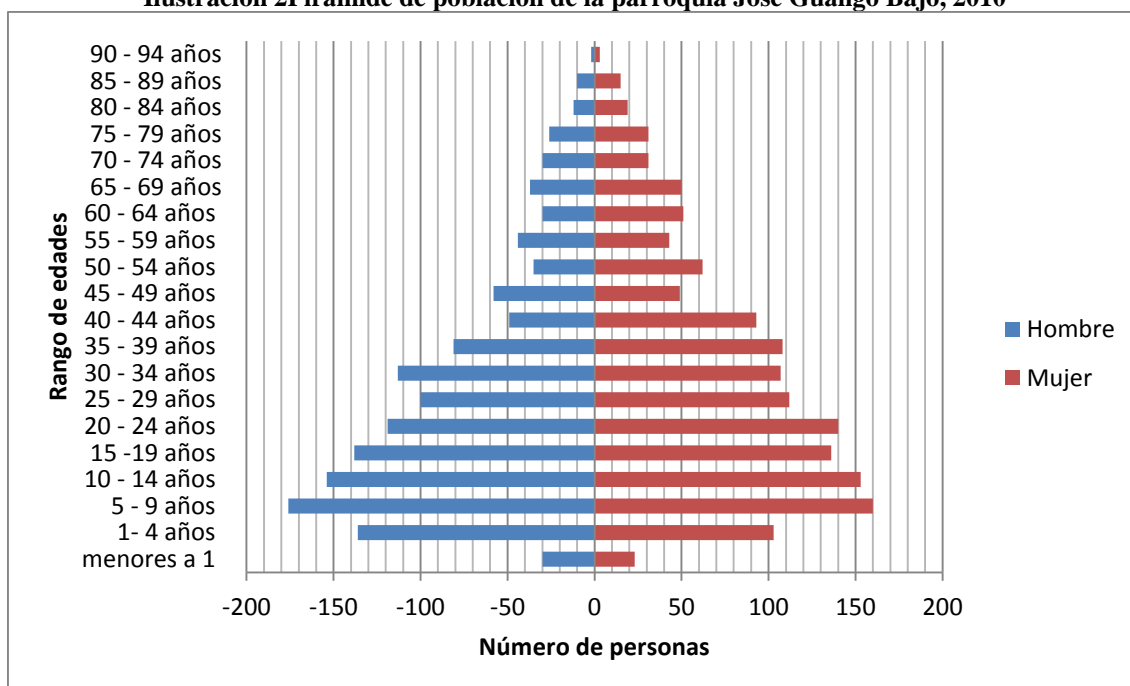
Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

En la Tabla 11 se puede observar la distribución de la población de la parroquia por edades: el 58,13% de los habitantes están entre los 15 y 64 años; el 32,58% corresponde a los niños y adolescentes entre 0 y 14 años; y el 9,27% son personas mayores a 65 años.

La tasa promedio de crecimiento anual para la parroquia en referencia, establecida en el último período inter-censal 2001 – 2010, es igual a 0,64%. Se calcula entonces que para el año 2017 la población sería de 3.320 personas, por lo tanto se concluye que existe un bajo crecimiento poblacional (SENPLADES, 2017).

Como se observa en la Ilustración 2 que muestra la pirámide poblacional, en la parroquia predomina una población joven que se encuentra en edad de trabajar y un gran porcentaje de población en edad escolar.

Ilustración 2 Pirámide de población de la parroquia José Guango Bajo, 2010



Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

Para identificar a la población que habita en el área de afectación por lahares dentro de la parroquia, se recurrió al uso de las informaciones de sectores censales y sectores amanzanados utilizadas por el Censo del 2010.

A partir de la información a nivel de sectores amanzanados del Censo del 2010, se determinó que en la parroquia José Guango Bajo habitan 572 personas que serían afectadas por los lahares de forma directa(INEC, 2010).

Tabla 12 Personas afectadas por los lahares en la parroquia José Guango Bajo

Población	Habitantes	Porcentaje
Población fuera del área de afectación	2.297	80%
Población dentro del área de afectación	572	20%
Total	2.869	100

Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

En la Tabla 13 se desglosa el número de personas afectadas por edades. La mayor parte de damnificados son personas entre los 15 y 64 años (58%) y existe un número considerable de niños y niñas en edad de estudiar, que representa el 33% de la población afectada.

Tabla 13 Población total afectada por grupo de edades

Población	Afectados	Porcentaje
De 0 -14 años	198	35
De 15 - 64 años	323	56
De 65 en adelante	51	9
Total	572	100

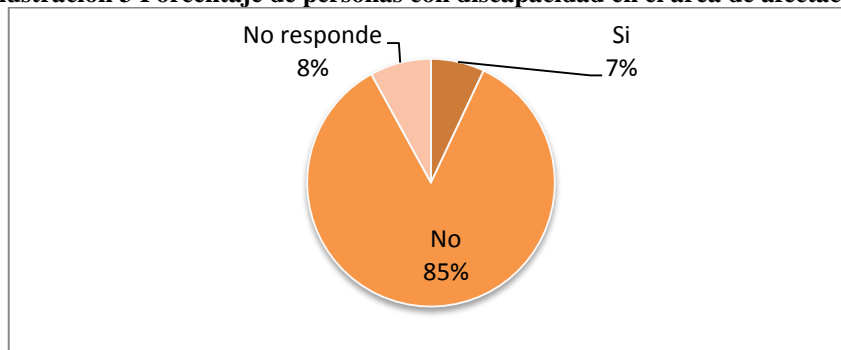
Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Otro factor a tomar en cuenta son las personas con discapacidad. Según el Censo 2010, el 7% de la población dentro del área de afectación de la parroquia sufre de algún tipo de discapacidad; este porcentaje representa 38 habitantes(INEC, 2010).

Este tipo de información es importante debido a que permite conocer si en la parroquia se necesitan acciones diferentes para ayudar a este sector de personas vulnerables que requieren planes de contingencia apropiados.

Ilustración 3 Porcentaje de personas con discapacidad en el área de afectación



Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

2.2.4 Afectaciones al componente de asentamientos humanos en la parroquia José Guango Bajo

Los habitantes de la parroquia José Guango Bajo se encuentran distribuidos en los siguientes poblados: Agua Clara, Quisinche, José Guango Bajo, San Francisco, El Mirador, La Concepción, Agua Clara Parcelas, Colaya Jurídico y La Libertad(GAD Parroquial de José Guango Bajo, 2014).

Estos poblados se encuentran distribuidos de forma lineal en el territorio parroquial siguiendo el curso de las vías. De la observación del Mapa 3 se concluye que la mayor parte de los centros poblados se encuentran cercanos a la cabecera parroquial, hacia la zona noreste de la parroquia. Mientras que el resto de poblados están asentados cerca a la vía Panamericana y a vías secundarias. En el caso de producirse el descenso de

lahares se afectarían de forma directa las poblaciones de Agua Clara Parcelas, Agua Clara y San Francisco.

En la parroquia existen 861 viviendas de las cuales el 10% están desocupadas, el 8.9% están ocupadas con personas ausentes⁶ y el 4.3% se encuentra en construcción. De manera que el 76,7%, que corresponde a 660 residencias están ocupados. De las 861 viviendas que se encuentran en la parroquia, 860 son particulares y una es colectiva(INEC, 2010).

Tabla 14 Tipos de vivienda en la parroquia José Guango Bajo, 2010

Tipo de la vivienda	Número de viviendas	Porcentaje
Casa/villa	689	80.02
Departamento en casa o edificio	81	9.41
Cuarto(s) en casa de inquilinato	17	1.97
Mediagua	58	6.74
Rancho	5	0.58
Covacha	5	0.58
Choza	2	0.23
Otra vivienda particular	3	0.35
Convento o institución religiosa	1	0.12
Total	861	100.00

Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

En caso de erupción del volcán Cotopaxi, 572 personas serían afectadas, así como 158 viviendas, de las cuales 135 son viviendas ocupadas(INEC, 2010). Del total de viviendas afectadas por los lahares en la parroquia José Guango Bajo, el 47% corresponde a departamentos en casas o edificios, el 42% son casas, el 9% son media aguas y por último, solo el 3% son ranchos, chozas o conventos(INEC, 2010). Esto significa que al momento de una erupción del volcán Cotopaxi alrededor de 158 viviendas tendrían que ser reubicadas.

Con relación a la afectación del abastecimiento de servicios básicos, la parroquia cuenta con los siguientes servicios: agua potable, red eléctrica, recolección de basura y eliminación de aguas servidas. (INEC, 2010)

La mayoría de las viviendas (67,8%,) de la parroquia José Guango Bajo se provee de agua a través de la red pública; mientras que el resto de la parroquia se abastece de ríos

⁶ Viviendas ocupadas con personas ausentes, son aquellas viviendas donde las personas la ocupan de forma cotidiana y al momento del Censo no se encontraban en sus casas.

o vertientes y el resto lo hace mediante pozos y captación de agua de lluvia(INEC, 2010).

Tabla 15 Abastecimiento de agua en la parroquia José Guango Bajo

Procedencia principal del agua recibida	Casos	Porcentaje
De red pública	448	67.88
De pozo	14	2.12
De río, vertiente, acequia o canal	172	26.06
Otro (agua lluvia/albarrada)	26	3.94

Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

En el caso de las viviendas que serían afectadas por los lahares, en su mayoría (37%) se abastecen de agua potable mediante la red pública y el 58% lo hacen recurriendo a otras formas como ríos, pozos o agua de lluvia(INEC, 2010).

Con respecto a la evacuación de aguas servidas dentro de las viviendas de la parroquia, ésta se produce en un 31,9% a través de pozos sépticos y 26,9% mediante pozos ciegos. Tan solo el 22,8% de las viviendas eliminan las aguas servidas a través de la red pública de alcantarillado. Una pequeña porción, correspondiente al 3,7%, elimina directamente a los ríos(INEC, 2010).

Tabla 16 Uso de alcantarillado en la parroquia José Guango Bajo

Tipo de servicio higiénico o escusado	Casos	Porcentaje
Conectado a red pública de alcantarillado	151	22.88
Conectado a pozo séptico	211	31.97
Conectado a pozo ciego	178	26.97
Con descarga directa a ríos o quebradas	25	3.79
Letrina	41	6.21
No tiene	54	8.18
Total	660	100.00

Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

Respecto a la eliminación de aguas servidas en las viviendas que se encuentran en zona de riesgo, el 26% de ellas están conectadas a la red de alcantarillado(INEC, 2010).

Con relación a la energía eléctrica, ésta se proporciona a la parroquia a través de la Empresa Eléctrica con un porcentaje de cobertura igual al 97%; sin embargo, el 3% de

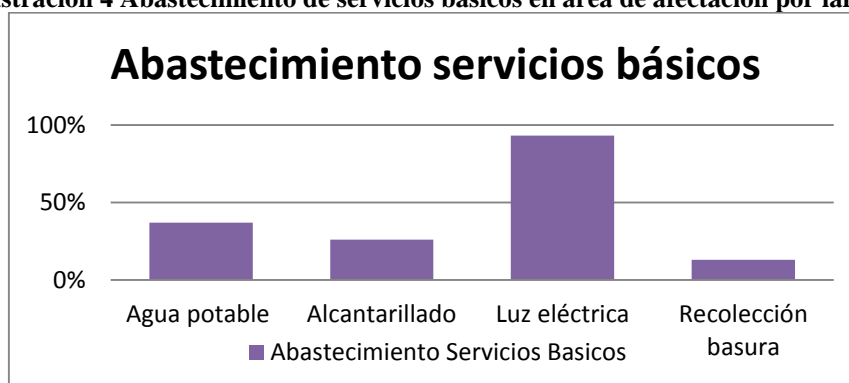
las viviendas carecen de este servicio(INEC, 2010). Mientras que el 93% de las viviendas dentro del área afectada cuenta con este servicio.

La eliminación de desechos sólidos en la parroquia en estudio se da en un 49% a través de carro recolector y el 40% mediante la quema. Un 10% de las viviendas elimina los desechos mediante otras formas: los colocan en terrenos baldíos, entierran o arrojan a ríos(INEC, 2010).

De las viviendas dentro de la zona de riesgos, solo el 13% cuenta con la eliminación de desechos mediante la recolección por carros de basura con el fin de depositarlos en vertederos municipales(INEC, 2010).

El abastecimiento de servicios básicos en la zona de afectación se caracteriza por tener un alto nivel de cobertura con respecto a la energía eléctrica. Este tipo de información es importante porque permite conocer las características que posee la población que podría ser afectada, para poder establecer los criterios a tomarse en cuenta para su reubicación.

Ilustración 4 Abastecimiento de servicios básicos en área de afectación por lahares



Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

2.2.5 Afectación al componente económico en la parroquia José Guango Bajo

En la parroquia José Guango Bajo prevalece la dedicación a actividades del sector primario como son la ganadería y la agricultura. La mayor parte del territorio parroquial se dedica a la crianza de ganado (73%) mientras que el resto lo hace a la producción agrícola.

En la siguiente tabla se muestran las ramas de actividad en las que se dedican las personas de la parroquia. De ella se desprende la predominancia de las actividades de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (57% de la población); le siguen en importancia la construcción, comercio, transporte y almacenamiento. No hay

actividades de explotación de minas y canteras, suministro de electricidad ni actividades inmobiliarias(INEC, 2010).

Tabla 17 Número de personas por rama de actividad de la parroquia José Guango Bajo

PEA según rama de actividad	Número	Porcentaje
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	723	57,00
Industrias manufactureras	113	9,00
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	1	0,08
Construcción	86	6,70
Comercio al por mayor y menor	63	4,97
Transporte y almacenamiento	56	4,42
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	12	0,95
Información y comunicación	3	0,24
Actividades financieras y de seguros	1	0,08
Actividades profesionales, científicas y técnicas	8	0,63
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	7	0,55
Administración pública y defensa	23	1,81
Enseñanza	14	1,10
Actividades de la atención de la salud humana	10	0,79
Artes, entretenimiento y recreación	2	0,16
Otras actividades de servicios	25	1,97
Actividades de los hogares como empleadores	27	2,13
No declarado	73	5,76
Trabajador nuevo	21	1,66
Total	1.268	100,00

Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri, 2016

Más del 50% de personas que trabajan se dedican a las actividades agrarias como son la agricultura y ganadería; al momento de una erupción se afectaría el *hábitat* de estas personas.

En relación a las personas que no realizan actividades relacionadas con la agricultura, éstas se dedican a la industria manufacturera, construcción, comercio, transporte, enseñanza, salud y trabajos administrativos(GAD Parroquial de José Guango Bajo, 2014). Estas personas que desarrollan sus actividades dentro de la parroquia o en los alrededores, como en la ciudad de Latacunga, se verían afectadas por la pérdida de conectividad con el resto del cantón.

La población económicamente activa de la parroquia José Guango Bajo está compuesta por personas en edad de trabajar es decir entre los 15 y 64 años de edad. Este segmento está representado por el 65% de los habitantes, mientras que la población económicamente inactiva está compuesta por el 35% de la población.

Dentro de la población en edad de trabajar hay dos componentes: el primero, la población económicamente activa que corresponde a las personas que trabajan y representa el 67% de la población. El segundo componente es la población inactiva económicamente que equivale al 33% de los habitantes de la parroquia(INEC, 2010).

Dentro de la población posiblemente afectada por los lahares del volcán Cotopaxi el 53% corresponde a personas que trabajan y 33% a estudiantes; el resto de la población son personas jubiladas, discapacitados o que desempeñan actividades del hogar(GAD Parroquial de José Guango Bajo, 2014).

2.2.6 Análisis de la situación de la parroquia José Guango Bajo

Al momento de una erupción del volcán Cotopaxi el 50% del territorio de la parroquia se afectaría por los lahares. Esto significa la afectación a los asentamientos humanos, la movilidad y al sistema económico de la población, dado que la mayor parte de ella se dedica a la agricultura y ganadería y en las áreas afectadas hay mayor cantidad de cultivos y pastos.

Para evaluar la situación actual de la parroquia José Guango Bajo se desarrolla un diagnóstico estratégico en el cual se aplicó la matriz FODA.

El análisis FODA es una herramienta dentro de análisis estratégico, para examinar las situaciones dividiéndolas en Fortalezas y Debilidades (internas) y Oportunidades y Amenazas (externas) con el fin de facilitar la toma de decisiones en una planificación futura (Tabla 18).

Tabla 18 Matriz FODA

Fortalezas	Debilidades
Población cuenta con vías de evacuación en caso de erupción del volcán Cotopaxi	PDOT carece de acciones de mitigación o de prevención frente a la erupción del volcán Cotopaxi
Poca dispersión de la población permite el abastecimiento de servicios de salud y educación	No se ha identificado áreas aptas para la reubicación para los afectados
Están identificados los albergues temporales en caso de erupción	Gran cantidad de fuentes de trabajo afectadas en caso de descenso de lahares
Oportunidades	Amenazas
Presencia de la Secretaría de Gestión de Riesgos y del COE cantonal y reactivación del volcán en el 2015 permitió definir características de la población afectada	Erupción del volcán Cotopaxi y 50% de la parroquia se ve afectada por los lahares del volcán
Hay la presencia de emprendimientos	Se encuentra en zona de afectación en caso de avalancha de escombros durante la erupción

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Como se observa en la matriz FODA las debilidades de la parroquia se enfocan en la falta de estrategias para minimizar o mitigar los daños en caso de erupción. Por otra parte vemos que las amenazas del volcán Cotopaxi son varias y afectarían a diferentes ámbitos de la parroquia.

Adicionalmente las fortalezas de la parroquia se enfocan en acciones de preparación de la población y no cuentan con estrategias para mitigar los problemas. Las oportunidades, por su parte, van a permitir mejorar la capacidad de respuesta y la resiliencia de la población.

2.3 Conclusiones

A partir de la información recopilada en el análisis por sistemas para determinar las afectaciones en la parroquia, es factible establecer varias características de la parroquia José Guango Bajo, a ser tomadas en cuenta para llevar acabo la reubicación de los afectados por los lahares.

Al analizar los diferentes componentes se definió que las variables de uso de suelo, pendientes, amenazas naturales, servicios básicos y movilidad son las de mayor importancia al momento de definir las áreas de reubicación.

Por otra parte, al analizar las características de la afectación al componente social se determinó que no se tomará en cuenta la densidad poblacional para la evaluación multicriterio, debido a que se trata de una parroquia con densidad poblacional baja.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONANTES DE LAS ÁREAS REQUERIDAS PARA LA REUBICACIÓN DE DAMNIFICADOS

Para determinar los condicionantes de reubicación para la población de José Guango Bajo hay que tener en cuenta las características sociales, económicas y culturales de la población a ser movilizada.

Los criterios son fundamentales para llevar a cabo la evaluación multicriterio (EMC), porque ellos permiten mediar y evaluar el proceso. Los criterios son la base para poder desarrollar la evaluación multicriterio, debido a que dan referencias para la toma de decisiones, a los cuales se les asigna valores para determinar su importancia para la reubicación (Gómez & Barredo, 2006).

Los criterios dentro del procedimiento de la EMC pueden ser de dos tipos: factores o limitantes. Los factores exaltan o invalidan las características de un determinado criterio mientras que los limitantes establecen la capacidad de un determinado criterio (Gómez & Barredo, 2006).

Los criterios se han ponderado del 0 al 10, donde el 0 representa que no son aptos y el valor 10 representa que son totalmente aptos para la reubicación. En el siguiente capítulo se explica a mayor profundidad la ponderación.

Para determinar las áreas de reubicación se usaron los siguientes criterios:

Tabla 19 Criterios para la reubicación

Criterios		Ponderación
Condicionantes Biofisicos	Usos de Suelo	0-10
	Tipos de suelo	0-10
	Pendientes	0-10
Condicionantes urbanos	Proximidad a centros de salud	0-10
	Proximidad a centros de educación	0-10

	Vías	0-10
Servicios básicos	Agua potable	0-10
	Luz eléctrica	
	alcantarillado	0-10
	Recolección de basura	0-10
Riesgos	Inundaciones	0-10
	Movimientos en masa	0-10
	Lahares del volcán	0-10
	Cotopaxi	

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

3.1 Criterios para la reubicación

3.1.1 Tipos de asentamientos (tiempos de permanencia)

La reubicación de una población se define como el proceso que produce el desplazamiento involuntario de un grupo de personas de su lugar de *hábitat* por causas ajenas a su decisión, con el fin de reducir la vulnerabilidad de la población, los efectos negativos de un fenómeno ambiental o por la implementación de proyectos de desarrollo (Correa, 2011).

Para llevar a cabo el proceso de reubicación es necesario efectuar un análisis de las variables económicas, sociales, ambientales y culturales con el fin de que el cambio de localización no cause grandes cambios en la población (Morales & Molina, 2003).

Actualmente la reubicación es entendida como una medida para reducir la vulnerabilidad de las poblaciones frente a las amenazas naturales (erupciones volcánicas, deslizamientos e inundaciones). Se trata de una herramienta correctiva de la gestión del riesgo, debido a que anula la exposición del riesgo de las poblaciones (Correa, 2011).

La reubicación se da principalmente por cuatro causas: por desastres, proyectos de desarrollo, proyectos de protección ambiental o cultural y por violencia. En el caso de reubicación por desastres se produce por amenazas que no son mitigables como los

fenómenos de movimientos en masa, erupciones volcánicas e inundaciones(Morales & Molina, 2003).

Según Wilches-Chaux, la reubicación en caso de desastres puede ser preventiva o reactiva del riesgo. Se trata de una reubicación preventiva cuando se desplaza a la población debido a una amenaza latente en el ambiente, como medida de prevención; y de reubicación reactiva cuando se refiere a una acción de respuesta frente a un desastre o como acción para la reconstrucción (Correa, 2011).

En base a lo anterior se tomó como punto de partida la reubicación en caso de desastres, es decir una reubicación reactiva para la gente que se encuentra dentro del área de afectación de lahares.

3.1.2 Condicionantes biofísico

- Uso de suelo

Se define el uso de suelo como la utilización y funciones que se dan a una cierta porción de territorio, las cuales se encuentran categorizadas como usos agrícola, industrial, no urbanizables, urbano, comercial, entre otros(IPCC, 2001).

El uso del suelo permite conocer cuáles son las activadas predominantes en determinado territorio; en este caso concreto, el cantón Latacunga, la actividad dominante es la agrícola.

La actividad agrícola a su vez puede clasificarse en varios usos como son: cultivos, bosques, pastos, etc.

- Tipos de suelo

El suelo se define como parte superficial de la corteza terrestre que tiene características físicas y químicas específicas de cada porción de territorio; esto permite el desarrollo de especies vegetales y animales (Foth, 1985).

Una de las características fundamentales del suelo es la textura, la cual se define como el tamaño relativo de las partículas del suelo que permite conocer la cantidad de arena, limo y arcilla de cada suelo (Foth, 1985).

Según Mejía (1977) los suelos pueden ser:

- Arenosos: se caracterizan por ser suelos con poca retención de agua, baja adhesividad y plasticidad. La poca retención de agua causa escorrentía y lavado de minerales y materia orgánica.
- Francos: son suelos que presentan mezcla entre suelos arcillosos y arenosos.
- Arcillosos: son aquellos que tienen alta plasticidad y adhesividad, alta capacidad de retención agua y acumulación de nutrientes y buena permeabilidad.

