PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS

ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

CARRERA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL H-071

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TITULO DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA EN PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

"ANALISIS DE RIESGO EN EL CANTÓN RIOBAMBA, FRENTE A LAHARES Y FLUJOS DE LODO ASOCIADOS AL VOLCÁN CHIMBORAZO"

DIEGO JOSÉ MORETA ORDÓÑEZ

DIRECTORA: PhD. Svetlana S. Zavgorodniaya

Quito, febrero 2017

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres…

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a cumplir esta meta.

A mis padres César Moreta y Lorgia Ordóñez, por todo el amor y el apoyo, este logro es suyo, son el mejor ejemplo que puedo seguir.

A la Doctora Svetlana Zavgorodniaya por la dirección de esta disertación, por compartirme sus conocimientos y experiencia. A los miembros del tribunal Mtr. Jenny Zamora y Mtr. Galo Manrique, por haber aportado con sus conocimientos para la realización de esta disertación.

Al Ing. Pedro Espín, técnico del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, por brindarme el apoyo necesario para el desarrollo de esta disertación y por abrirme las puertas de esta prestigiosa institución.

A los amigos de carrera que me acompañaron y ayudaron durante mi tiempo en la universidad: Shubert Rosero, María Sol Ávila….

A los amigos José Escorza, José Cárdenas, Edwin Inga, Joseph Prado…

A Margarita Domínguez por su cariño, apoyo y compañía…

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCION…….…..1

1.1 Justificación…….1

1.2 Planteamiento del problema……...……... .4

1.3 Objetivo General y específico……..... 5

1.4 Antecedentes…….....…… 5

1.5 Marco Teórico……...……...…….…....6

1.6 Marco conceptual…… ……...…….....…….....9

1.6 Marco metodológico……...…….....……..11

1.6.1 Fases del marco metodológico……...……11

1.6.2 Técnicas…….....12

CAPÍTULO 2:

CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN RIOBAMBA…….....14

2.1 Caracterización Biofísica del área de estudio……14

2.1.1 Clima……...……...…14

2.1.3 Geología……...…..15

2.1.3.1 Geología del Complejo Volcánico Chimborazo…….……15

2.1.3.2 Fallas geológicas……18

2.1.4 Geomorfología. …….……19

2.1.5. Hidrografía. …….……20

2.2Caracterización Socioeconómica del área de estudio…….……21

2.2.21 Caracterización de la población. …….....…..21

2.2.2Actividades económicas. ……...……..23

2.2.3.1Uso y cobertura del suelo. …….…….…..26

2.2.3 Infraestructura Vial …….. ……...……...……26

2.2.4 Servicios para la población. ……...….28

2.2.5 Patrimonio arqueológico…….……...…30

CAPÍTULO 3:

AMENAZAS ANTE LAHARES Y FLUJOS DE LODO EN EL CANTÓN RIOBAMBA…… ……..……..31

3.1 Historia eruptiva del volcán Chimborazo……..…….....35

3.1.1 Evolución Holocénica. …….……...……39

3.2 Lahares y flujos de lodo originados por el volcán Chimborazo…….…….39

3.2.1 Lahares ardientes…….…….39

3.2.2 Lahares secundarios o flujos de lodo. ……..……40

3.3 Condicionantes y factores desencadenantes. ……..……43

3.4 Registro de eventos de lahares secundarios (flujos de lodo)……..…….54

3.5 Monitoreo Instrumental- Instituto Geofísico EPN……..……56

3.6 Elaboración del Mapa de Amenazas por Flujos de Lodo del Volcán Chimborazo por proceso digital SIG y construcción de escenarios potenciales……59

3.6.1. Mapeo de la amenaza de lahares secundarios (flujos de lodo)……..…….….59

3.6.1.1 Evaluación del Mapa de Peligros del Volcán Chimborazo (Beate, 1990) ...…59

3.6.1.2 Reconstrucción y actualización del Mapa de Peligros del Chimborazo……...59

3.6.1.3 Comparación de resultados…….……..61

3.6.2 Construcción de escenarios potenciales…….……..…62

3.6.2.1 Estimaciones de volúmenes de flujos de lodo y lahares……...62

3.6.2.2 Proceso de simulaciones con LAHAR-Z……..…64

3.6.3 Escenarios de amenaza por lahares secundarios (flujos de lodo) y por lahares ardientes. …….……..….70

3.6.3.1 Escenarios de potenciales lahares secundarios o flujos de lodo……...71

3.6.3.2. Escenarios de potenciales lahares ardientes…….…72

3.6.3.3. Niveles de amenaza por lahares o flujos de lodo…….....73

CAPÍTULO 4:

VULNERABILIDAD ANTE EVENTOS LAHÁRICOS Y FLUJOS DE LODO EN EL CANTÓN RIOBAMBA……..…..…….75

4.1 Metodología de elaboración de Mapa de Vulnerabilidad……..……75

4..2 Vulnerabilidad de las variables territoriales…….……..….....77

4.2.1. Vulnerabilidad poblacional……..…...77

4.2.2. Vulnerabilidad estructural y de servicios…….……..……79

4.2.2.1. Mapa de vulnerabilidad estructural y de servicios…….……... … .84

4.2.3. Vulnerabilidad del Patrimonio Cultural y Natural…….…...……..86

4.2.4. Vulnerabilidad económica…….…….....87

4.3 Elaboración del Mapa de Vulnerabilidad Territorial…….……....88

4.4 Niveles de vulnerabilidad Territorial…….……91

CAPÍTULO 5:

RIESGOS ANTE LAHARES Y FLUJOS DE LODO EN EL CANTÓN RIOBAMBA……..…..…93

5.1 Metodología para la elaboración del Mapa de Riesgo…….….93

5.2 Mapas de riesgo…….....94

5.2.1 Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Poblacional…….....……94

5.2.2 Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Estructural y de Servicios…….…….……96

5.2.3 Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Patrimonial…….….97

5.2.4 Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Económico…….…….……98

5.2.5 Mapa Síntesis de Riesgo ante Lahares y Flujos de lodo ……..99

5.2.6 Niveles de riesgo ante lahares y flujos de lodo ……..…...……100

5.3 Conclusiones…….....103

5.4 Recomendaciones para las Estrategias de gestión ante los riesgos lahari cos y de flujos de lodo del cantón Riobamba.……...……...…….106

BIBLIOGRAFÍA…….…….109
ANEXOS……..……..……115

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Evolución demográfica cantón Riobamba y densidad poblacional (2010) ……..…21
Tabla N°2: Población indígena del cantón Riobamba……23
Tabla N°3: Establecimientos productivos cantón Riobamba…….…..…24
Tabla N°4: Población económicamente activa (P.E.A.) del cantón Riobamba…….…….....25
Tabla N°5: Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) del cantón Riobamba

Tabla N°6: Cobertura y uso de suelo cantón Riobamba…….……26
Tabla N°7: Red vial del cantón Riobamba…….27
Tabla N°8: Densidad vial del cantón Riobamba……28
Tabla N°9: Centros educativos y población estudiantil cantón Riobamba……29
Tabla N°10: Hospitales y sub-centros de salud cantón Riobamba……..…….. 30
Tabla N°11: Estaciones meteorológicas utilizadas…….. ……..……43
Tabla N°12: Temperatura media diaria inusuales, Estación R. Politécnica ESPOCH, M1036……..……..46
Tabla N°13: Temperatura media diaria, 25-Nov hasta 10-Dic del 2015. Varias estaciones……..47
Tabla N°14: Registro de eventos de flujo de lodo mediante fuentes bibliográficas …….....…..47
Tabla N°15: Volúmenes de lahar propuestos para la simulación en la herramienta Lahar-Z……..…….….... 63
Tabla N°16: Peso ponderado de los componentes para estimación de vulnerabilidad……..…76
Tabla N°17: Tipos de poblamiento rural y densidad poblacional……...……...…78
Tabla N°18: Vulnerabilidad de los asentamientos poblados……...……..……78
Tabla N°19: Vulnerabilidad de la red vial……...…….....…..79
Tabla N°20: Vulnerabilidad de las estructuras de drenaje ……..……..80
Tabla N°21: Vulnerabilidad de las estructuras eléctricas ……..……81
Tabla N°22: Estimación de acceso territorial a telefonía celular y vulnerabilidad por accesibilidad a telefonía celular……...…82
Tabla N°23: Vulnerabilidad de infraestructuras de servicios…….83
Tabla N°24: Vulnerabilidad por acceso a servicios básicos……...83
Tabla N°25: Vulnerabilidad por dificultad de acceso a vías de primer orden…….....….84
Tabla N°26: Ponderación de variables e indicadores de vulnerabilidad estructural ……..…85
Tabla N°27: Síntesis de la vulnerabilidad Estructural ……...……85
Tabla N°28: Vulnerabilidad de patrimonio cultural y natural……86
Tabla N°29: Síntesis de la vulnerabilidad de patrimonio natural y cultural…….....…..87
Tabla N°30: Vulnerabilidad económica ……..……...…87
Tabla N°31: Áreas de influencia de las entidades de Poli línea y Punto……...…88