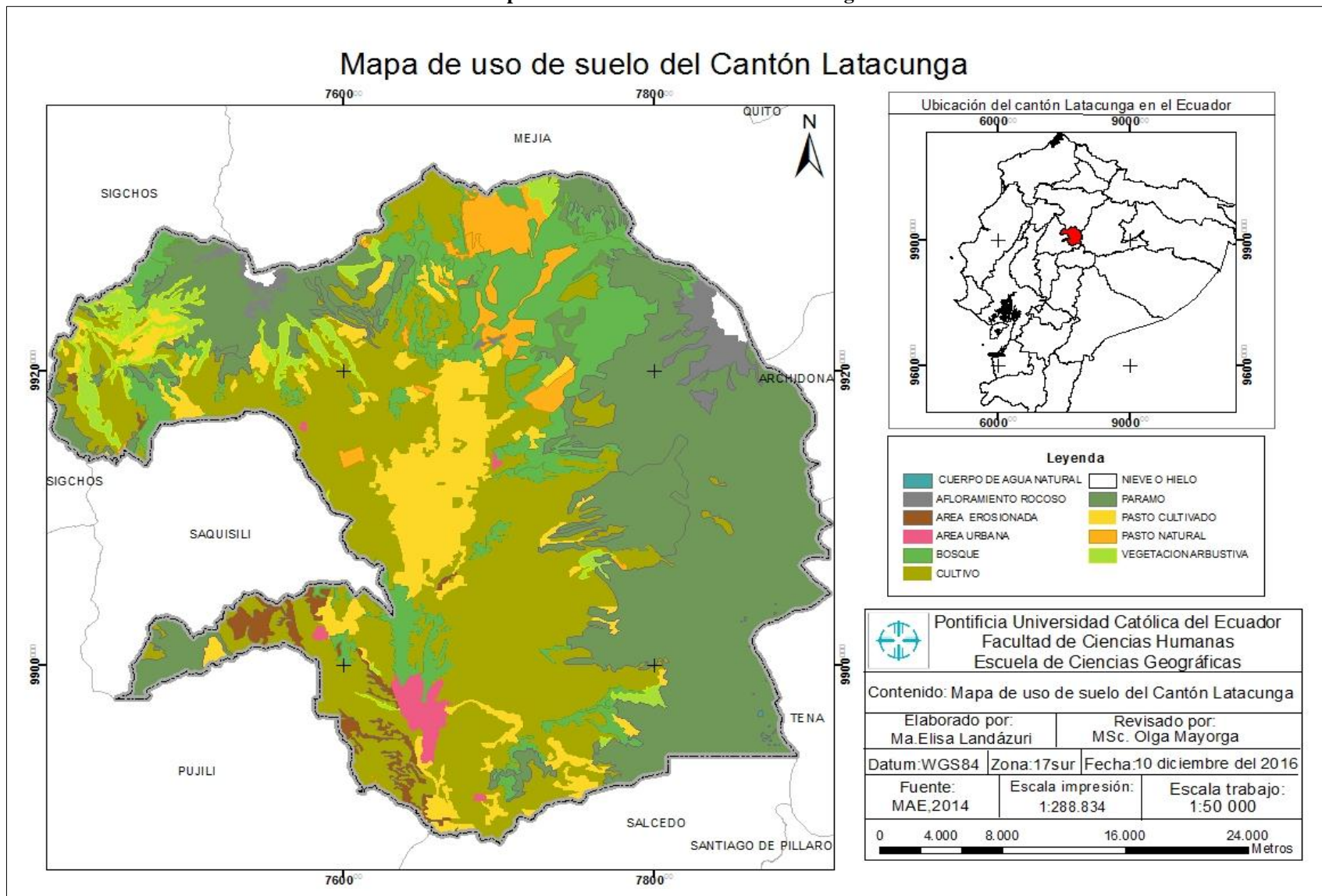
- **Pendientes**

Se define como la inclinación del terreno con respecto a la horizontal; se representa en porcentaje o en forma de magnitud angular (García, Rosique, & Segado, 1996).

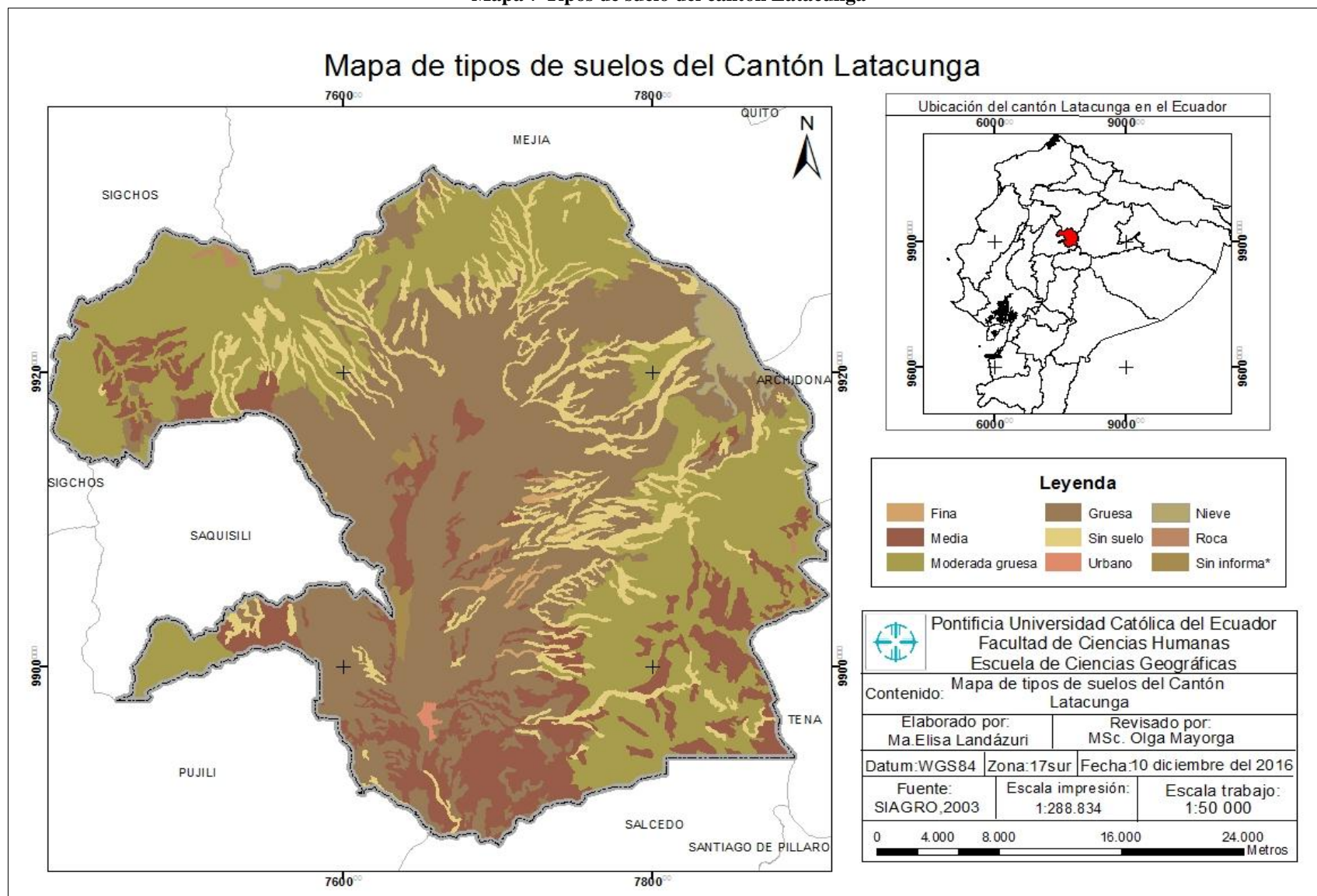
Las pendientes tienen gran relación con los fenómenos de movimientos en masa y degradación del suelo: a mayor pendiente, mayor posibilidad de ocurrencia de estos fenómenos (Perdomo, 2008).

A continuación se presentan los mapas de usos de suelos, textura y pendientes del cantón Latacunga.

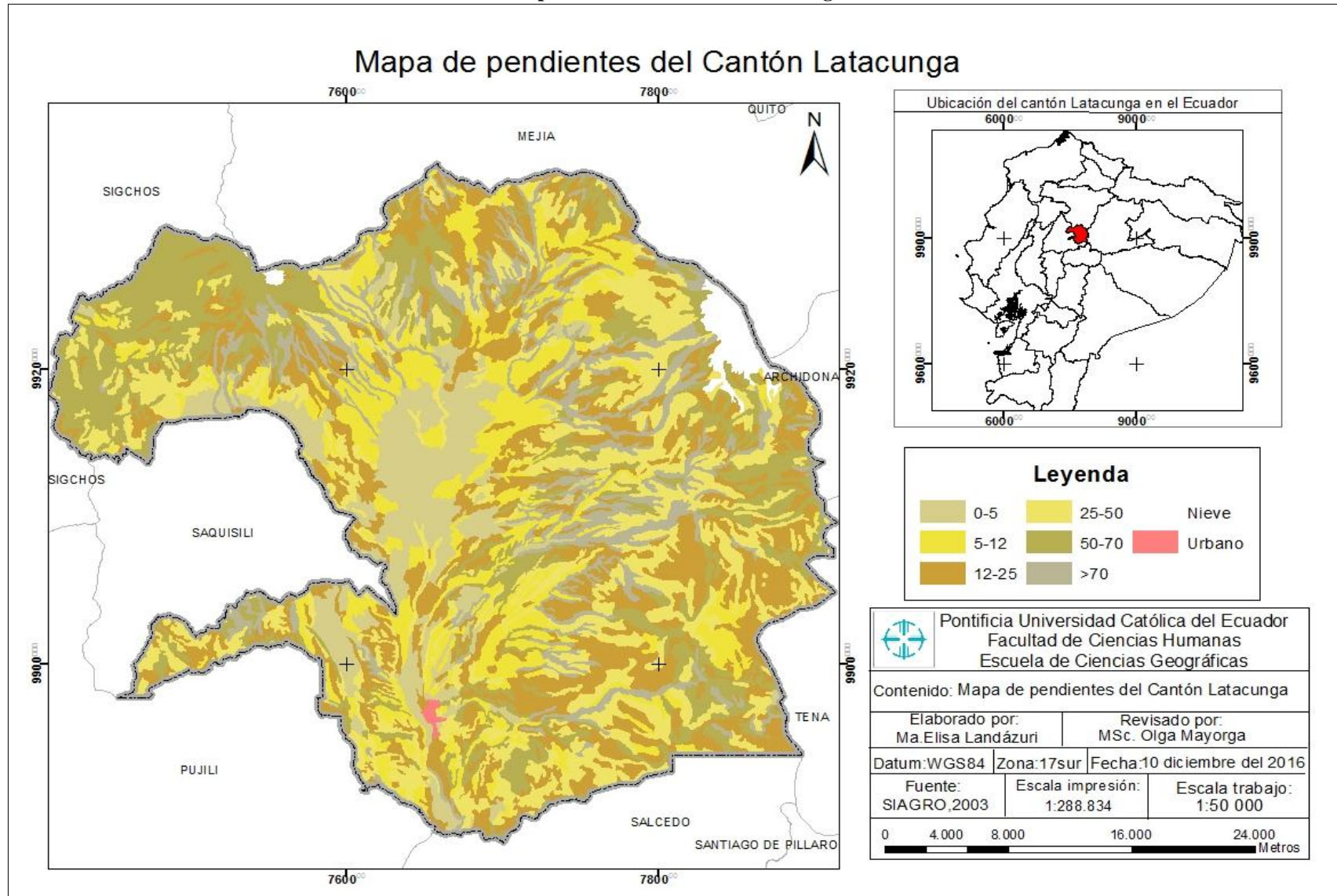
Mapa 6 Uso de suelos del cantón Latacunga



Mapa 7 Tipos de suelo del cantón Latacunga



Mapa 8 Pendientes Cantón Latacunga



3.1.3 Condicionantes urbanos

- Centros de salud

Constituyen toda infraestructura, equipamiento o instalaciones existentes en territorio para prestar atención médica a una población determinada. Los centros de salud se encuentran dentro de un sistema de salud que puede ser privado, público o mixto. Tienen como finalidad brindar atención en las diferentes áreas de la salud para mantener el bienestar de la población(López, Rio, Savério, & Trinca, 2015).

El sistema de salud del Ecuador se encuentra categorizado en los siguientes niveles:

Nivel I: se caracteriza por ofrecer atención ambulatoria, fomento, promoción, prevención y recuperación de la salud. Compuesto por puestos de salud y sub-centros de salud(Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2012).

Nivel II: corresponde a centros que ofrecen atención ambulatoria y hospitalaria de medicina general, auxiliares, diagnósticos y tratamientos de mayor complejidad así como los consultorios de especialidad clínico-quirúrgicos y los centros de especialidades. Dentro de este nivel están los hospitales básicos y hospitales generales que ofrecen hospitalización(Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2012).

Nivel III: está compuesto por los hospitales especializados, donde se ofrece hospitalización en una especialidad o subespecialidad y se atiende a toda la población del país a través de referencia(Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2012).

- Centros de educación

Se definen como el conjunto de instalaciones dedicadas a la enseñanza en los diferentes niveles del ciclo de educación, que cuentan con una nómina de profesores estables para su correcto funcionamiento. Éstas se pueden clasificar en privadas o públicas(Zoido, Vega, Morales, Mas, & Lois, 2000).

Dentro de las instituciones definidas como centros de educación están: escuelas, colegios primarios y secundarios, guarderías, centros infantiles, institutos, entre otros(Zoido, Vega, Morales, Mas, & Lois, 2000).

Los centros de educación están clasificados a partir de la Ley Orgánica de Educación Intercultural y el Reglamento, LOEI, donde se los clasifica en tres niveles, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 20 Estratificación del sistema educativo en Ecuador

Niveles	Subniveles	Descripción
Educación Inicial	Inicial 1	No es escolarizado y comprende a infantes de hasta tres años de edad
	Inicial 2	Comprende a infantes de tres a cinco años de edad
Educación General Básica	Preparatoria	Corresponde a 1.º grado, preferentemente se ofrece a los estudiantes de cinco años de edad
	Básica Elemental	Corresponde a 2.º, 3.º y 4.º grados, se ofrece a los estudiantes de 6 a 8 años de edad
	Básica Media	Corresponde a 5.º, 6.º y 7.º grados, se ofrece a los estudiantes de 9 a 11 años de edad
	Básica Superior	Corresponde a 8.º, 9.º y 10.º grados, se ofrece a los estudiantes de 12 a 14 años de edad.
Bachillerato		Tiene tres cursos, se ofrece a los estudiantes de 15 a 17 años de edad.

Fuente: Ministerio de Educación, 2013

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

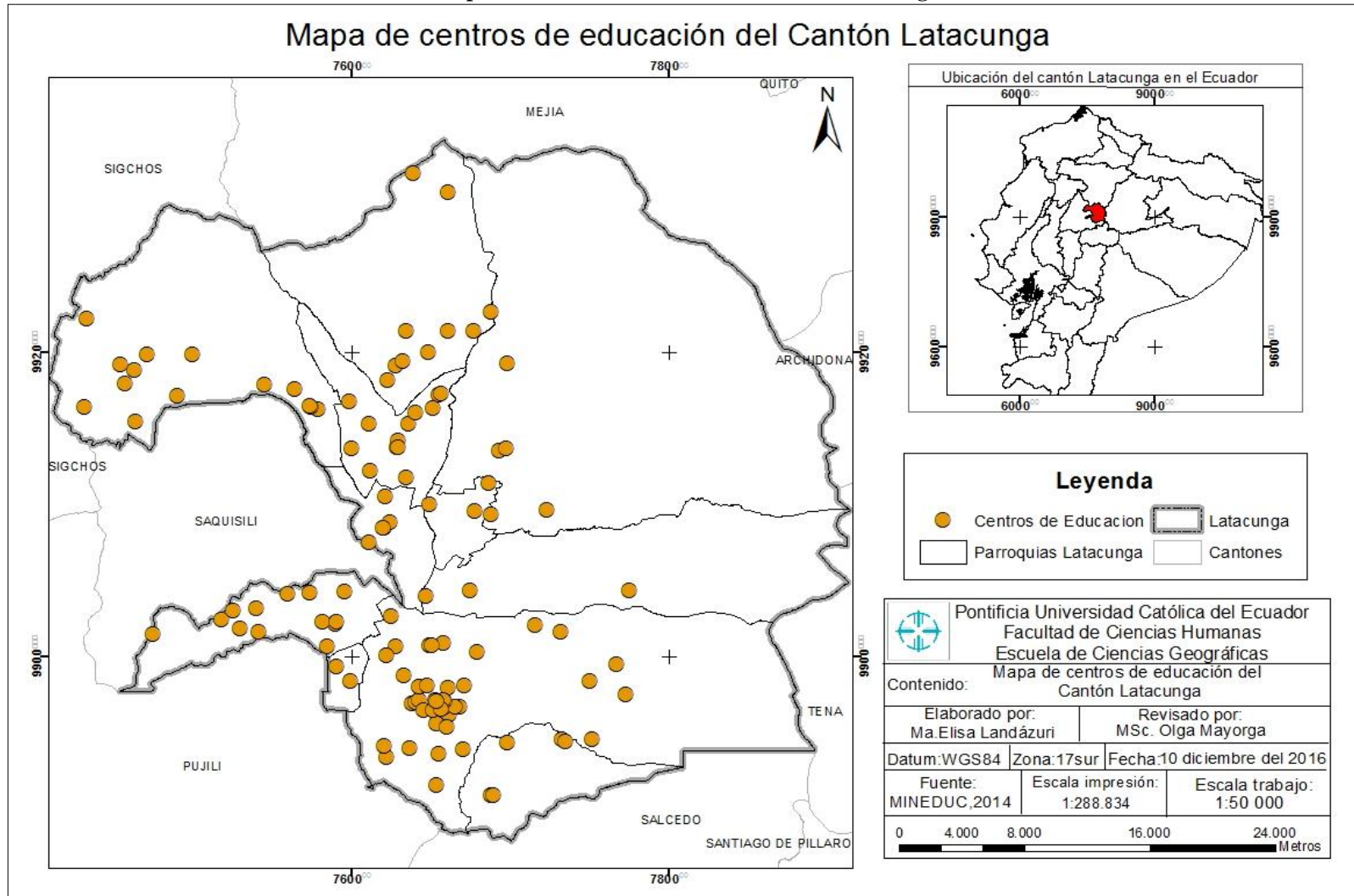
- Vías

Las vías forman una red que permite la intercomunicación entre varios poblados y son de uso común y de propiedad pública. Éstas pueden servir para conectar lo local, lo regional y lo urbano (Zoido, Vega, Morales, Mas, & Lois, 2000).

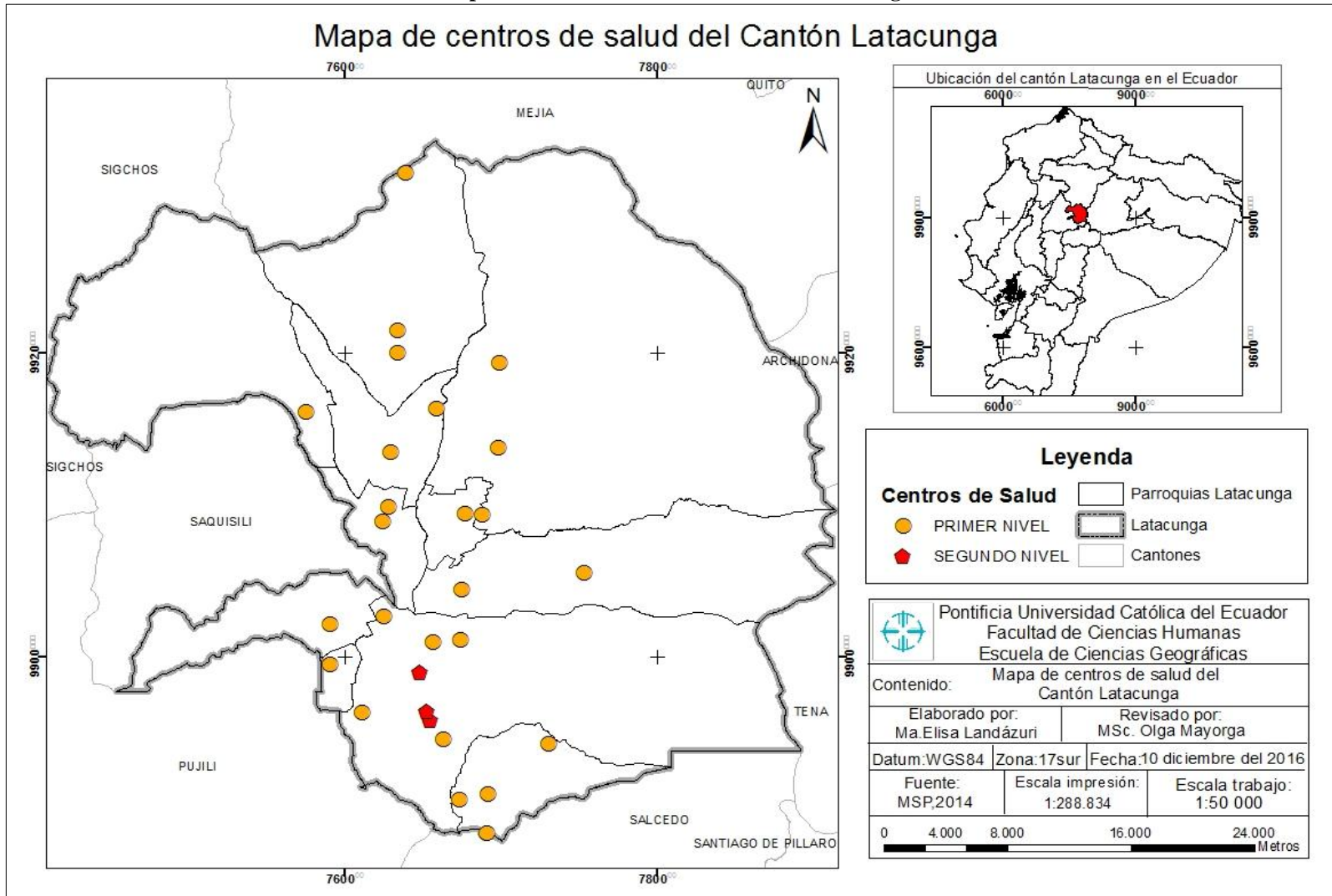
La clasificación de las vías depende de las competencias y funciones. La red vial nacional es considerada como vía de primer orden debido a que busca mantener las relaciones económicas y estratégicas en todo el territorio nacional; mientras que las vías de segundo orden permiten mantener las relaciones a nivel regional y las vías de tercer orden permiten las relaciones locales (Zoido, Vega, Morales, Mas, & Lois, 2000).

A continuación se presentan los mapas de centros de salud, centros de educación y vías del cantón Latacunga.

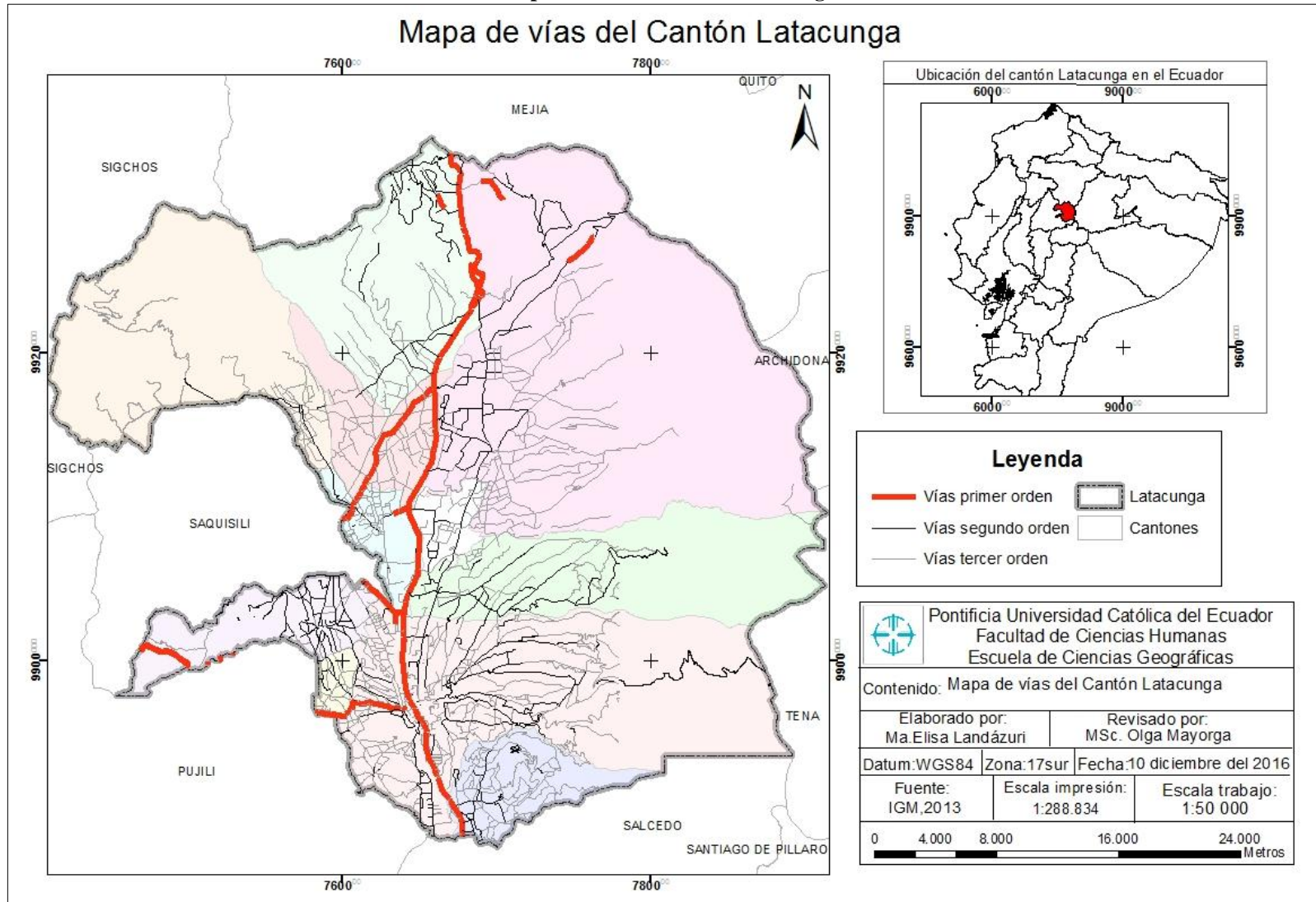
Mapa 9 Centros de educación del cantón Latacunga



Mapa 10 Centros de salud en el cantón Latacunga



Mapa 11 Vías del cantón Latacunga



3.1.4 Posibilidades de acceso a servicios

Los servicios básicos se definen como todos los servicios e infraestructuras que permitan dar a la población la capacidad de llevar una vida digna y saludable (Corner & Repuci, 2009). Entre ellos están: abastecimiento de agua potable, recolección de desechos sólidos, luz eléctrica, servicio de telefonía y alcantarillado.

- Abastecimiento de agua potable

Son todas las actividades e infraestructura que permiten proveer de agua potabilizada para el consumo de una población a través del siguiente proceso: toma agua de un afluente natural, distribución a través de tuberías hasta sitios de depósito donde se da un proceso de purificación del agua para que sea apta para el uso humano y, finalmente, distribución a la población. Ello permite abastecer de agua a una población para el consumo doméstico, industrial y comercial (Zoido, Vega, Morales, Mas, & Lois, 2000).

- Recolección de basura

Son todas las acciones e infraestructuras que se encargan de la recolección, transporte, procesamiento y tratamiento de los desechos sólidos con el fin de evitar la proliferación de enfermedades y mantener el aseo de los espacios públicos. Por lo general está a cargo de una institución pública (municipio) (Vallerter, 2010).

- Alcantarillado

Se definen como aquellas actividades e infraestructura destinadas a eliminar los desechos líquidos (aguas negras) de una población. La eliminación se lleva a cabo mediante tuberías y acueductos subterráneos que reciben aguas negras y pluviales que se eliminan en ríos (Zoido, Vega, Morales, Mas, & Lois, 2000).

- Energía eléctrica

Se define como la energía para realizar un trabajo, la cual tiene la capacidad de transformarse en: luz, sonido o funcionamiento de artefactos eléctricos. Este tipo de energía por lo general se genera a través de generadores o turbinas (Penilo, 2009).

Es considerado el más importante de los servicios debido a que permite el desarrollo de las sociedades, en tanto permite llevar a cabo la implementación de los servicios comerciales, industriales, alumbrado público y desarrollo de la vida cotidiana de las personas (Di Pelino, 2009).

A continuación se presenta el mapa de abastecimientos de servicios básicos del cantón Latacunga, en el que se realizó la unión de todos los criterios de servicios básicos utilizados, con el fin de obtener una sola cobertura.

Para llevar a cabo la unión de los criterios, se recurrió a la información obtenida en el Censo del 2010, donde se obtuvo información en porcentajes acerca del abastecimiento de agua potable, luz eléctrica, alcantarillado y recolección de basura. A partir de esta información se ponderó del 0 al 10, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 21 De ponderación de criterio para mapa de abastecimiento de servicios básicos

Ponderación	Agua potable	Luz eléctrica	Recolección basura	Alcantarillado
0	0- 39%	0- 39%	0- 39%	0- 39%
4	40- 59%	40- 59%	40- 59%	40- 59%
8	60-79%	60-79%	60-79%	60-79%
10	80-100%	80-100%	80-100%	80-100%

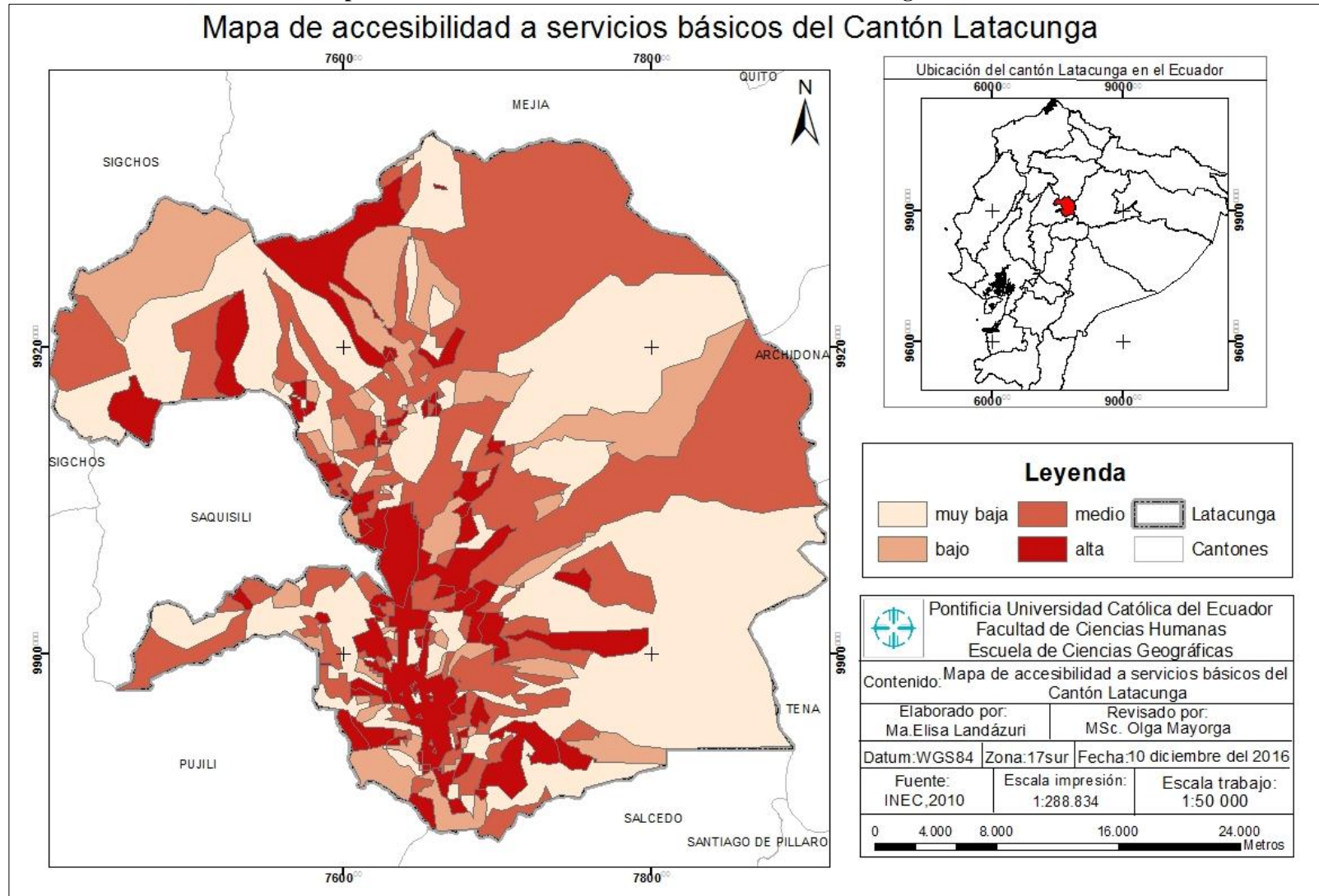
Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Después de la ponderación se llevó a cabo la suma de los cuatro criterios, a partir de la siguiente fórmula.

$$\underbrace{
 \begin{aligned}
 & \textit{Agua Potable} * (0.30) + \textit{Alcantarillado} * (0.30) + \textit{Rec. Basura} * (0.20) + \textit{Luz} \\
 & \quad * (0.20)
 \end{aligned}
 }$$

Mapa de abastecimiento de servicios básicos

Mapa 12 Accesibilidad a servicios básicos en el cantón Latacunga



3.1.5 Amenazas

El término gestión de riesgos se define como la probabilidad de que ocurran pérdidas o daños debido a los efectos de un fenómeno adverso (EIRD, s.f). Está compuesto por la siguiente fórmula:

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

La amenaza se define como cualquier acción que puede causar daños o pérdidas a los medios de sustento, servicio, ambientes sociales, económicos o ambientales (EIRD, s.f).

La vulnerabilidad se define como las características físicas, sociales, ambientales o económicas de una población que hacen que aumente la susceptibilidad de dicha población frente a un fenómeno adverso. El riesgo se puede presentar en niveles dependiendo de la intensidad de los fenómenos, el grado de exposición y la vulnerabilidad de la población. (EIRD, s.f)

- **Movimientos en masa**

Son aquellos fenómenos naturales que se definen como todo movimiento pendiente abajo de una porción de terreno por efecto de la gravedad. Son fenómenos generados por los procesos de la geodinámica externa de la tierra (Andinas, 2007).

Los movimientos en masa se generan comúnmente por exceso de agua, sismos, acción humana o cobertura vegetal. Se trata de una de las características principales que modifican el relieve de una determinada porción de suelo (Andinas, 2007).

Los movimientos en masa se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- Deslizamientos
- Derrumbes
- Desprendimientos
- Deslaves
- Hundimientos

- **Inundaciones**

Se conoce como inundaciones a los fenómenos en los cuales hay acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de drenaje. Esto se debe a que los suelos de los cauces o áreas de drenaje superan la capacidad de retención e infiltración de agua y se caracterizan por ser procesos que se dan de forma periódica en las cuencas hídricas (Gonzales, 2014).

En el caso del cantón, las inundaciones se producen por el desbordamiento de ríos a causa del aumento de las precipitaciones o crecidas en ellos, factores a los que se les añade el mal drenaje de los suelos.

- **Fenómenos volcánicos**

La erupción volcánica se entiende como un proceso geológico que se produce dentro de la tierra, por el cual el volcán emite ciertos materiales fundidos por diversos procesos físicos químicos que se dan dentro de éste(Hall, 1977).

Al momento de una erupción volcánica se producen diversos fenómenos, los más importantes:

- Coladas de lava
- Caída de ceniza
- Flujos piroclastos
- Lahares

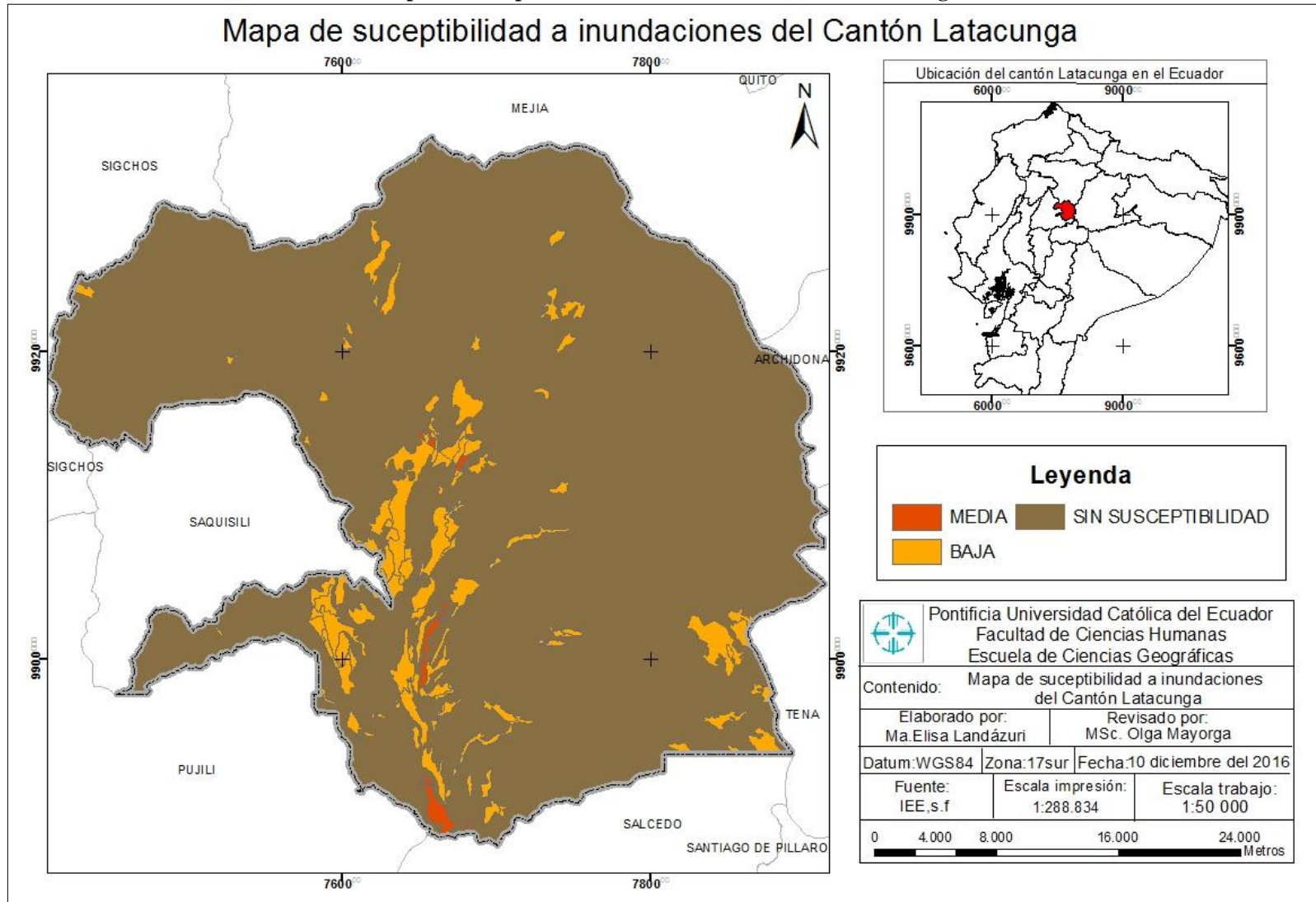
El volcán Cotopaxi es uno de los volcanes activos más altos del mundo, ubicado en la cordillera Real; tiene una altitud de 5.897 msnm. Se caracteriza por estar cubierto con un casquete glaciar con un área de 14 km² (aprox. 14 millones de m²) y su volumen estimado en 0.7 km³. En caso de que se produzca una erupción del volcán Cotopaxi, el cantón Latacunga se verá afectado, especialmente por lahares.

Si el volcán Cotopaxi llegara a tener una erupción con índice de explosividad cuatro, se trataría de una erupción pliniana. Estas erupciones se caracterizan por ser altamente explosivas, con grandes nubes de ceniza de gran distribución, columnas eruptivas de entre 20-25Km. desde el cráter que generan grandes flujos piroclastos que descenderían por los flancos del volcán formando grandes flujos de lodo (lahares) que correrían por sus drenajes. Al descender los flujos piroclastos por los flancos del volcán y al juntarse con sus glaciares, se generarían grandes lahares que descenderían por los tres drenajes afectando a los cantones del norte, sur y este del volcán.

Los lahares se caracterizan por ser la mezcla de barro, arena y agua que descienden por los flancos de un volcán a altas velocidades. Se generan por la fusión de flujos piroclásticos con agua, la que por lo general proviene de un casquete glaciar que cubre al edificio volcánico, como es el caso del volcán Cotopaxi(Hall, 1977).

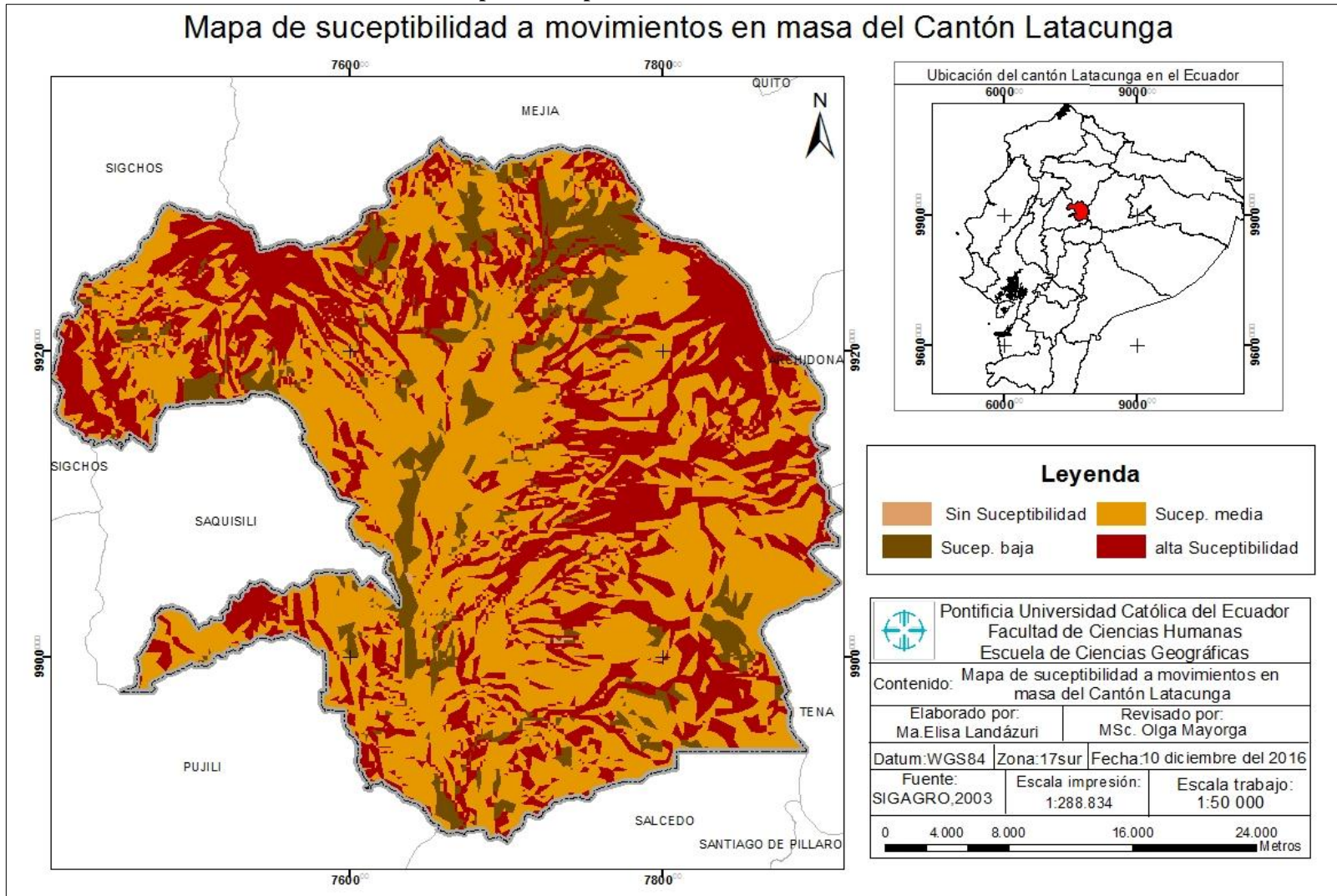
A continuación se presentan los mapas de afectación por lahares, movimientos en masa e inundaciones del cantón Latacunga.

Mapa 13 Susceptibilidad a inundaciones del cantón Latacunga

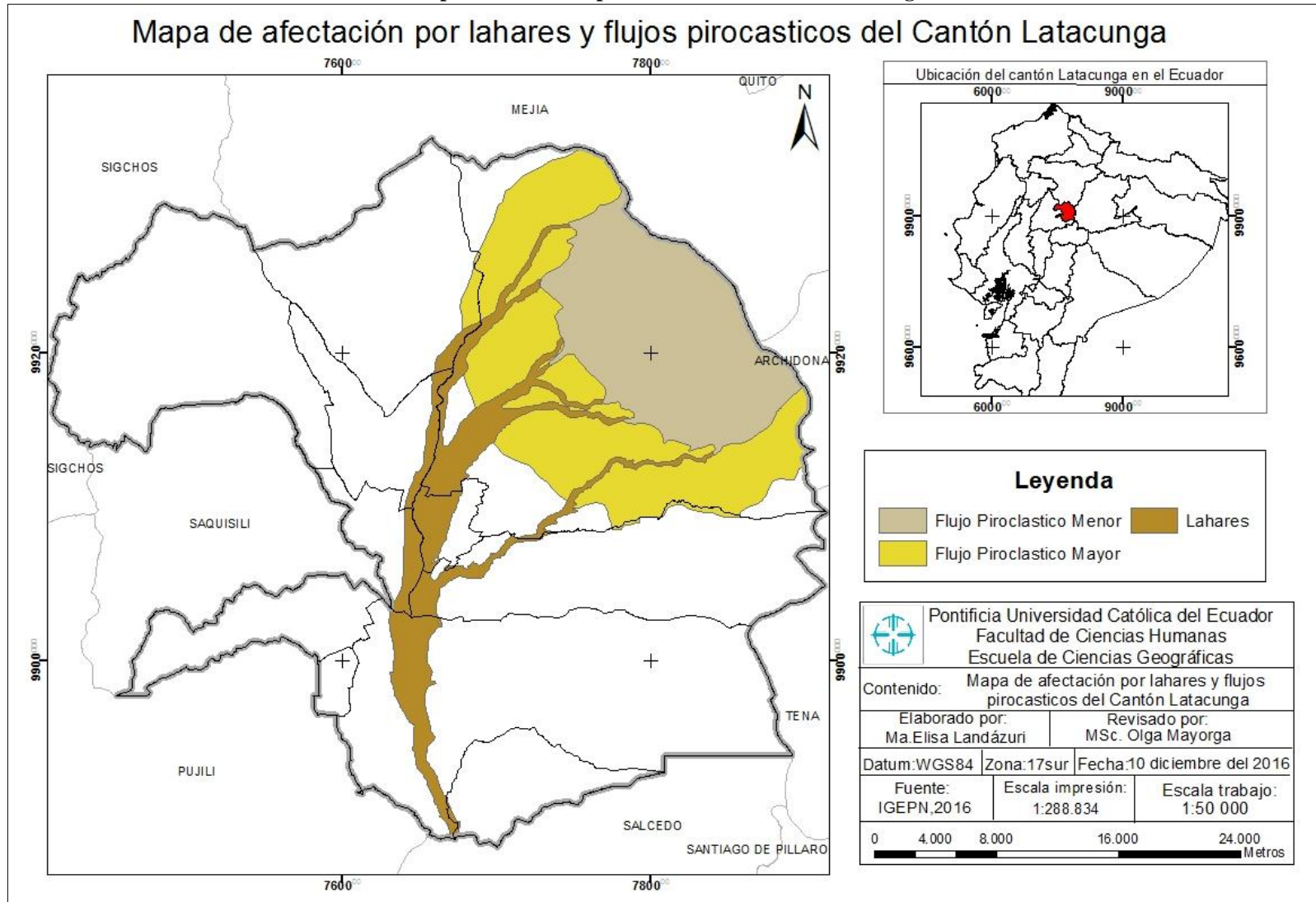


Mapa 14 Susceptibilidad a movimientos en masa

Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del Cantón Latacunga



Mapa 15 Afectación por lahares en el cantón Latacunga



CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA LA OBTENCIÓN DE POSIBLES ESCENARIOS

Con la reactivación del volcán Cotopaxi en el 2015 se detectó que varias poblaciones de las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Napo que se encuentran dentro de la zona de riesgo del volcán carecen de planes concretos para la reubicación en caso de una erupción. Actualmente la mayoría de los planes de contingencia carecen de sitios para albergues de mediano y largo plazo y, aún peor, no señalan acciones de mitigación que se deberían tomar para evitar posibles pérdidas materiales y sociales.