Tabla N°32: Síntesis de la vulnerabilidad territorial…….……...…90
Tabla N°33: Síntesis de los niveles de vulnerabilidad Territorial…….91
Tabla N°34: Resultados de riesgo ante lahares del componente poblacional……..94
Tabla N°35: Resultados de riesgo ante lahares del componente estructural……95
Tabla N°36: Resultados de riesgo ante lahares del componente patrimonial……..97
Tabla N°37: Resultados de riesgo ante lahares del componente económico……...98
Tabla N°38: Resultados de riesgo territorial por exposición ante lahares……99

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Conceptualización de análisis de riesgo……...…8
Gráfico N°2: Arco volcánico Plio-cuaternario ecuatoriano y ubicación del volcán Chimborazo…...…15
Gráfico N°3: Interpretación del edificio Chimborazo I…….....…...16
Gráfico N°4: Esquema de la evolución geológica del volcán Chimborazo……...……17
Gráfico N°5: Riesgo sísmico del Ecuador…….....……18
Gráfico N°6: Evolución demográfica cantón Riobamba……..…….....20
Gráfico N°7: Mapa Geológico volcán CH-III, mostrando la *meseta occidental. (*color rosa)…….....33
Gráfico N°8: Mapa Geológico Bosquejo del Volcán Chimborazo……..35
Gráfico N°9: Mapa Geológico Bosquejo mostrando depósitos piroclásticos holocénicos, lahares rojos y depósitos de avalancha de escombros Río colorado…….36
Gráfico N°10: Depósito de lahar en el drenaje Norte del volcán Chimborazo…….…..38
Gráfico N°11: Depósitos de lahar del volcán Chimborazo En la quebrada Yambo Rumi……..…40
Gráfico N°12: Temperatura media anual periodo 1965- 2015, estación Guaslán M133……..…..43
Gráfico N°13: Temperatura media mensual Estación Guaslán M133. 1990 – 2015……..….44
Gráfico N°14: Precipitación suma anual 1990-2015. Estación: San Juan Chimborazo 47
Gráfico N°15: Precipitación suma anual 1990-2015. Estaciones M. Guaslán y Guano…….….48
Gráfico N°16: Precipitaciones suma mensuales - Estación Meteorológica Guaslán M133……49
Gráfico N°17: Precipitaciones suma mensuales - Estación Meteorológica San Juan Chimborazo M393…….50
Gráfico N°18: Precipitaciones suma mensuales - Estación Meteorológica Guano M408……...…51
Gráfico N°19: Precipitaciones medias mensuales - Estación Meteorológica Riobamba Politécnica ESPOCH……...…….52
Gráfico N°20: Comparación de la Zona de hielo muerto quebrada Chilcachaca, cantón Guano, antes y después de ocurridos los lahares secundarios……..…..53
Gráfico N°21: Glaciares fósiles dentro de los límites del cantón Riobamba. ……..……...54
Gráfico N°22: Lagunas formadas sobre glaciar fósil en cantón Riobamba…….……55
Gráfico N°23: Red de monitoreo instrumental volcán Chimborazo……..…..57
Gráfico N°24: Perfiles topográficos en áreas de inundación, según Beate et al., 1990…...……60
Gráfico N°25: Productos de la herramienta *Create Surface Hydrology Rasters.*……...…63
Gráfico N°26: Concepto de cono de energía (H/L) Cone. (Schilling, 2014)……..…….……64
Gráfico N°27: Puntos de partida de los flujos con coordenadas…….....…..65
Gráfico N°28: Puntos de partida de flujos para simulaciones, en sus respectivas quebradas y en el contexto geológico según Barba (2006) …….....…...65
Gráfico N°29: Capa raster de salida simulación de flujos de lahar secundarios…….…….66
Gráfico N°30: Ejemplo de simulación de flujos de lahares secundarios en formato SHP……...66