Al proponer una reubicación de la población, se plantea una medida de mitigación con el fin de reducir la vulnerabilidad de la gente; es decir, se procura eliminar cualquier posibilidad de que una determinada población sea afectada por el desastre. Las mitigaciones se caracterizan por anticiparse a los desastres y evitar de esta manera que se produzcan pérdidas humanas y materiales en una población.

Al reasentar a una determinada población hay que analizar sus variables ambientales, sociales, económicas; es por esta razón que la Evaluación Multicriterio (EMC) es la metodología óptima para realizar este análisis de identificación de zonas aptas para reasentar a las personas afectadas por una posible erupción del volcán Cotopaxi.

La EMC se caracteriza por obtener un análisis equilibrado de todos los criterios que engloban a un espacio determinado, incluyendo a los factores sociales, ambientales y económicos. La EMC es un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones, con el fin de obtener algunas alternativas en base a ciertos criterios (Gómez & Barredo, 2006).

Al realizar la EMC con herramientas de SIG se puede obtener el análisis de varios criterios relacionados a una problemática determinada, generando posibles soluciones a ese problema. Actualmente la EMC tiene diversos fines, como ayudar a la toma de decisiones para la localización de escuelas, vías y sitios de reasentamientos (Moreno, Buzai, Fuenzalida, & Colsa, 2012).

Para realizar la EMC se ha definido como objetivo identificar las áreas aptas para la reubicación de la población de la parroquia de José Guango Bajo en caso de erupción del volcán Cotopaxi.

A partir del problema planteado al inicio de este capítulo, se propone el siguiente proceso para realizar una EMC en cuatro etapas:

- Selección de criterios y su ponderación
- Transformación a formato *raster*
- Sumatoria de mapas
- Reclasificación
- Análisis de posibles escenarios de reubicación

En las diversas fases de este procedimientos se usarán algunas de las técnicas más conocidas de la EMC como son: el método de las jerarquías analíticas y la sumatoria lineal ponderada, ya que estas técnicas son reconocidas como óptimas debido a lo fácil y sencillo de su utilización.

5.1 Ponderación de criterios

Dentro de esta sección se plantea el uso del Método de las Jerarquías Analíticas de Saaty para la selección y ponderación de los criterios. Este método nos permite priorizar y dar juicios de valor a cada criterio para después determinar el nivel de importancia con respecto a otros criterios.

El método de la jerarquía analítica se basa en la comparación por pares de los criterios en una matriz, definiendo las filas y las columnas por el número de criterios a ponderar, esto permite comparar entre pares cada criterio y dar la importancia a cada uno sobre los otros. A partir de esto se establece un *eigenvector*⁷, el cual permite dar pesos (w_j) y permite proporcionar una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores (Ramírez, 2004).

A partir de los criterios seleccionados, en el capítulo IV, se plantea usar de referencia la escala del 1-9 propuesta por Saaty, la cual se ha modificado del 0-10 con el fin de tomar

⁷Los *eigenvectors* de una matriz cuadrada son los vectores distintos a cero que, siendo multiplicado por la matriz, permanecen paralelos al vector original. Para cada *eigenvector*, *eigenvalue* correspondiente es el factor por el cual el *eigenvector* se escala cuando multiplicado por la matriz

en cuenta todas las posibilidades pertinentes al caso. En la siguiente tabla se representan los valores asignados a la ponderación.

Tabla 22 de Escalas de ponderación

Importancia	Ponderación
Sin importancia	0
Muy baja importancia	2
Baja importancia	4
Media importancia	6
Alta importancia	8
Muy alta importancia	10

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

En base a la Tabla 22 se ha ponderado cada criterio, lo que se presenta a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 23 Escalas de ponderación del uso de suelo

Uso de suelo	
Clases	Ponderación
Cuerpo de agua	0
Afloramiento rocoso	0
Área erosionada	0
Área urbana	4
Bosques	6
Cultivos	10
Nieve o hielo	0
Páramo	0
Pasto cultivado	10
Pasto natural	10
Vegetación arbustiva	6

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Para ponderar el criterio de uso de suelo, se plantea que el valor 10 se asigne a las clases que presenten condiciones factibles, es decir con ninguna restricción ecológica, biológica o geológica. Por lo tanto los valores más altos van a corresponder a los usos de suelo de pastos y cultivos, mientras que los usos de áreas erosionadas o afloramientos rocos tendrán valor 0.

Tabla 24 Escalas de ponderación del tipo de suelo
Tipos de suelo

Clases	Ponderación
Fina (arcilloso)	10
Media	6
Moderadamente gruesa	4
Gruesa (arenoso)	0

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

La escala de ponderación para el criterio de tipos de suelo se basa en las características de retención de agua de cada tipo de suelo. En este caso, a las arcillas se les asignó el valor 10 por no absorber y mantener el agua en la superficie; mientras que los valores más bajos se les asignó a las arenas.

Tabla 25 Escalas de ponderación de pendientes
Pendientes

clases	ponderación
0-5	10
5-12	10
12-25	6
25-50	4
50+	0

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

La ponderación de pendientes se realizó en base al nivel de inclinación de los terrenos: aquellos que tienen menor inclinación tienen un valor de 10, mientras que en tanto suba el grado de inclinación, bajará el valor de la ponderación.

Tabla 26 Escalas de ponderación de los centros de salud
Centros de salud

clase	Ponderación
sí	10
no	0

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Para determinar la ponderación del servicio de salud, se lleva a cabo la transformación a formato raster mediante la distancia euclidiana, (explicada en la siguiente sección), donde los valores que se encuentran entre 0- 0,0847 tienen valor 10, mientras que los 0,0847- 0,234 tienen valor 0.

Tabla 27 Escalas de ponderación de centros de educación
Centros de educación

clase	Ponderación
sí	10
no	0

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Para determinar la ponderación del centros de educación, al igual que los centros de salud, los valores que se encuentran entre 0- 6.205 tienen valor 10, mientras que 6.205-18.616 tiene valor 0.

Tabla 28 Escalas de ponderación de vías

Vías	
clase	Ponderación
Buena accesibilidad a vías	10
Poca accesibilidad a vías	5
Sin vías	0

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Al igual que los dos últimos criterios la ponderación del criterio vías se realizó de la siguiente forma: los valores que se encuentran entre 0-2.344 tienen valor 10, los valores entre 2.344-6.587 tienen valor 6 y los valores entre 6.587-14.234 tienen valor 0.

Tabla 29 Escalas de ponderación de servicios básicos

Servicios básicos	
clase	ponderación
Alta (80-100%)	10
Media (80-60%)	8
Baja (60-40%)	4
Zonas urbanas	4
Muy baja (40-0%)	0

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Tabla 30 Escalas de ponderación de fenómenos volcánicos

Fenómenos volcánicos	
clase	ponderación
sí	0
no	10

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Tabla 31 Escalas de ponderación de movimientos en masa

Movimientos en masa	
Clase	Ponderación
no hay susceptibilidad	10
susceptibilidad baja	8
susceptibilidad media	5
susceptibilidad alta	0

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Tabla 32 Escalas de ponderación de inundaciones
Inundaciones

clase	Ponderación
no hay susceptibilidad	10
susceptibilidad baja	8
susceptibilidad media	5

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

5.2 Transformación a formato raster

Después de la ponderación se procedió a transformar de vector a raster a todos los criterios, con el fin de poder asignar valores a cada celda para sumar todos los valores de cada capa, y así obtener los valores más altos como sitios aptos para la reubicación.

El formato raster se caracteriza por presentar una matriz de celdas, integrada por filas y columnas, donde cada celda tiene un determinado valor, lo cual permite el análisis espacial de un determinado territorio mediante las herramientas del ARCGIS Spatial Analyst (ArcGIS, Raster, 2016).

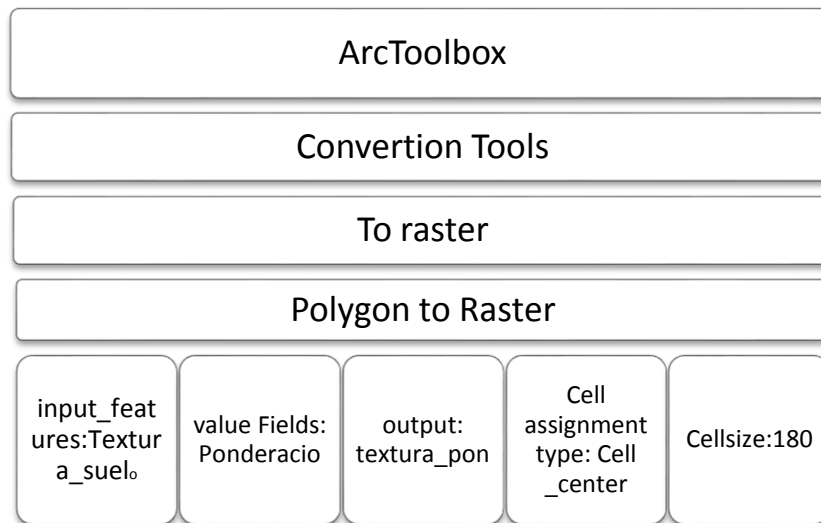
Para la transformación de los criterios en formato vector a raster se realiza dos procedimientos: *Euclidean Distance* para transformar puntos y líneas, y *Polygon to Raster* para la transformación de polígonos.

5.2.1 Polygon to Raster

El proceso de transformación de los polígonos se realizó mediante la herramienta *Polygon to Raster* (herramienta de *Conversion Tools*), la cual permite que cualquier polígono se convierta en un dataset raster, el cual dependiendo del campo entrada (entero, flotante, etc.) el raster de salida será del mismo tipo (ArcGis, 2016).

En el siguiente gráfico se muestra el proceso para transformar de polígono al raster:

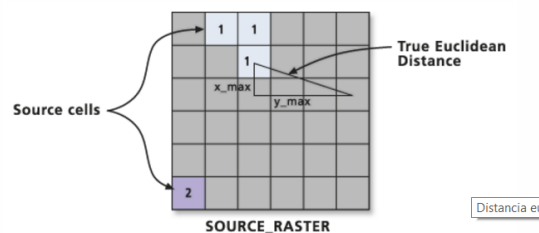
Ilustración 5 Transformación *PolygontoRaster*



Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

5.2.2 Euclidean Distance

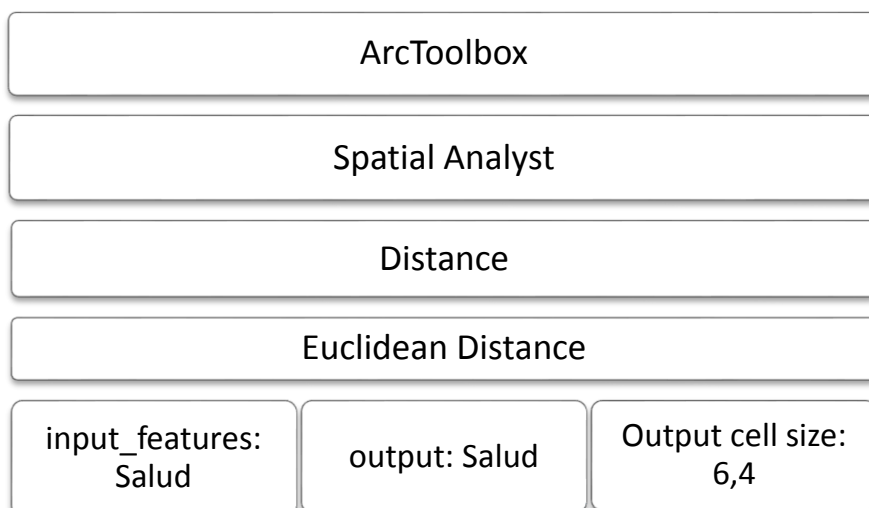
La transformación de los puntos y líneas se realiza mediante la *Euclidean Distance*. La distancia euclidiana consiste en la relación de cada pixel con un origen determinado basando en una línea recta, donde se calcula desde el centro de la celda hasta el centro de cada una de las celdas contiguas (ArcGIS, Distancia Euclidiana, 2016). Dentro de este trabajo se usará esta herramienta para la transformación de los criterios de salud, educación y vías.



Técnicamente se habla de un algoritmo euclidiano donde la distancia a cada celda de origen se determina al calcular la hipotenusa con x_{max} y y_{max} igual que los otros dos lados de un triángulo (ArcGIS, Distancia Euclidiana, 2016).

Para transformar los criterios en forma de punto aplicamos el siguiente proceso:

Ilustración 6 Transformación a Raster mediante *Euclidean Distance*



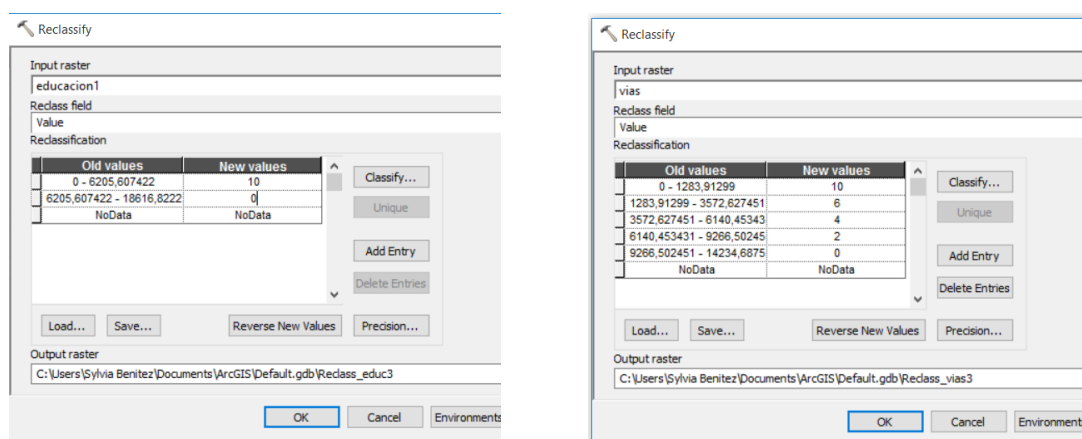
Elaborado por Ma. Elisa Landázuri

5.2.3 Reclassify

Después de realizar la transformación a raster a los criterios en forma de punto y de línea aplicamos la herramienta Reclassify, la cual tiene por objetivo cambiar o reclasificar los valores de un raster.

En esta etapa se reclasifican los criterios de salud, vías y centros de educación, con el fin de obtener el mínimo posible de categorías para realizar el análisis. Para salud y educación se reclasificó en dos categorías mientras que en vías se reclasificó en cinco. Para el No Data, debido a que no tiene ningún valor procedemos a eliminarlo.

Ilustración 7 Proceso de reclassifify

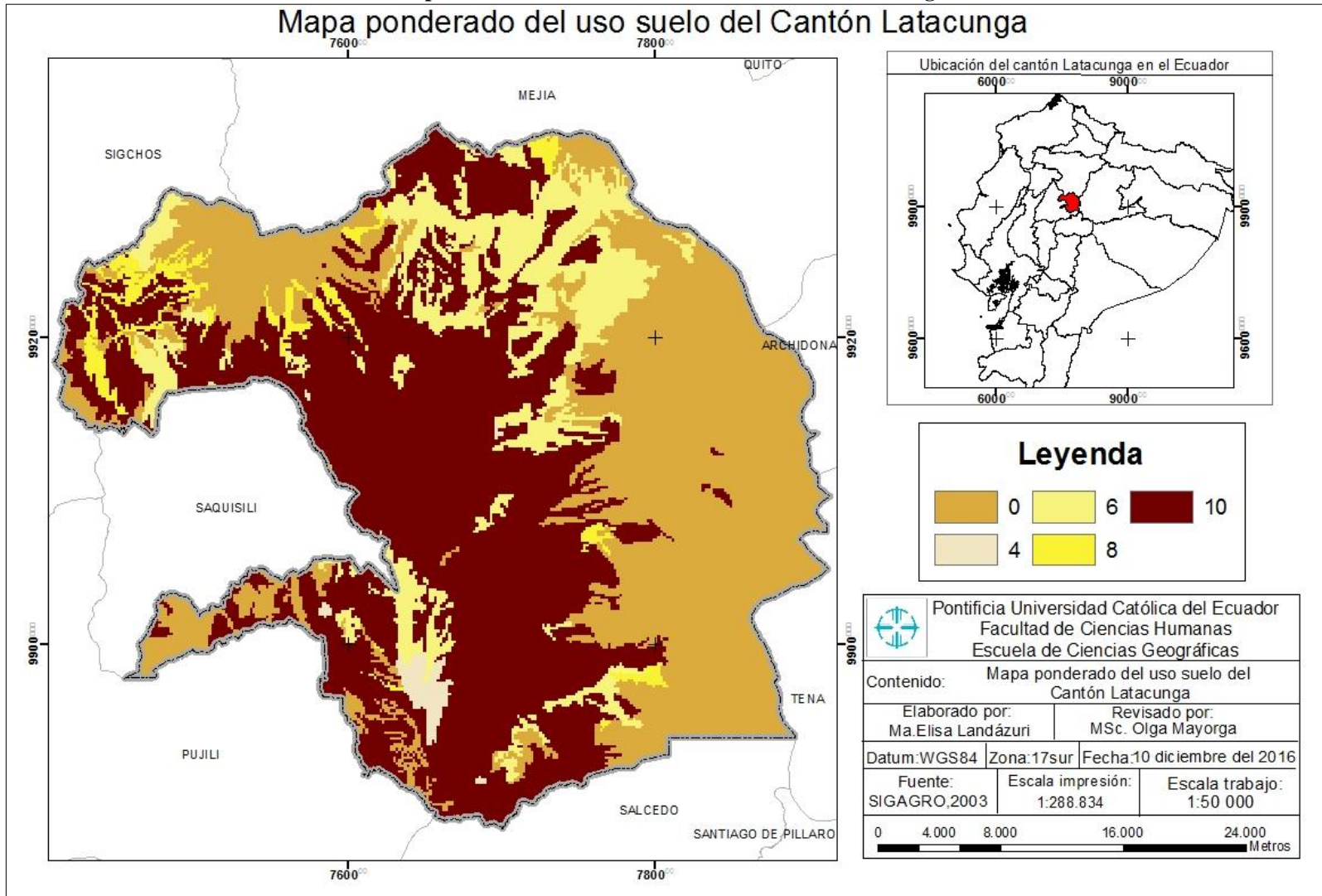


Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

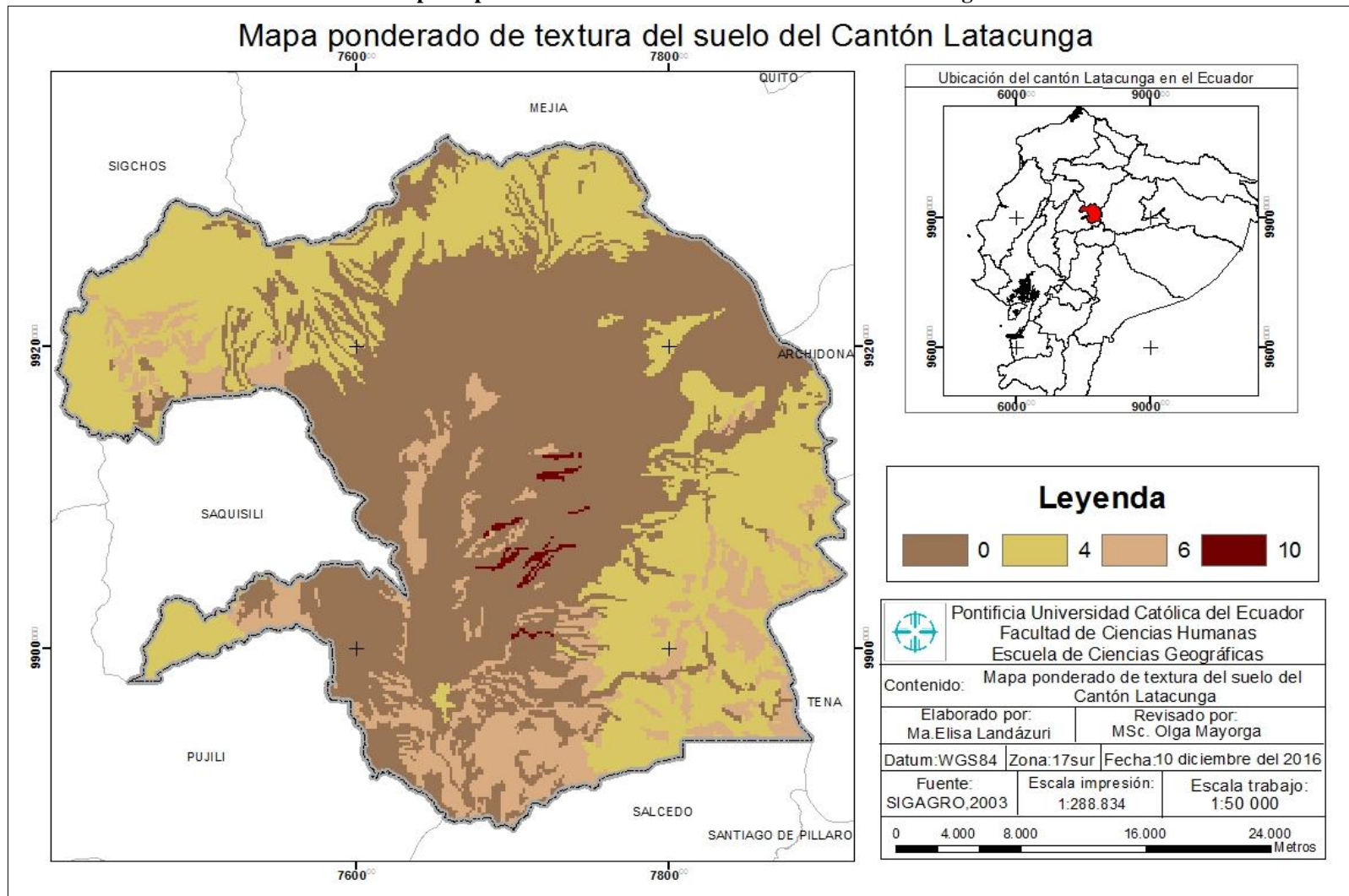
A continuación los mapas en formato raster después de la transformación:

Mapa 16 Ponderado de uso del suelo del cantón Latacunga

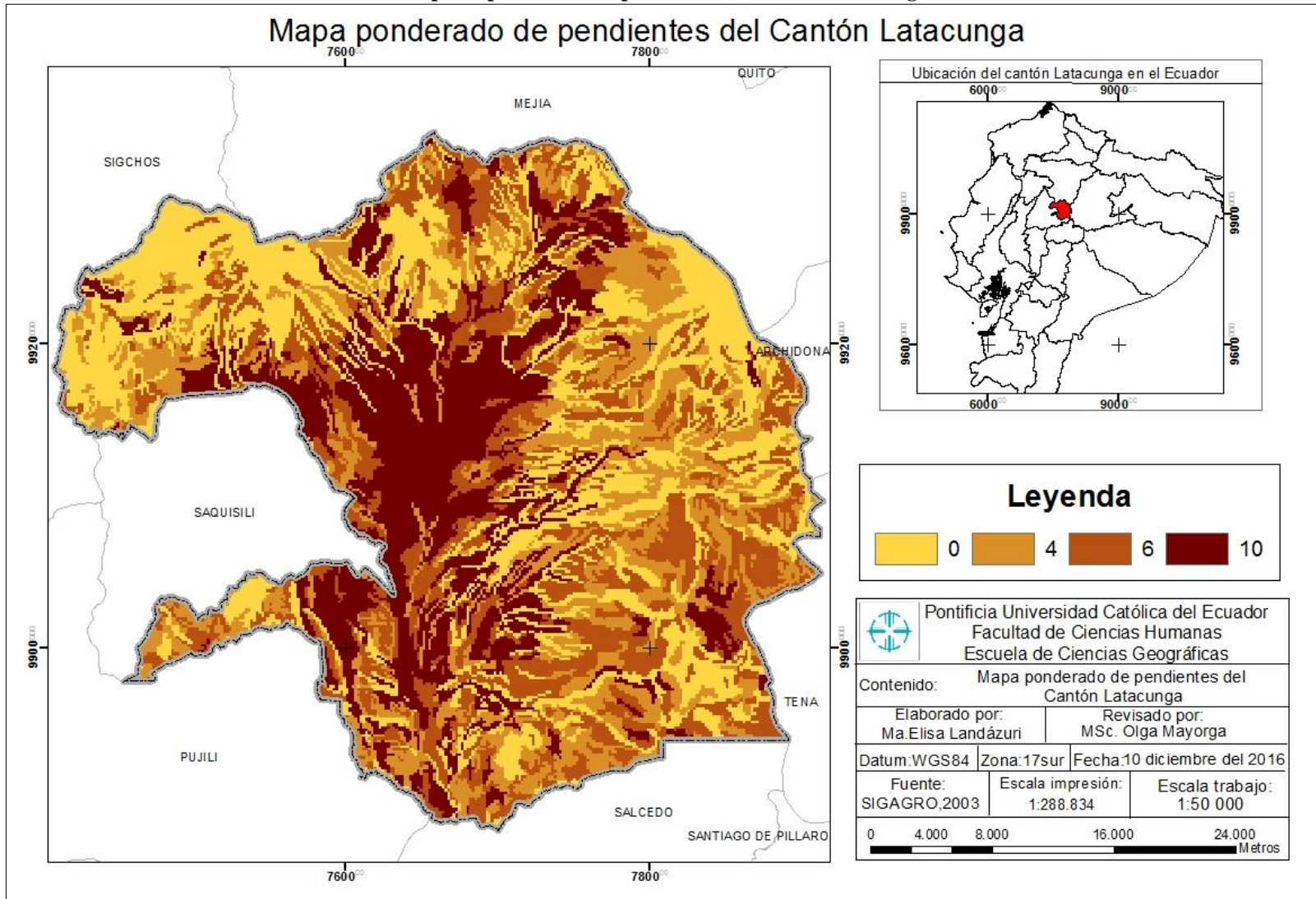
Mapa ponderado del uso suelo del Cantón Latacunga



Mapa 17 ponderado de textura del suelo del cantón Latacunga

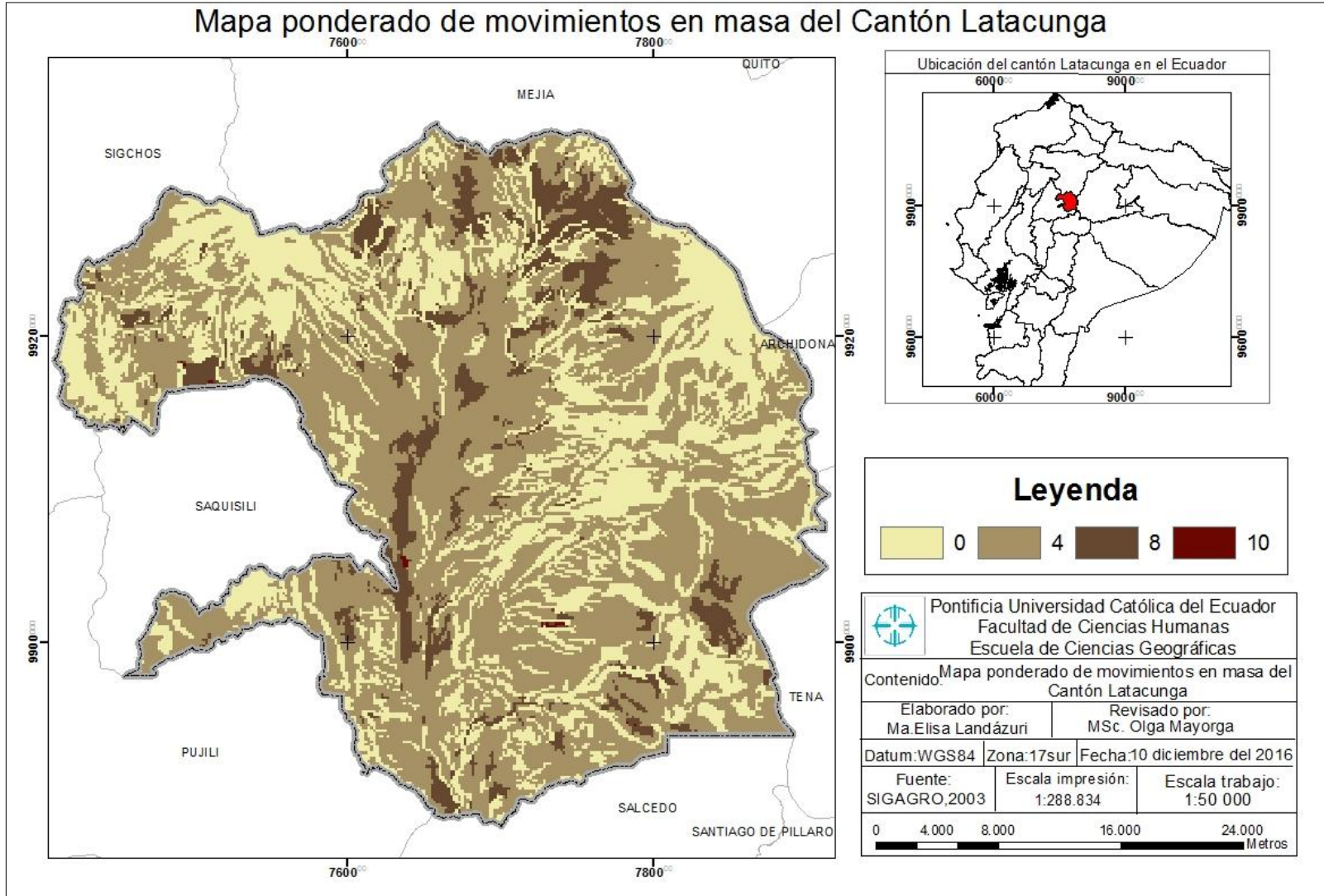


Mapa 18 ponderado de pendientes del cantón Latacunga

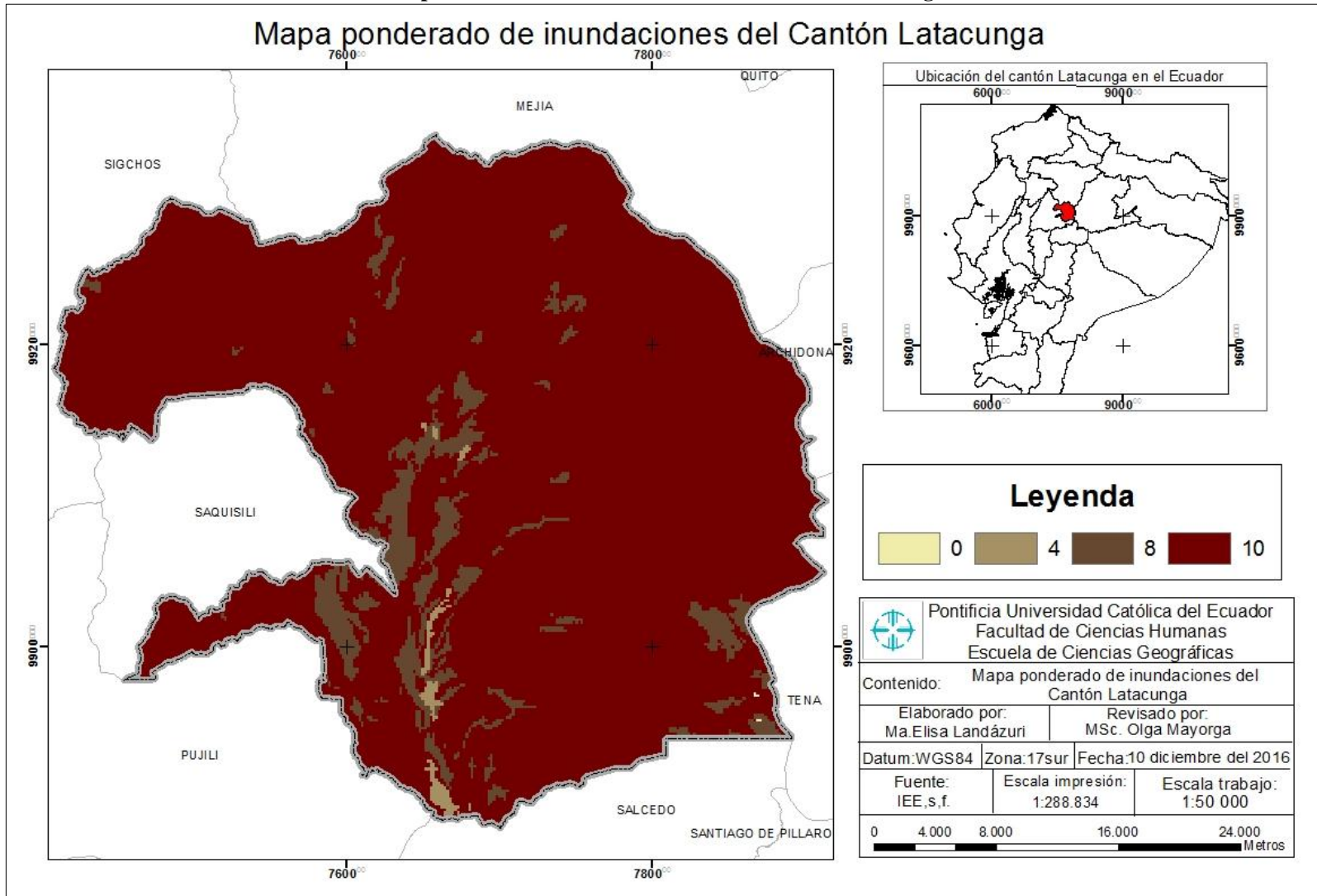


Mapa 19 Ponderado de movimientos en masa del cantón Latacunga

Mapa ponderado de movimientos en masa del Cantón Latacunga

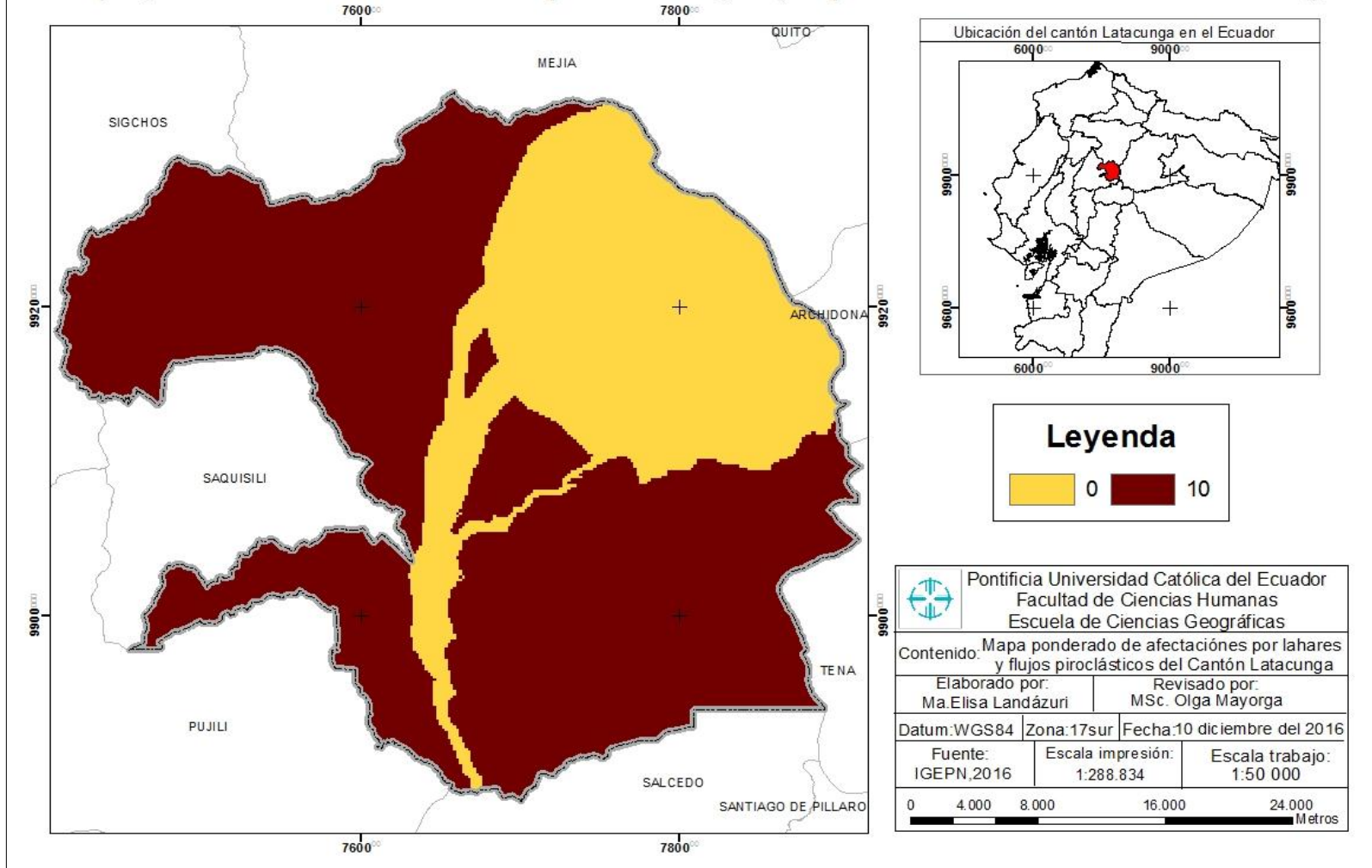


Mapa 20 Ponderado de inundaciones del cantón Latacunga



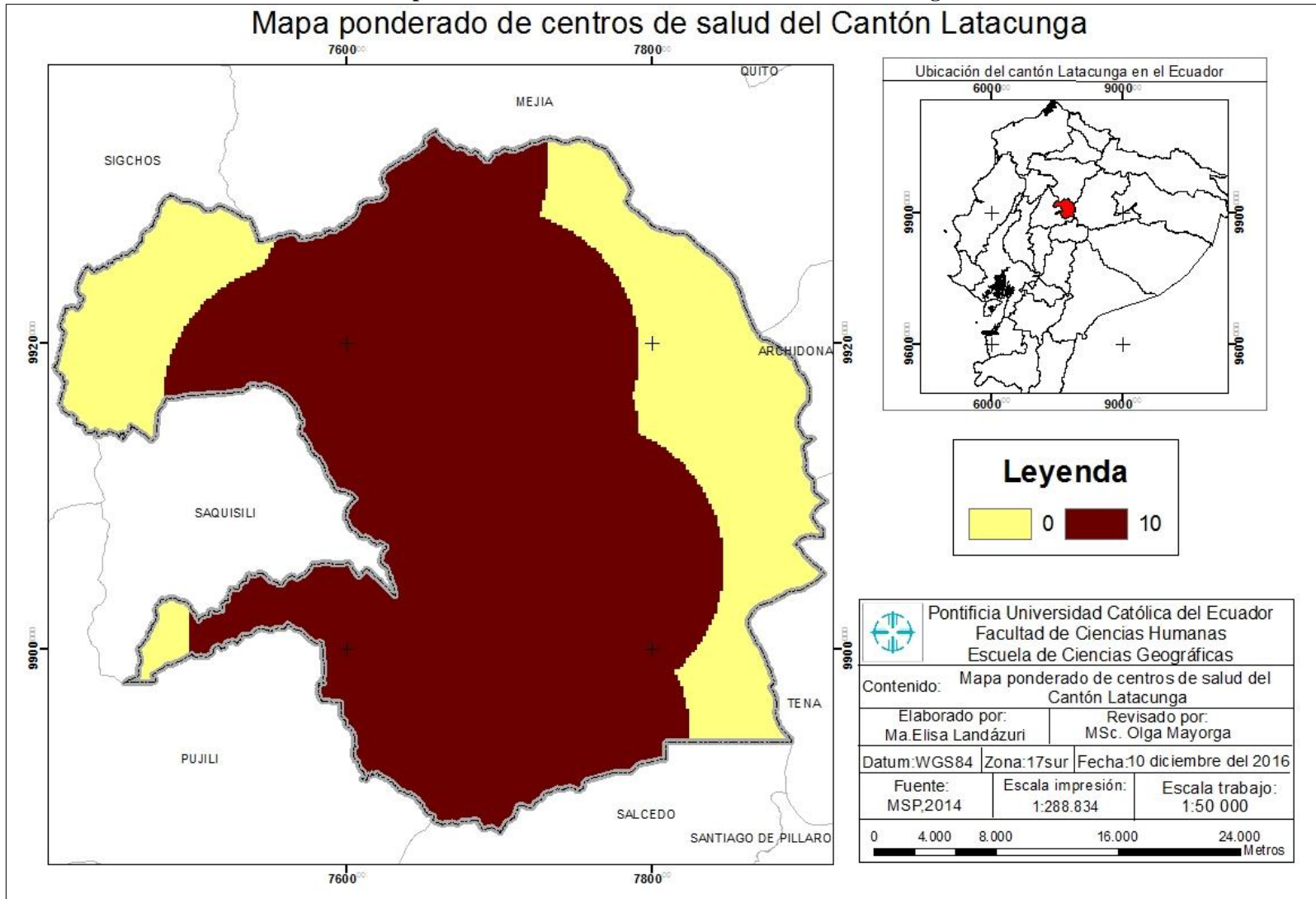
Mapa 21 Ponderado de afectación por lahares en el cantón Latacunga

Mapa ponderado de afectaciones por lahares y flujos piroclásticos del Cantón Latacunga

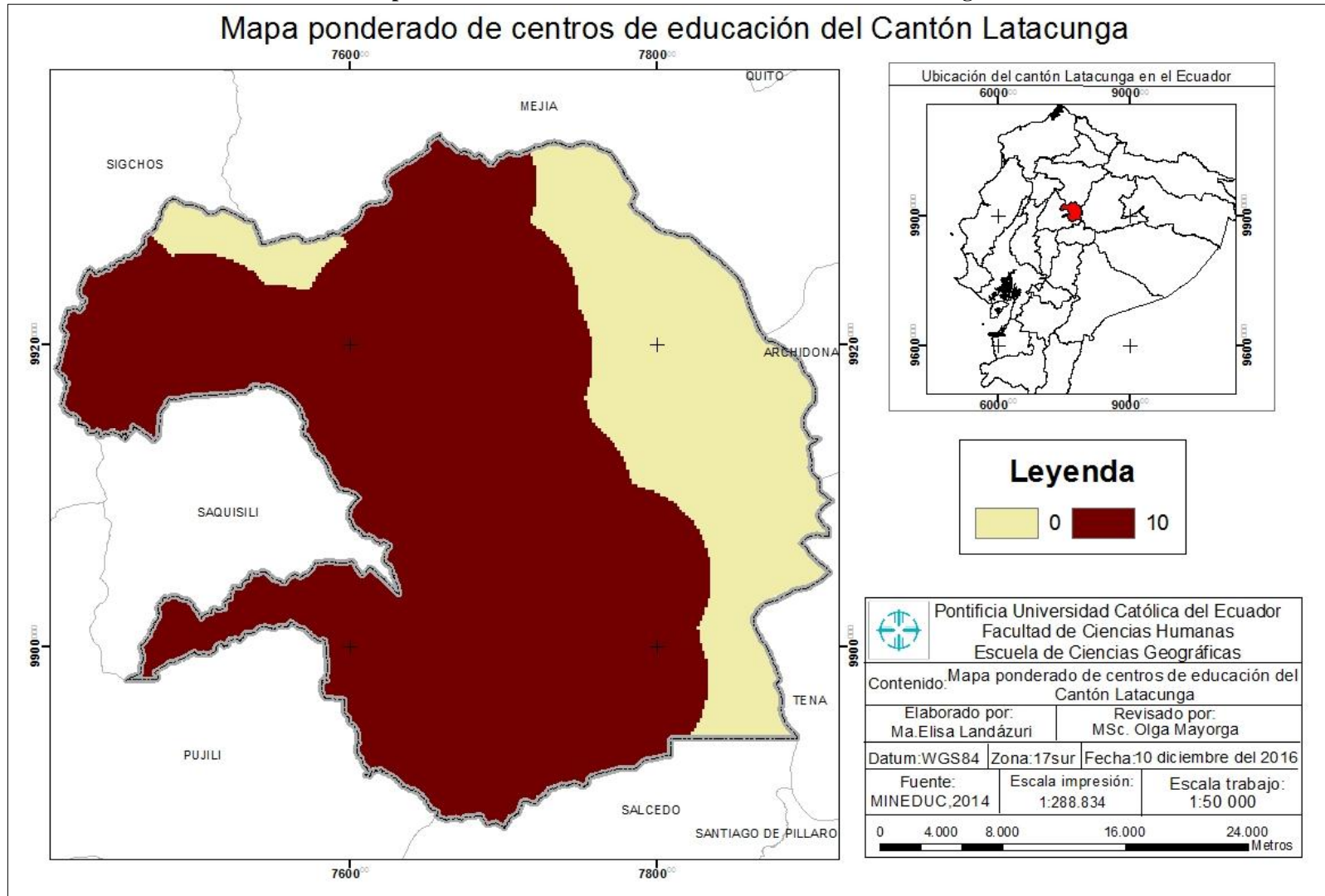


Mapa 22 Ponderado centros de salud en el cantón Latacunga

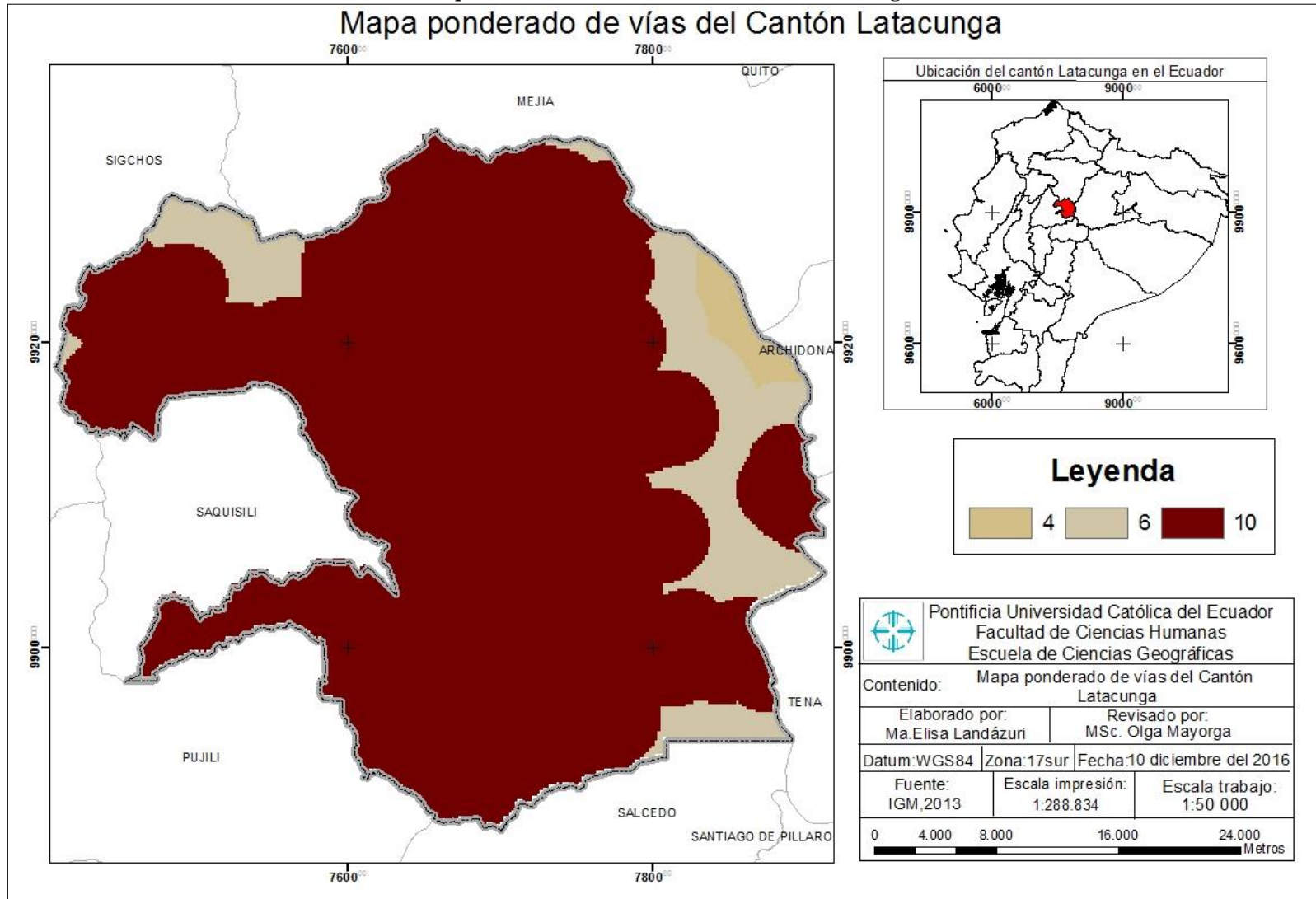
Mapa ponderado de centros de salud del Cantón Latacunga