Gráfico Nº31: Resultados de simulaciones de lahares en el cantón…….……67
Gráfico N°32: Niveles de amenaza ante lahares del área de……...…73
Gráfico N°33: Variables para estimación de vulnerabilidad territorial por exposición ……..76
Gráfico N°34: Generalización de entidades en base a la U.M.C…….....90
Gráfico N°35: Metodología para la generación de mapas de riesgo por componentes territoriales……..…93
Gráfico N°36: Metodología para la generación del Mapa Síntesis de Riesgo……..……..…..93

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°1: Mapa Base del Cantón Riobamba……..……..….116
Anexo N°2: Mapa de Climas del Cantón Riobamba……..……...117
Anexo N°3: Mapa de Isoyetas de Precipitación Anual del Cantón Riobamba……...118
Anexo N°4: Mapa de Isotermas de Temperatura Anual del Cantón Riobamba…….119
Anexo N°5: Mapa Geológico del Cantón Riobamba……..120
Anexo N°6: Mapa Geomorfológico del Cantón Riobamba……121
Anexo N°7: Mapa División Político-Administrativa del Cantón Riobamba…….....122
Anexo N°8: Mapa de Estaciones Meteorológicas Utilizadas……..…123
Anexo Nº9: Mapa de Isoyetas e Isotermas del Volcán Chimborazo……..124
Anexo N°10: Mapa de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo Digitalizado (Beate et al., 1990)…….…...125
Anexo N°11: Mapa Actualizado de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo……..….126
Anexo N°12: Mapa de Amenaza por Lahares y Flujos de Lodo del Cantón Riobamba…….....127
Anexo N°13: Mapa de Amenaza por Exposición ……..128
Anexo N°14: Mapa de Tipos de Poblamiento Rural……..…. ……..….129
Anexo N°15: Mapa de Vulnerabilidad de Poblamientos Rurales……...……130
Anexo N°16: Mapa de Red Vial…….……...131
Anexo N°17: Mapa de Infraestructura Eléctrica y de Servicios……..…….…..132
Anexo N°18: Mapa de Vulnerabilidad por Acceso a Telefonía ……133
Anexo N°19: Mapa de Infraestructura de Servicios Para la Población……..……..……..134
Anexo N°20: Mapa de Vulnerabilidad por Acceso a Servicios Básicos……....135
Anexo N°21: Mapa de Vulnerabilidad por Acceso a Vías de Primer Orden……..…136
Anexo N°22: Mapa de Vulnerabilidad Estructural y de Servicios ……....137
Anexo N°23: Mapa de Patrimonio Cultural y Natural …….…….138
Anexo N°24: Mapa de Vulnerabilidad del Patrimonio Cultural y Natural…….....139
Anexo N°25: Mapa de Vulnerabilidad Económica…….……..….140
Anexo N°26: Mapa de Vulnerabilidad Territorial …….…....141
Anexo N°27: Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Poblacional……142
Anexo N°28: Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Estructural y de Servicios……...……...143
Anexo N°29: Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Patrimonial…….....144
Anexo N°30: Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Económico…….....145
Anexo N°31: Mapa Síntesis de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo…….....146
Anexo N°32: Datos meteorológicos de Precipitación Estación Guaslán……...….147
Anexo N°33: Temperatura Media Diaria de 3 Observaciones y media mensual Estación Guaslán ……..…...148

Anexo N°34: Precipitación Total Diaria y suma mensual estación San Juan – Chimborazo…….149
Anexo N°35: Datos meteorológicos de Precipitación de la Estación Guano…….150
Anexo N°36: Datos de Precipitación de la estación RIOBAMBA POLITECNICA-ESPOCH..…….**.....**151
Anexo N°37: Datos de Temperatura de la estación RIOBAMBA POLITECNICA-SPOCH...……..…152

INDICE DE ACRÓNIMOS

A.P.: Años antes del presente.