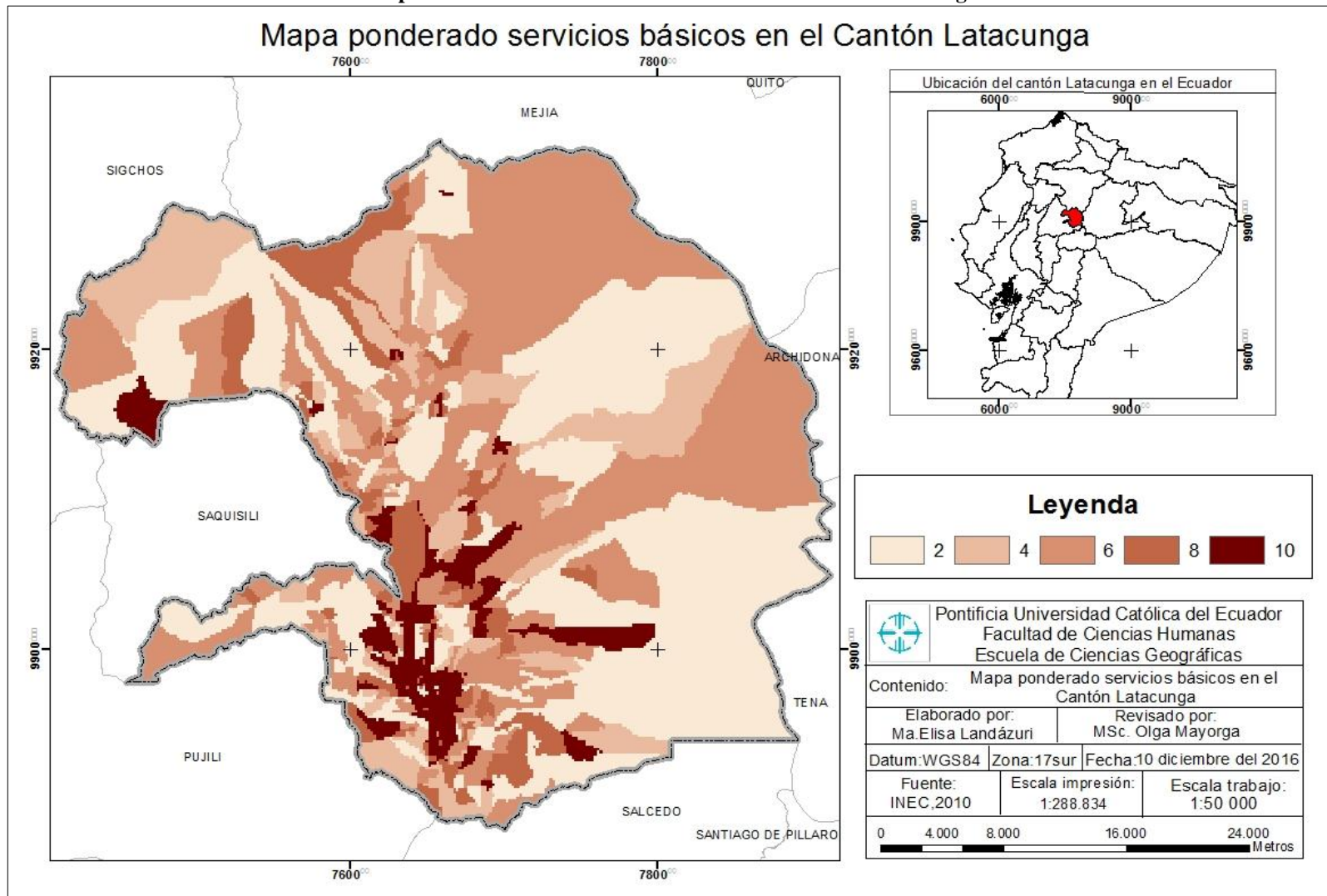
Mapa 23 Ponderado centros de educación en el cantón Latacunga



Mapa 24 Ponderado de vías en el cantón Latacunga



Mapa 25 Ponderado de servicios básicos en el cantón Latacunga



5.3 Sumatoria de mapas

En el siguiente paso del proceso se aplicó una *suma ponderada* de las coberturas raster, que permite ponderar y combinar varias entradas para crear un análisis integrado. Esta herramienta se caracteriza por combinar con facilidad varias entradas de raster, incorporando pesos para cada entrada.

La *suma ponderada* se encuentra dentro de la herramienta *Algebra de mapas*, la cual permite llevar acabo todos los operadores y las funciones del análisis espacial para realizar análisis geográficos (ARCGIS, 2016).

La sumatoria de mapas se asemeja al funcionamiento de la herramienta de superposición ponderada, pero se diferencia en dos aspectos: el primero es que la suma ponderada no re-escala los valores, mientras que la superposición sí; y, la otra diferencia, es que la suma ponderada admite valores enteros y flotantes mientras que la superposición solo acepta raster enteros (ArcGIS, 2016).

Para llevar a cabo este proceso de sumatoria de mapas se plantea el uso de la herramienta *Raster Calculator* (álgebra de mapas). Se caracteriza por permitir ejecutar expresiones algebraicas de línea simplemente utilizando varias herramientas, mediante una calculadora sencilla (ArcGIS, Raster Calculator, 2016).

Esta herramienta se caracteriza por generar los siguientes beneficios:

- Implementar expresiones algebraicas de línea simple.
- Admitir el uso de variables en álgebra de mapas cuando se utiliza Model Builder.
- Aplicar operadores de análisis espacial en tres o más entradas en una expresión simple.
- Utilizar varias herramientas de análisis espacial en una expresión simple.

La multiplicación, a diferencia de la suma ponderada, multiplica los valores de dos raster o un archivo raster con un vector (celda por celda), donde uno de los dos archivo tiene un solo valor para todo las objetos o pixeles (Pesquer, s.f.). Mientras que la suma ponderada es apta para combinar las características de varias capas que tenga la misma ubicación geográfica en una sola capa. Esta herramienta generalmente se utiliza para clasificar los valores de atributos según la adecuación o el riesgo, para luego sumarlos a fin de producir una clasificación general para cada celda (ARCGIS, 2016).

Para realizar la *suma ponderada* de los criterios para identificar zonas de posible reubicación de las personas afectadas por los lahares del volcán Cotopaxi en la parroquia de José Guango Bajo, se han planteado cuatro modelos cartográficos.

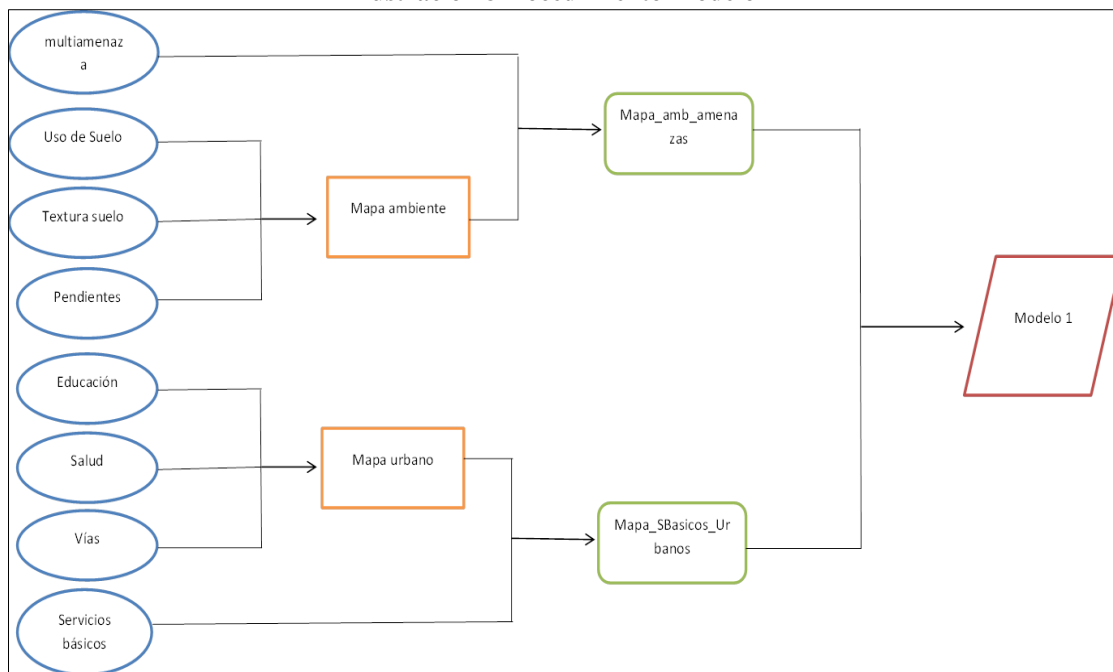
Los modelos se definen como una representación simplificada de la realidad en la que se reproducen alguna de sus propiedades (Felicísimo, s.f). En este caso al referirnos a un modelo significa que uniremos un conjunto de propiedades de un determinado territorio para obtener una representación simple de la cual realizaremos un análisis para obtener un resultado (Felicísimo, s.f).

En este caso cada modelo nos da un escenario diferente, lo cual nos permite obtener varias respuestas para un mismo problema. Cada modelo representa una forma de álgebra de mapas, como se detalla a continuación.

5.3.1 Modelo cartográfico 1

En este primer modelo cartográfico se ha planteado unir los mapas mediante la agrupación según su clase, forman así cuatro grupos que después se unirán para formar dos grupos y posteriormente formar uno final, como se muestra en el siguiente gráfico.

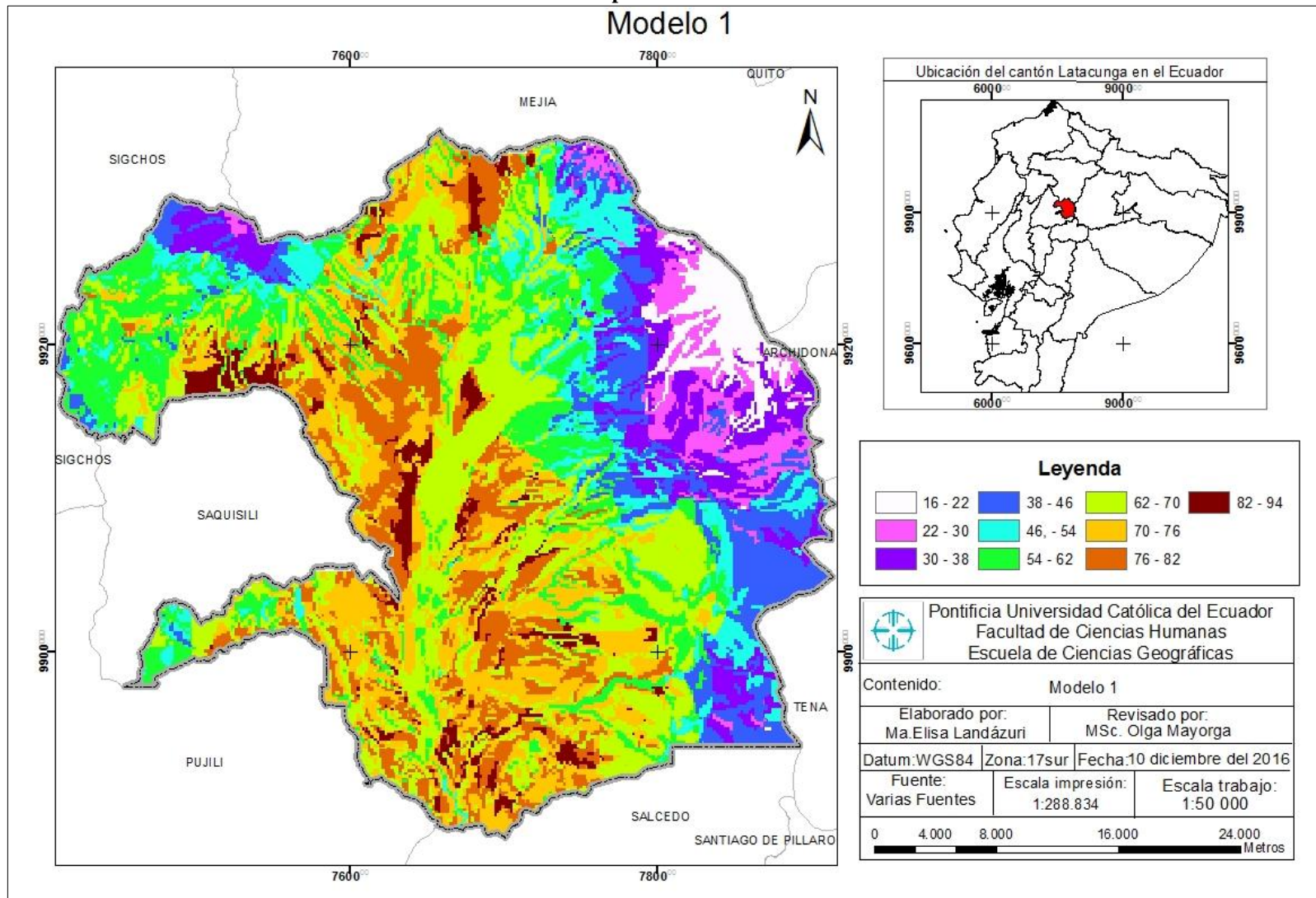
Ilustración 8 Procedimiento Modelo 1



Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Como se observa en el gráfico, no se dio pesos a los criterios, solo se ha llevado a cabo la unión de mapas. Por ello solo procedemos a hacer un álgebra de mapas con la herramienta *Raster Calculator* y de esta manera se obtiene el siguiente resultado.

Mapa 26 Modelo 1
Modelo 1

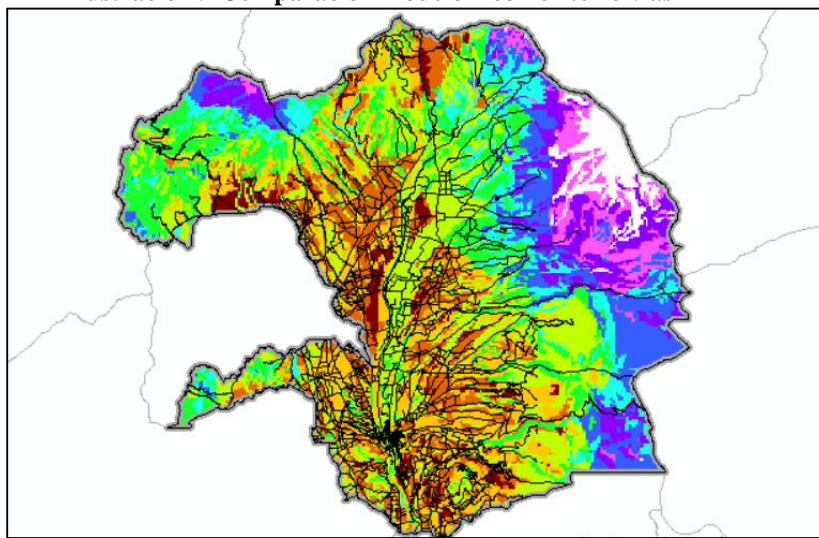


Como se observa en el mapa, este primer modelo arrojó como resultado 10 categorías que permitieron observar que el menor valor es el 16 y el valor más alto 94.

Se observa que los valores más bajos se encuentran en la zona nororiental y oriental del cantón, hacia la zona del volcán Cotopaxi y las partes altas de la cordillera oriental.

Para comprobar la validez de este modelo, se presenta en el siguiente gráfico la comparación con algunos criterios. Se observa que las áreas con valores más altos se encuentran en la parte central del cantón, cercanas a la ciudad de Latacunga y al sistema vial.

Ilustración 9 Comparación modelo 1 con criterio vías

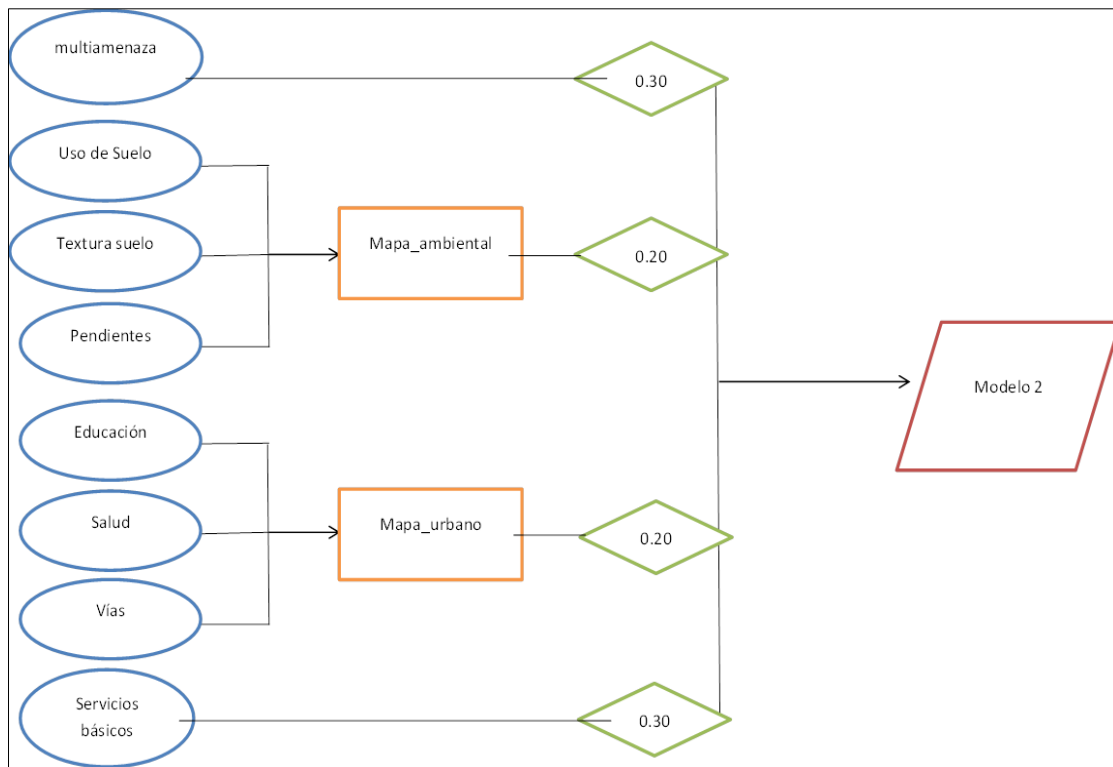


Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

5.3.2 Modelo cartográfico 2

En este modelo procedemos a dar peso a los criterios: primero los dividimos en cuatro grupos dependiendo de sus características, como se muestra en la Ilustración 10, para luego sumarlos con sus respectivos pesos y obtener el resultado.

Ilustración 10 Procedimiento Modelo 2

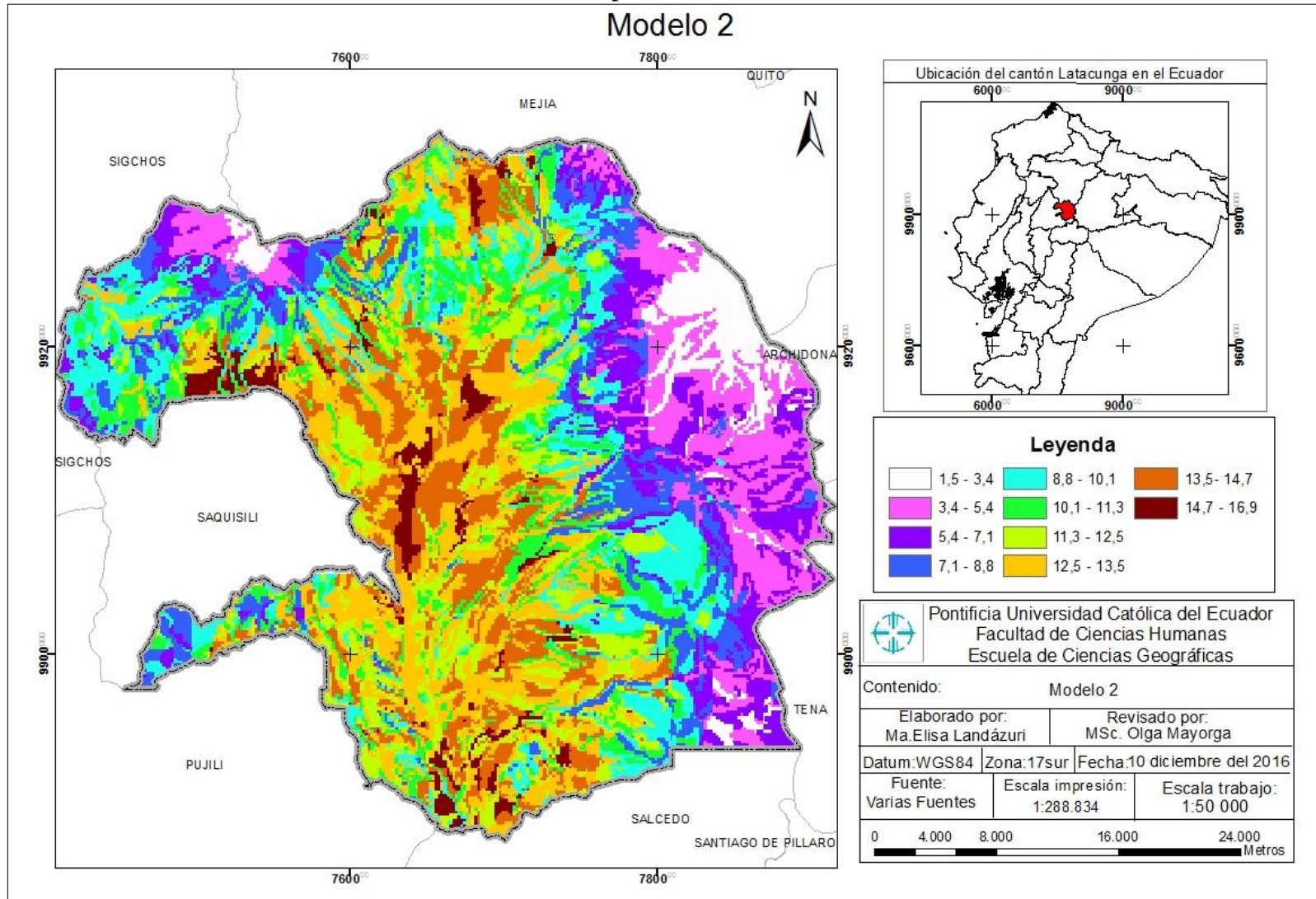


Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Al igual que en el modelo 1 aplicamos la herramienta *Raster Calculator* y obtenemos el resultado.

Mapa 27 Modelo 2

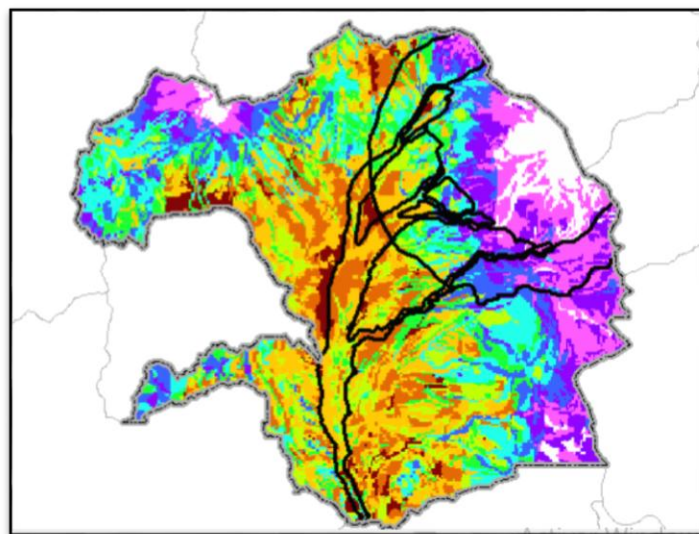
Modelo 2



Como se puede observar en el mapa, los valores más altos son 16,9 y los valores más bajos 1,5. Al igual que en el modelo anterior encontramos que las zonas con menos valor son las orientales, correspondientes a las partes altas de la cordillera oriental y la parte noroeste, que corresponde al complejo de volcán Ilinizas.

Si comparamos este modelo con el criterio de fenómenos volcánicos encontramos que hay áreas con valores mayor a 13 dentro de las zonas de afectación del volcán Cotopaxi, esto quiere decir que en la sumatorio tomo como sitios con mayor aptitud a los lugares donde pasan los lahares.

Ilustración 11 Comparación modelo 2 con afectación por lahares

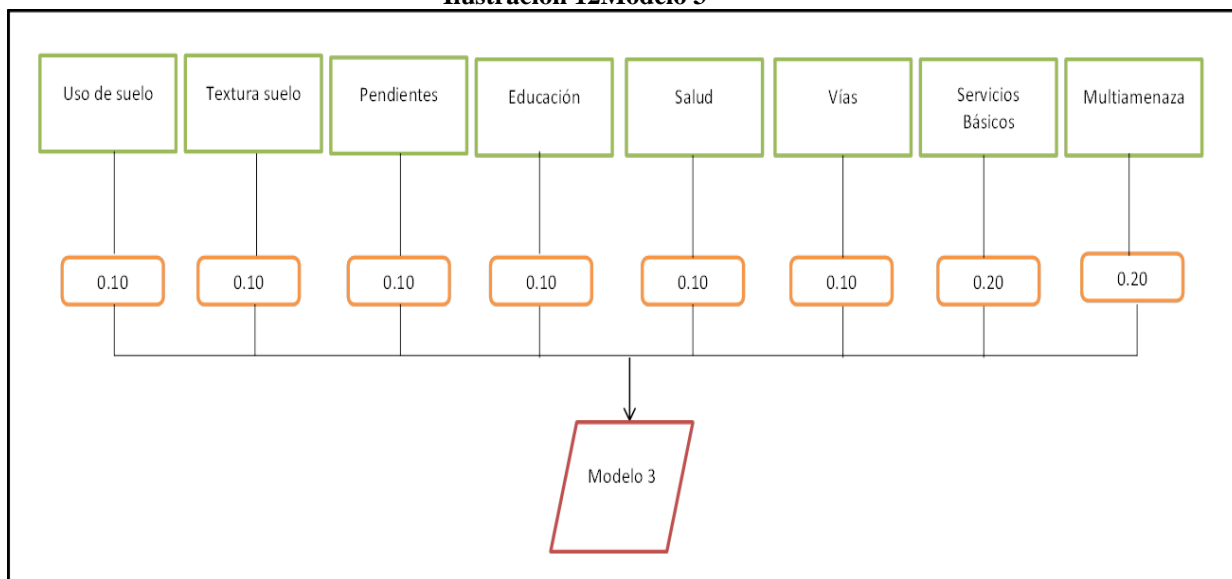


Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

5.3.3 Modelo cartográfico 3

En este modelo hemos procedido a la unión de todos criterios, se ha dado un peso a cada criterio, y se ha dado mayor valor a los criterios de multiamenazas y servicios básicos.

Ilustración 12 Modelo 3



Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

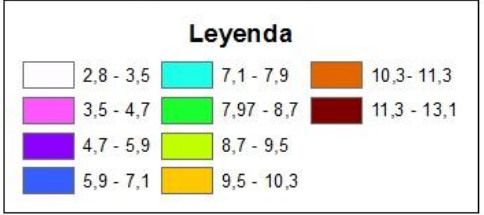
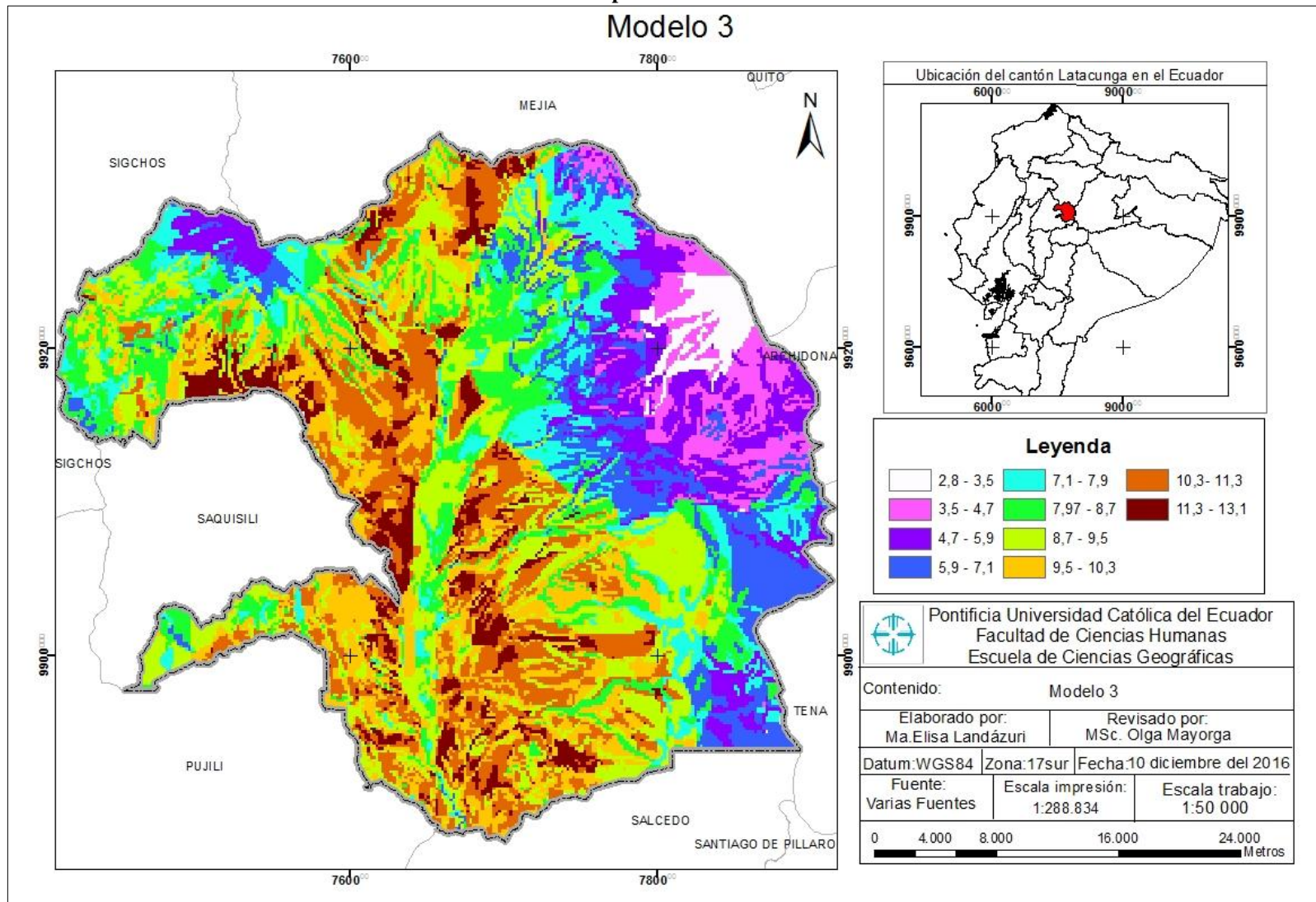
Al igual que en el resto de modelos, se aplicó la herramienta de *Raster Calculator* y se obtuvo el resultado final representado en el Mapa 29.

De acuerdo al mapa anterior vemos que el valor más alto es 13,19 y el más bajo 2,8 y al igual que en el resto de modelos las áreas con menor puntaje están en el lado oriental de la parroquia. En este modelo podemos observar que hay mayor cantidad de áreas con valores altos.

Si comparamos con el criterio de textura de suelo encontramos que se amplió demasiado el abanico de posibilidades porque toma en cuenta muchos sitios con suelos arenosos, los cuales se clasifican como no aptos para la reubicación.

Mapa 28 Modelo 3

Modelo 3

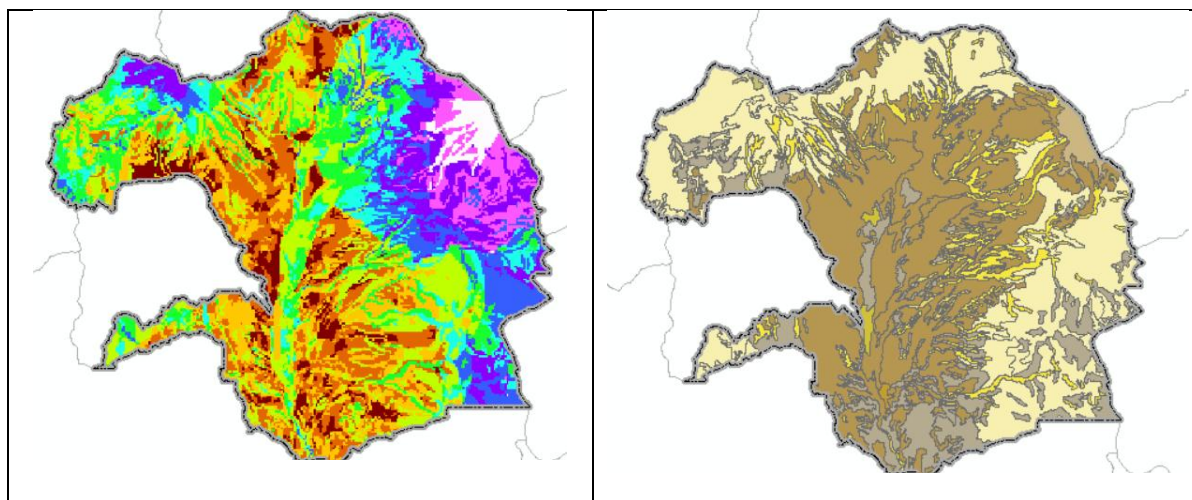



 Pontificia Universidad Católica del Ecuador
 Facultad de Ciencias Humanas
 Escuela de Ciencias Geográficas

Contenido: Modelo 3		
Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri	Revisado por: MSc. Olga Mayorga	
Datum: WGS84	Zona: 17sur	Fecha: 10 diciembre del 2016
Fuente: Varias Fuentes	Escala impresión: 1:288.834	Escala trabajo: 1:50.000



Ilustración 13 Comparación modelo 3 con criterio textura de suelos

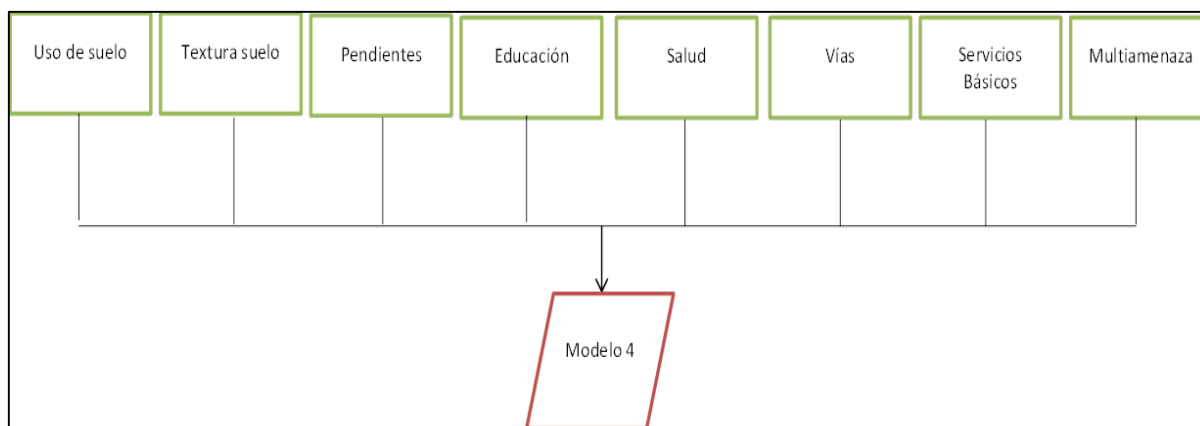


Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

5.3.4 Modelo cartográfico 4

Para la aplicación del modelo 4 se planteó la suma de todos los criterios sin ninguna ponderación, como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 14 Procedimiento modelo 4

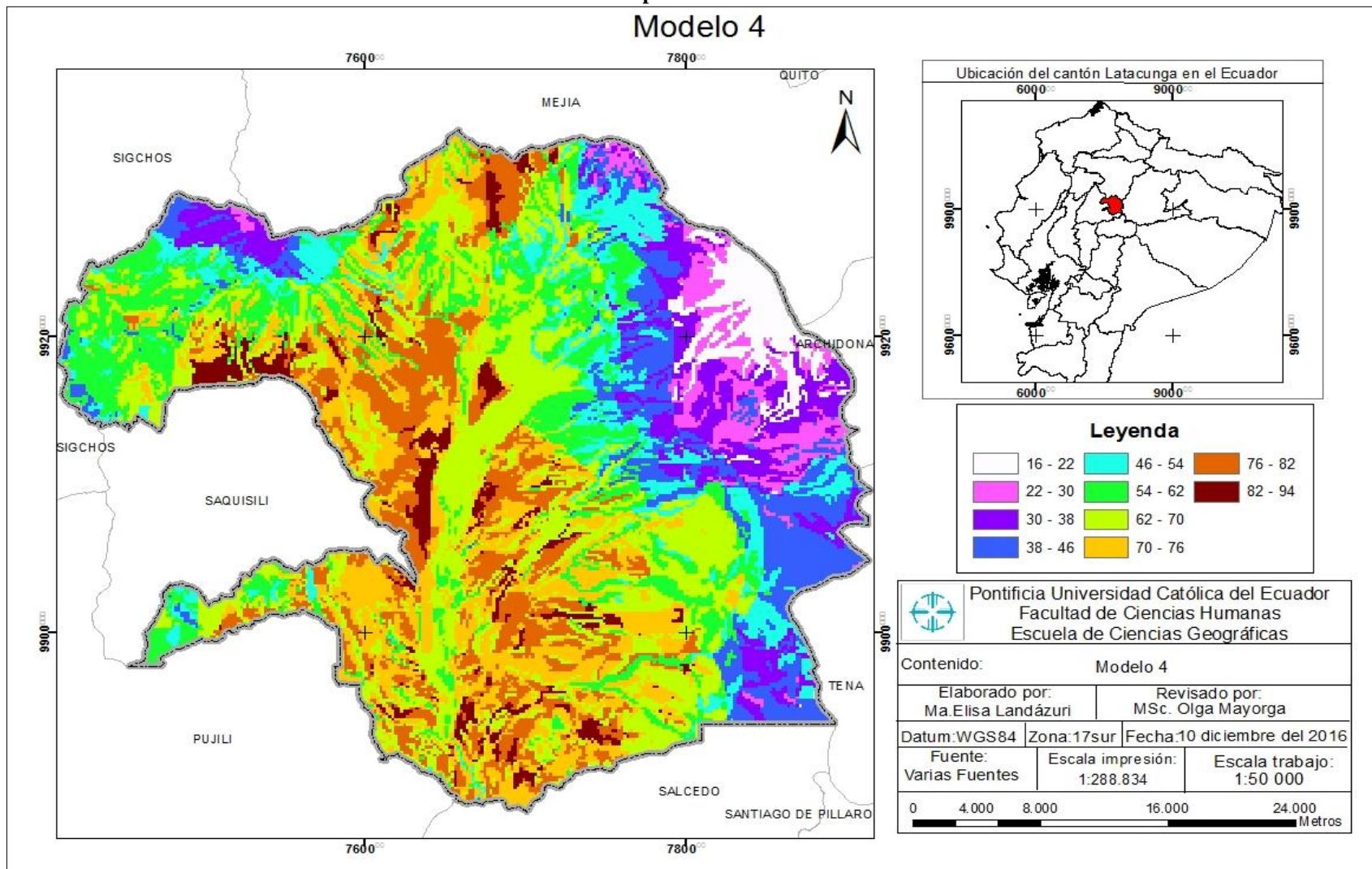


Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Al igual que en los modelos anteriores se realizó la suma de criterios mediante la herramienta *Raster Calculator* y se obtuvo como resultado final el mapa 30.

Mapa 29 Modelo 4

Modelo 4



Como se observa en el mapa, y al igual que en el mapa del modelo 1, el valor menor es el 16 y el valor más alto 94, dando a los valores más altos como sitios más aptos. Si comparamos este modelo con el primero encontramos que tienen las mismas características.

5.4 Análisis de escenarios posibles para la reubicación

Para poder definir cuál de los modelos cartográficos tiene las mejores características para la reubicación de las personas afectadas por la erupción del volcán Cotopaxi, se analizarán los modelos comparando con cada criterio para tener la certeza de que cumplen con todos los requisitos.

A partir de la comparación de los modelos entre sí y con los criterios, encontramos que los modelos 1 y 4 tienen las mismas características y representan lo mismo, por lo tanto dejamos el modelo 4.

Al obtener el modelo 2 se ha encontrado que no hay coherencia con el objetivo planteado, debido a que los valores obtenidos en las zonas de afectación por lahares son valores altos. Por lo tanto el modelo 2 no representa lo que se desea obtener, por lo cual lo descartamos.

Por último nos quedan los modelos 1 y 3 los cuales procedemos a analizar. El modelo 3, al representar varias zonas como aptas para la reubicación, presenta incongruencias con respecto a algunos criterios en especial con el criterio de textura; al momento de comparar, encontramos que la mayoría de las áreas óptimas para la reubicación tenían suelos no aptos para asentamientos.

Por lo tanto el único modelo que podemos aplicar ha sido el modelo 1 y modelo 4 para identificar las áreas de reubicación.

5.5 Reclasificación

A partir del análisis de modelos y la elección del modelo 1 como el óptimo, procedemos a realizar un *Reclassify* que nos permite escoger cuantas áreas deseamos y los rangos, con el fin de simplificar la visualización de las áreas.

En el modelo 1 se encontró diez categorías las cuales se reclasificaron para obtener cinco rangos, como se observa en la siguiente tabla. Se planteó cinco categorías con el fin de obtener mejor visualización de la información y mejor análisis.

Tabla 33 Valores de aptitud de reubicación

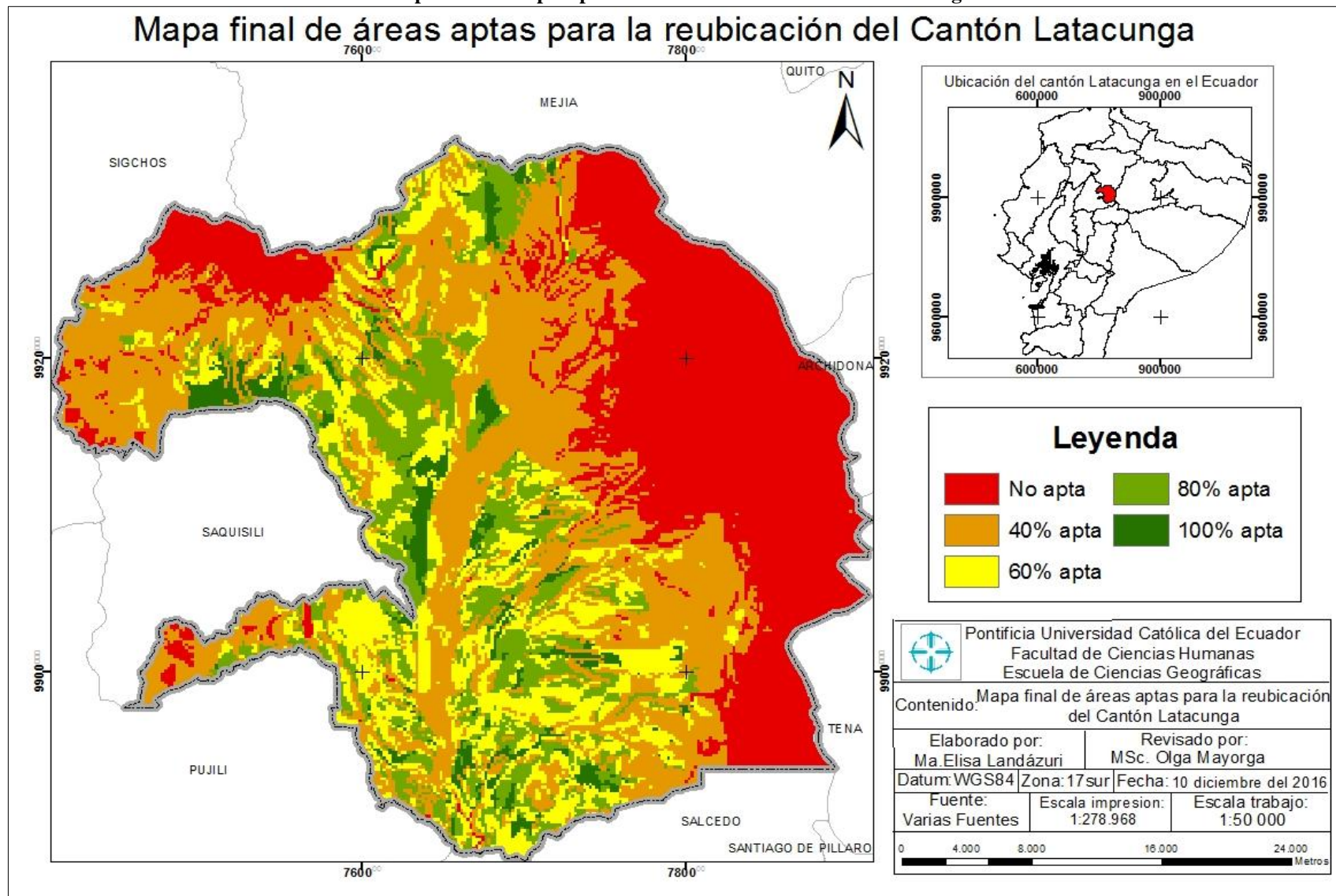
Aptitud para reubicación	Rango de valores
100% apto	82-94
80% apto	76-82
60% apto	70-76
40% apto	54-70
No apto	16-54

Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

Como se observa en la Tabla 33 se da el 100% a los sitios que tienen entre 82 y 94 debido a que estos son los mayores valores alcanzados en la sumatoria.

Por otra parte a todos los valores menores a 54 se los ha categorizado como no aptos debido a que no han cumplido con la mayor parte de las características necesarias para la reubicación.

Mapa 30 Áreas aptas para la reubicación en el Cantón Latacunga



Como se observa en el mapa hay algunas zonas que son 100% aptas para la reubicación; como tienen diferentes áreas, se realiza nuevamente una reclasificación en función de sus superficies. Es decir, zonas con mayor superficie tendrán mayor posibilidad de ser seleccionadas, mientras que las áreas con menor superficie serán descartadas.