ALOS PALSAR: Advanced Land Observation Satellite and the Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar.

ARCOTEL: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

CNT: Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

DEM: Modelo Digital de Elevación.

EASA: European Aviation Safety Agency.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

IGEPN: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

INPC: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.

ISDR: Inter-agency Task Force On Disaster Reduction.

MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

MSP: Ministerio de Salud Pública.

MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

NBI: Necesidades Básicas Insatisfechas.

NEC: Norma Ecuatoriana de la construcción.

PDOT: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

PEA: Población Económicamente Activa.

ROVIG: Red de Observatorios Volcánicos.

SAR: Radar de Apertura Sintética.

SENPLADES: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

SIGTIERRAS: Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica.

SNGR: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo.

UMC: Unidad Mínima Cartografiable.

UNISDR: Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres.

USGS: United States Geological Survey.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Las amenazas y las vulnerabilidades se localizan y relacionan espacialmente en el territorio y se puede advertir que los desastres tienen lugar en aquellos lugares donde los niveles o magnitudes de las amenazas se superponen con las más altas debilidades sociales e institucionales (Romero, 2011).

El Ecuador se encuentra situado en una de las áreas de más alta complejidad tectónica del mundo, en el punto de encuentro de las placas de Nazca y Sudamérica, que provoca una permanente actividad sísmica. Es parte del denominado "cinturón de fuego del Pacífico", con una larga serie de volcanes en su mayoría activos que provoca una permanente actividad volcánica. Ecuador está ubicado en un área sujeta a amenazas hidrometeorológicas como inundaciones, sequías, heladas o efectos del fenómeno de El Niño. Todo esto determina una elevada amenaza (FAO, 2009).

Caso especial es la amenaza del volcán Chimborazo, ya que debido a la fuerte inclinación de sus flancos y al gran volumen de hielo existente en el volcán, este presenta peligros potenciales no necesariamente relacionados a una reactivación volcánica. Los lahares constituyen uno de los peligros más representativos y existe una situación de considerable riesgo, ya que viven muchas personas y existen infraestructuras importantes en el cantón Riobamba, que se encuentran dentro de las áreas que se consideran amenazadas potencialmente por lahares (Beate et al., 1990). Las poblaciones que podrían verse afectadas son: partes bajas de Riobamba, Calpi, San Luis, Cacha. En el volcán Chimborazo, los lahares no son producidos únicamente por actividad volcánica, sino que también responden a periodos de intensas precipitaciones o épocas de calor intenso, que provocan desprendimientos de masas de hielo hacia partes bajas (Barba, 2006). En el caso de producirse lahares, el flujo vial entre el Norte y Sur del país, a través de los Andes sería interrumpido, debido a que todas las vías en este tramo tendrían afectaciones.

El último periodo considerable de actividad del complejo fue ~ 550 A.P (IG-EPN, 2017) por lo tanto se lo clasifica como un volcán Potencialmente Activo. Se ha determinado para los últimos 5000 años, periodos de recurrencia de aproximadamente 1000 años. Durante el período Holocénico (~11700 A.P. - actualidad), se han dado 7 erupciones explosivas. La presencia del gran casquete glaciar, hacen que el volcán sea potencialmente peligroso en lo correspondiente a lahares relacionados con actividad volcánica, llamados "lahares ardientes" (Barba, 2006).

Por otro lado, existen lahares, comúnmente llamados "lahares fríos", que se forman por excesivas precipitaciones y no están relacionados con actividad volcánica (Lugo, 1989). En la historia geológica del volcán, aparecen de 2 importantes "lahares fríos", con una antigüedad de entre 5 – 10 mil años A.P, que afectaron los flancos suroeste y norte, con volúmenes de 7 millones de m^3 y 8 millones de m^3. Estos flujos de lodo no tuvieron que ver con actividad volcánica, y se los relaciona con la liberación de reservorios de agua sub glaciares y con periodos de abruptos cambios climáticos (Barba, 2006).