En la siguiente tabla observamos que la mayor parte de áreas óptimas para la reubicación son menores a los 100.000 m², lo que las invalida para la reubicación. Por lo cual solo se tomarán en cuenta aquellas mayores a los 100.000 m².

Tabla 34 Superficie de áreas óptimas

Áreas	Superficie
93	menores a 100000 m ²
53	entre 100000-999999 m ²
11	mayores a un 1 km ²

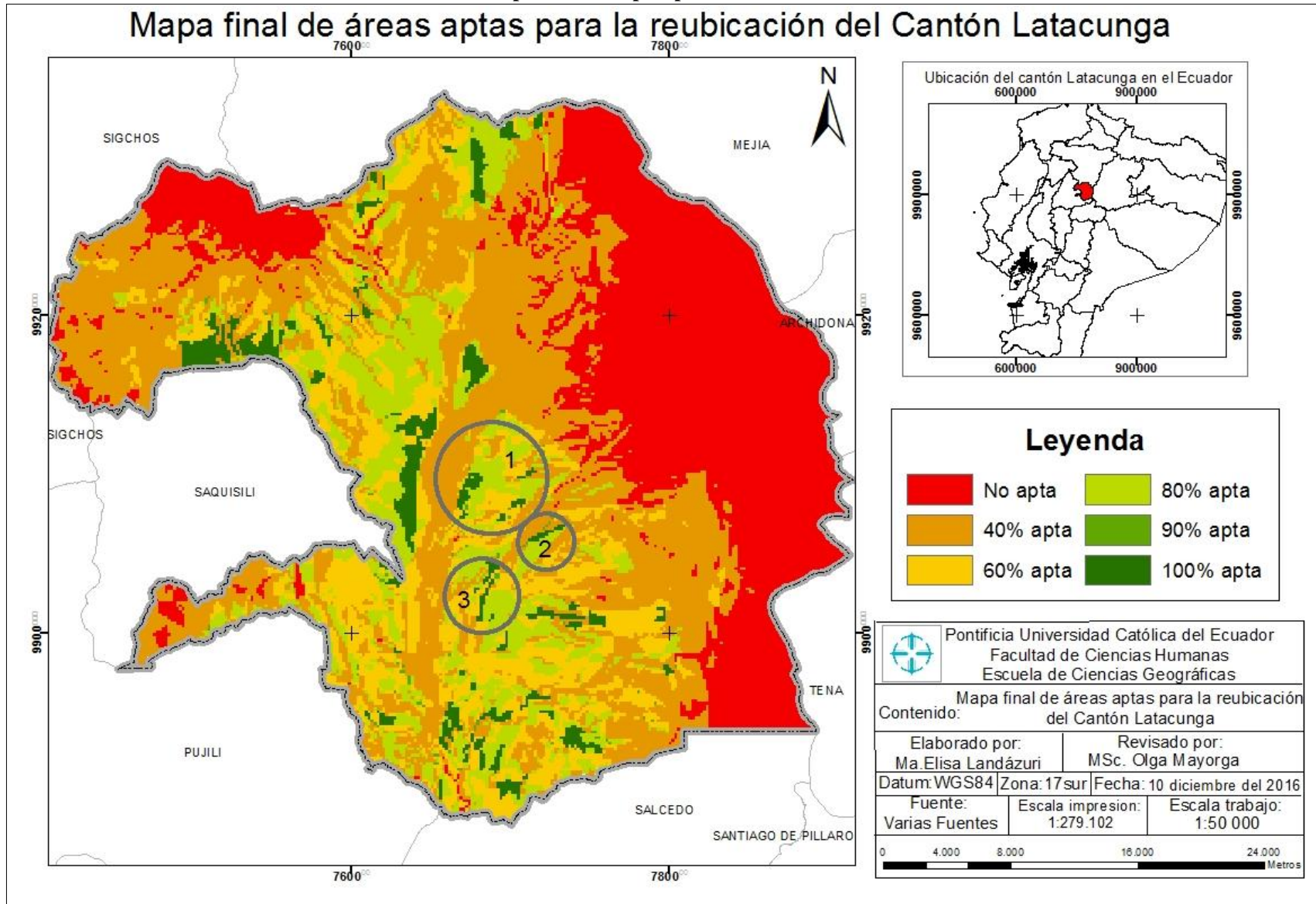
Elaborado por: Ma. Elisa Landázuri

A partir de este análisis realizamos nuevamente un *Reclassify*, para incluir en el análisis la superficie de las áreas y se represente en el siguiente mapa.

En el siguiente mapa se muestran varias de las áreas aptas, representadas con color rojo. Algunos de los sitios identificados como aptos se encuentran juntos o muy cerca de la zona de afectación por lahares por lo que van a ser descartados por ese motivo.

Mapa 31 Áreas aptas para la reubicación

Mapa final de áreas aptas para la reubicación del Cantón Latacunga



Como se observa en el mapa anterior, en el cantón existen varias áreas aptas para la reubicación que cumplen todos los criterios. Entre ellas, se escogieron aquellas que se encuentran dentro de una distancia adecuada para la movilidad de las personas; éstas se encuentran en las parroquias Aláquez y Latacunga. En el mapa estas áreas se han agrupado en tres zonas: zona uno, zona dos y zona tres.

Zona uno: (1) áreas que se encuentran dentro de las parroquias Mulaló, José Guango Bajo y Aláquez; han sido descartada para la reubicación debido a que al momento de una erupción se verían aisladas por los lahares y perderían conectividad con el resto del cantón.

Las áreas aptas para la reubicación dentro de la parroquia José Guango Bajo, son áreas pobladas y parcelas con pastos cultivados. En el caso de las áreas en la parroquia Mulaló son terrenos cultivados, en especial maíz, y bosques de eucalipto. Mientras que en la parroquia Aláquez se trata de áreas dedicadas a cultivos.

Zona dos: (2) área ubicada en la parroquia Aláquez que cuenta con todos los criterios requeridos para la reubicación. Se encuentra alejada de los trayectos de los lahares y corresponde a áreas que se encuentran ubicadas en terrenos dedicados a cultivos.

Zona tres:(3) se encuentra en las parroquias Aláquez y Latacunga; cuenta con todos los criterios necesarios para la reubicación y no se encuentra muy distante de la parroquia de origen. Estas áreas de reubicación se encuentran en parcelas dedicadas a cultivos y bosques.

El resto de zonas que no se ha descrito dentro del mapa son áreas que, por su ubicación y distancia, han sido descartadas como áreas de reubicación de la parroquia José Guango Bajo. Son áreas ubicadas en las parroquias de Toacaso y Pastocalle que se localizan bastante lejos de la parroquia por lo que su selección implicaría cruzar la zona de afectación por lahares para llegar al destino.

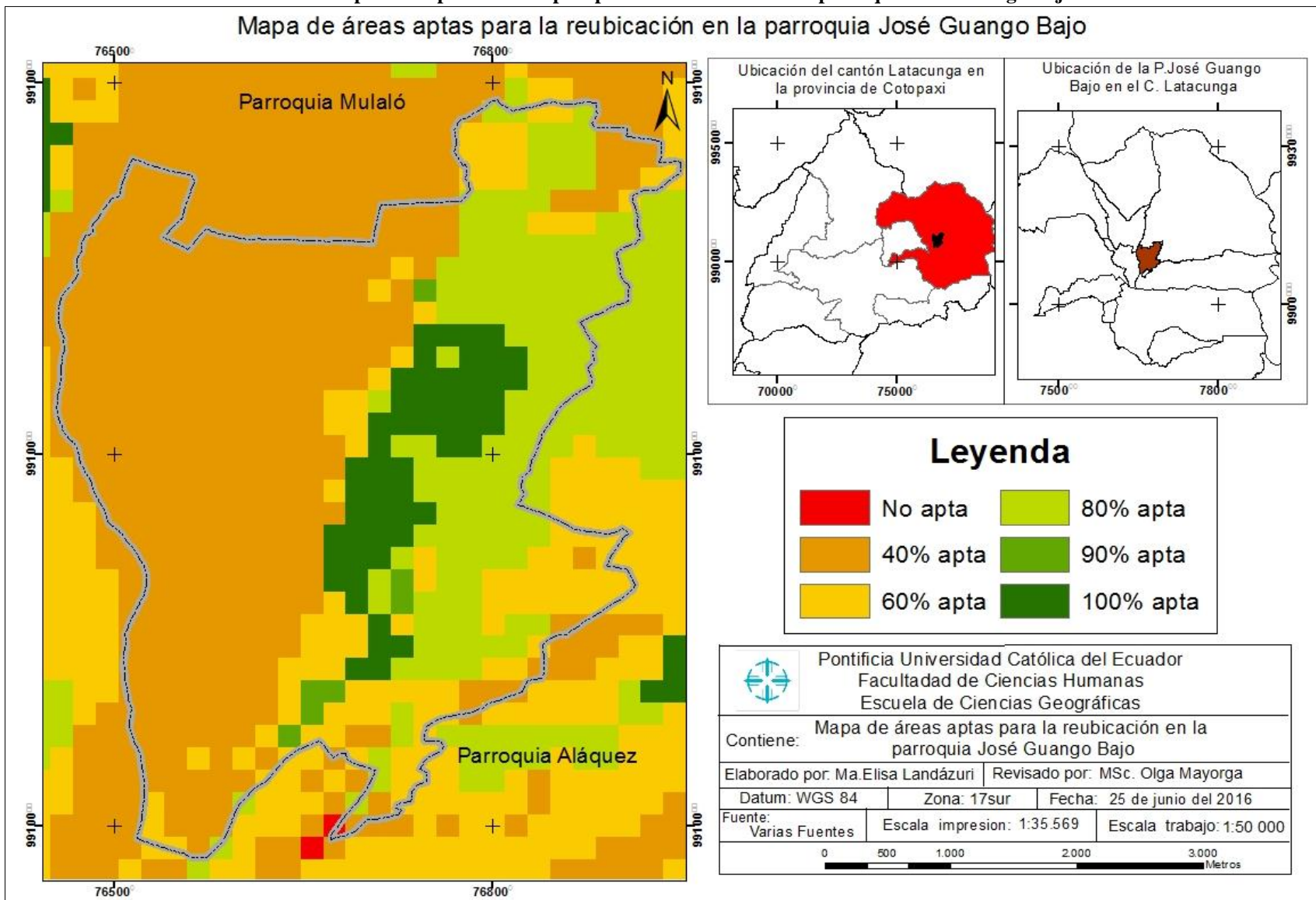
En el Mapa 33 se observan las áreas aptas para la reubicación de la parroquia José Guango Bajo que corresponden a aquellas donde existe una porción de territorio que cuenta con el 100% de las condiciones para la reubicación. Se trata de las zonas de los poblados de José Guango Bajo (cabecera parroquial), La Libertad y la Hacienda San José. Mientras que la mayor parte del territorio tiene menos del 60% de posibilidad para ser áreas de reubicación.

Estas áreas pese a que son aptas para reubicación deben ser tomadas en cuenta solamente como albergues temporales, debido a que la parroquia quedaría aislada por los lahares que

bajan por el río Cutuchi y por el río Aláquez. Adicionalmente, en caso de un colapso de la estructura volcánica, se afectaría toda la parroquia. Por lo tanto no pueden ser consideradas como sitios seguros para reubicación de una población.

Mapa 32 Mapa de áreas aptas para la reubicación en la parroquia José Guango Bajo

Mapa de áreas aptas para la reubicación en la parroquia José Guango Bajo



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- A partir del análisis realizado para establecer la afectación en el cantón Latacunga, se puede concluir que los mayores efectos se producirán en la ciudad de Latacunga debido al número de población ubicada en zonas de riesgo y a la cantidad de infraestructura (salud, educación, seguridad) ubicada dentro de la zona de peligro.

Con relación a la parroquia José Guango Bajo se encontró que no hay afectación a la infraestructura pero sí la hay al 59% de la población y a los medios de vida (cultivos y ganadería).

- Debido a que cada población tiene características diferentes, los criterios utilizados para determinar las áreas de reubicación para los afectados de la parroquia José Guango Bajo se han seleccionado en base a los que tienen más relación con las características de la población afectada.
- La evaluación multicriterio y los sistemas de información geográfica han permitido realizar el análisis del cantón Latacunga para definir las áreas aptas para la reubicación. Pero ha sido necesario presentar varios escenarios (modelos) para determinar cuál ofrece la mayor cantidad de características necesarias para determinar si son aptas o no.
- Para definir áreas de reubicación se consideró la distancia con su lugar de origen, es decir que puedan estar lo más cerca posible a la parroquia. Se descartan todas aquellas áreas que se encuentran en el lado oeste del cantón y las cercanas al flujo de los lahares. Por lo tanto se plantea que el área donde podrían reasentarse los afectados por la erupción del Cotopaxi es la parte sur oriental de la parroquia, lo que corresponde a las parroquias de Aláquez y Latacunga. En estas parroquias encontramos varias áreas con las características óptimas para la reubicación.

- Las áreas aptas que han quedado excluidas por tener una superficie menor a 100000 m² y por distancia de la parroquia pueden ser consideradas áreas de reubicación para otras poblaciones afectadas que tengan una menor población que deba reubicarse.
- Al realizar este estudio se encontró que la falta de planificación ha ocasionado que las pérdidas y daños en caso de erupción del volcán Cotopaxi sean bastante graves tanto en lo social como en lo físico, así como por las afectaciones a los flujos económicos del cantón. Por lo tanto los costos de recuperación y rehabilitación de este cantón van a ser altos.
- La condición socio-económica del cantón Latacunga y la provincia de Cotopaxi muestra altos índices de pobreza, por lo que al ser afectados por una erupción volcánica tipo cuatro del volcán Cotopaxi estos índices aumentarían aún más.
- Las medidas de mitigación permiten evitar las pérdidas y daños de una determinada población y al mismo tiempo evitar alteraciones en los flujos económicos. Al hacer una reubicación preventiva de la población de José Guango Bajo se estaría evitando los costos de las pérdidas, daños y alteraciones en los sistemas económicos, impidiendo así que aumente la pobreza en el cantón.
- Al momento de una eventual erupción, los lahares descenderán por ríos que alterarán la red vial del cantón, afectando la movilidad de éste y de la región. Al afectar la red vial muchas zonas al lado oriental se quedarían incomunicadas, por lo tanto es necesario identificar vías alternas para acceder a las áreas incomunicadas.
- Siendo la agricultura la principal actividad del cantón Latacunga, al momento de una erupción las pérdidas no solo van a impactar en las áreas de afectación por lahares sino también a una gran cantidad de personas debido a los efectos de la ceniza en los cultivos y la ganadería, perjudicando los medios de vida de sus habitantes.

6.2 Recomendaciones

- Ciertas áreas aptas para la reubicación que se encuentran en las parroquias de Mulaló y José Guango Bajo van a ser aisladas por los lahares del volcán por lo tanto han sido descartadas para una reubicación definitiva, sin embargo, pueden ser tomadas en cuenta como zonas de refugios temporales para las personas afectadas de estas dos parroquias.
- Este trabajo se enfoca en una reubicación en caso de descenso de lahares del volcán Cotopaxi, por lo tanto es necesario hacer otro estudio para delimitar áreas de reubicación en caso de que ocurra una avalancha de escombros del volcán, fenómeno que tiene la posibilidad de ocurrencia del 10%. De producirse este fenómeno se afectaría toda la parroquia.
- Debido al peligro latente de una erupción del volcán Cotopaxi es imprescindible disponer de todos los instrumentos y herramientas para afrontar esta amenaza. Por lo tanto es necesario actualizar la información cartográfica de las fuentes oficiales, para contar con información real de las áreas amenazadas.

Bibliografía

- Andinas, P. M. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería. Canadá: Publicación Geológica Multinacional, No. 4.
- ARCGIS. (2016). *¿Qué es el Álgebra de mapas?* Recuperado el 07 de 06 de 2017, de ESRI: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/analysis/spatial-analyst/mapalgebra/what-is-map-algebra.htm>
- ARCGIS. (2016). *Análisis de superposición*. Recuperado el 07 de 06 de 2017, de ESRI: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/analyze/commonly-used-tools/overlay-analysis.htm>
- ArcGIS. (2016). *Distancia Eucladiana*. Recuperado el 2 de 12 de 2016, de ESRI: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/understanding-euclidean-distance-analysis.htm>
- ArcGis. (2016). *Polygon to Raster*. Recuperado el 2 de 12 de 2016, de ESRI: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/conversion/polygon-to-raster.htm>
- ArcGIS. (2016). *Raster*. Recuperado el 02 de 12 de 2016, de ESRI: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>
- ArcGIS. (2016). *Raster Calculator*. Recuperado el 02 de 12 de 2016, de ESRI: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm>
- ArcGIS. (2016). *Suma Ponderada*. Recuperado el 2 de 12 de 2016, de ESRI: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/weighted-sum.htm>
- Buzai, G. (2011). Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de Centros de Atención Primaria de Salud (caps) en la ciudad de Luján, Argentin. *Cuadernos de Geografía/ Revista Colombiana de Geografía*, 111-123.

- Buzai, G., & Baxendale. (2013). *Aportes del análisis geográfico con sistemas de información geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial*. Lujan, Argentina: Ubiversidad Nacional de Luján.
- CENEPRED. (2014). *Normas e Instrumentos Técnicos para la Gestión de Riesgos de Desastres en el Perú*. Recuperado el 2 de 06 de 2017, de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/99CC1E2EDA76939405257F1B0057B4C6/\\$FILE/20_pdfsam_GU%C3%8DA_DID%C3%81CTICA_GRD_CENEPRED.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/99CC1E2EDA76939405257F1B0057B4C6/$FILE/20_pdfsam_GU%C3%8DA_DID%C3%81CTICA_GRD_CENEPRED.pdf)
- Chaux, W. (1998). *Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, Mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo* . La RED.
- Comité de Gestión de Riesgos; Comité de Operaciones de Emergencia de la provincia de Cotopaxi. (2015). *Plan de Contingencia Provincial para las Zonas de Alto Riesgo Ante el Proceso Eruptivo del Volcán Cotopaxi*. Latacunga, Cotopaxi.
- Corner, & Repuci. (2009). *Guia del usuario para medir la prestación de servicios básicos con enfoque de Genero*. Oslo , Noruega .
- Correa. (2011). *Reasentamiento preventivo de poblaciones en riesgo de desastre, Experiencias de América Latina*. . Washington, EEUU.
- EIRD. (s.f). *Terminología: Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres*. Recuperado el 22 de 11 de 2016, de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/cds/vivirconelriesgo/fulldoc/LwR%20vol2.pdf>
- FAO. (s.f de s.f de s.f). *Herramientas informáticas y sistemas de información geográfica*. Recuperado el 27 de 04 de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/w2962s/w2962s0j.htm>
- Felicísimo. (s.f). *Conceptos básicos, modelos y simulaciones*. Recuperado el 03 de 01 de 2017, de http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_1.pdf
- Foth. (1985). *Fundamentos de la ciencia del suelo* . México : Compañía editorial continental .
- GAD Parroquial de José Guango Bajo. (2014). *Actualización Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia José Guango Bajo*. Latacunga, Ecuador.
- García, Rosique, & Segado. (1996). *Topografía básica para ingenieros*. Murcia, España .
- Gómez, & Barredo. (2006). *Sistemas de información Geografica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid, España: Ra-ma.
- Gonzales. (2014). *La gestión del riesgos de desastres en las inundaciones de Colombia* . Recuperado el 20 de 11 de 2016, de http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2128/1/Gesti%C3%B3n_riesgo_desastres_inundaciones_%20Colombia_mirada-cr%C3%ADtica.pdf

- Hall, M. (1977). *Volcanismo en el Ecuador* . Quito, Ecuador .
- IGEPN. (2016). *Volcán Cotopaxi* . Recuperado el 13 de 02 de 2016, de <http://www.igepn.edu.ec/cotopaxi>
- IGEPN. (2017). *Red de Observatorios Vulcanológicos (ROVIG)*. Recuperado el 13 de 02 de 2016, de <http://www.igepn.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig>
- IGEPN; IRD. (2005). *Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi*. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- IGPN, I. (2005). *Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi*. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- INEC. (2010). *Censo poblacion y vivienda*. Quito, Ecuador .
- IPCC. (2001). *Anexo B, Glosario de términos del informe Síntesis del Cambio Climático* . Recuperado el 30 de 05 de 2017, de Anexo B, Glosario de términos del informe Síntesis del Cambio Climático : <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
- López, Rio, Savério, & Trinca. (2015). *Diccionario de Geografía Aplicada y Profesional. Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*.
- Madrid, & Ortíz. (2005). *Análisis y síntesis en cartografía: algunos procedimientos*. Bogota; Colombia.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2012). *Modelo de atención integral del sistema nacional de salud* . Quito, Ecuador .
- Morales, & Molina. (2003). *Reasentamiento Involuntario: integración y civilización. Bitácora Urbano Territorial* .
- Moreno, Buzai, Fuenzalida, & Colsa. (2012). *Sistemas de información geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales* . Madrid : Ra-ma Editorial.
- Penilo, D. (2009). *Trabajo Didáctico: la energía*. Recuperado el 22 de 11 de 2016, de Instituto Argentino de la Energía: <http://www.iae.org.ar/la-energia.pdf>
- Perdomo. (2008). *Guía Práctica No.1 Medición de niveles y pendientes para el campo. I curso- taller sobre técnicas de conservación de los suelos* . Recuperado el 15 de 01 de 2017, de <http://bibliofcv.veter.ucv.ve/ftp/Agroecologia/MANEJO%20DE%20SUELOS/MEDICION%20DE%20LA%20PENDIENTE.pdf>

- Pesquer, M. P. (s.f.). *Herramientas de Análisis Combinado Ráster/Vector en un Entorno SIG*. Recuperado el 12 de 06 de 2017, de <http://www.creaf.uab.es/miramon/publicat/posters/alcala/paper.htm>
- PNUD, P. d. (2012). *Conceptos generales sobre gestión del riesgo de desastres y contexto del país, experiencias y herramientas de aplicación a nivel regional y local*. Santiago, Chile.
- Ramírez. (2004). *El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del chaco*. Recuperado el 08 de 12 de 2016, de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/2-Humanidades/H-004.pdf>
- Samaniego, Ordoñez, Mothes, & Schilling. (2013). *Las ponciales zonas de inundación por lahares en el volcán Cotopaxi*. Quito, Ecuador.
- Sanchez. (2011). La reubicación de población como estrategia de ordenamiento territorial. *revista Geográfica de America Central- Costa Rica*.
- SENPLADES. (2011). *Guía de contenido y procesos para la formulación de planes de desarrollo y ordeamiento territorial de provincias, cantones y parroquias*. Quito, Ecuador.
- SENPLADES. (2017). *Propuesta Metodológica de Proyecciones de Población a Nivel de Distritos y Circuitos 2010-2020*.
- SGR. (2015). *Plan de Contingencia Ante una Posible Erupción del Volcán Cotopaxi*. Quito, Ecuador.
- SGR, PNUD, ESPOCH. (2011). *Análisis de Vulnerabilidades del Cantón Latacunga*. Riobamba, Ecuador.
- UNESCO. (2011 de 2011). *Manual de gestión de riesgo de desastre para comunicadores sociales*. Recuperado el 16 de 03 de 2016, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002191/2191.pdf>
- Vallerter. (2010). *Gestión de residuos sólidos: imoactos sobre los ecosistemas hídricos y áreas coateras*. Recuperado el 2016 de 11 de 2016, de <http://docplayer.es/10745050-Gestion-de-residuos-solidos-impacto-sobre-los-ecosistemas-hidricos-y-areas-coateras.html>
- Yáñez, & Muñoz. (2015). IGP Y CPGR recorrieron huellas de lahres de las faldas suroccidentales del del Cotopaxi. *Cotopaxi noticias. com*.
- Zoido, Vega, D., Morales, Mas, & Lois. (2000). *Diccionario de geografía urbana, urbanismo y ordenación del territorio*. Barcelona; España : Editorial Ariel.