Entre diciembre 2015 y marzo 2017, se reportaron lahares secundarios (lahares fríos o flujos de lodo), en la quebrada Yambo Rumi al suroriente del volcán Chimborazo (cantón Guano), amenazando a varias comunidades, destruyendo áreas de cultivo, vías de comunicación, un tramo de la "vía del tren de Hielo" y el tramo 146,5 del poliducto de PetroEcuador. A partir de cual se creó el "Mapa de Amenazas Potenciales por Lahares Secundarios Quebrada Yambo Rumi (cantón Guano) del Volcán Chimborazo", debido a que: "el *derretimiento acelerado de los glaciares del Chimborazo aumenta la posibilidad de generar nuevos lahares secundarios, no sólo en la quebrada Yambo Rumi en el cantón Guano, sino también en otras quebradas alrededor del volcán. Sobrevuelos al volcán son esenciales para identificar estas zonas"* **(**IG-EPN, 2016).

Las razones para el estudio de riesgos relacionados al peligro de lahares y flujos de lodo asociados al volcán Chimborazo son generadas por la trascendencia de la gestión del riesgo desde los gobiernos locales, en este caso al GAD de Riobamba, debido a la falta de estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, relacionados a este fenómeno.

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Riobamba 2015 – 2019, carece de mapas de amenaza, mapas de vulnerabilidad y mapas de riesgo, lo que no permite conocer la dimensión territorial de los fenómenos naturales y la situación de vulnerabilidad y riesgo de los poblados en el territorio. La temática de riesgos naturales no está incluida en todas las fases de construcción del PDOT. Las limitaciones del PDOT cantonal, aumentan la situación de vulnerabilidad del cantón

En la Ley Orgánica Reformatoria al Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización R.O. Suplemento No.166 del 21 de enero del 2014, en el artículo 13 expresa:

Sustitúyase el primer y segundo inciso del artículo 140 por lo siguiente:

"Artículo 140.- Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. *- La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley."*

"Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos en sus territorios con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza, en sus procesos de ordenamiento territorial."

"Para el caso de riesgos sísmicos los Municipios expedirán ordenanzas que reglamenten la aplicación de normas de construcción y prevención".

El estudio presentado consiste en un análisis de la información secundaria de base con el fin cartografiar las áreas y los elementos susceptibles de sufrir afectaciones, en caso de ocurrir eventos laháricos adversos de origen volcánico o de distinto origen. De forma que podamos responder a la interrogante de: ¿Cuáles podrían ser los elementos más afectados?, ¿Es el peligro, muy latente?, ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad de los elementos expuestos?

Se aporta con una valoración de la amenaza y vulnerabilidad, para entender de mejor manera los riesgos existentes en el cantón y a partir de esto, generar estrategias que puedan servir como base para la orientación de los esfuerzos, en la gestión de riesgo.

1.2 Planteamiento del problema

Dentro del análisis de la información de base, se constata que el GAD de Riobamba cuenta con una Unidad de Gestión de Riesgo y en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Riobamba 2015 - 2019, se evidencia la necesidad urgente de la generación actualizada de información necesaria sobre amenaza volcánica, que permita fomentar la cultura de prevención ante desastres, e identifica la vulnerabilidad institucional frente a la carencia de mapas de riesgo y planes de contingencia. De esta manera se refleja la necesidad de producir estos documentos. Por tanto, un mapa de riesgo ante amenaza por lahares es necesario, dado la evidente situación de riesgo que afronta el cantón.

En el cantón Riobamba, la temática de riesgos es abordada en el "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial" 2015-2019, únicamente dentro de la fase de diagnóstico del sistema biofísico, sin embargo la "Guía de contenidos y procesos para la formulación de Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Gobiernos autónomos descentralizados" (2014) de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, recomienda que la temática de riesgos naturales debe ser abordada desde la perspectiva de cada sistema en la fase de diagnóstico y propuesta.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019: "*El territorio del Cantón Riobamba es un territorio altamente vulnerable ante desastres, esta vulnerabilidad radica en la alta exposición a amenazas de origen natural (volcánicas, sísmicas, hidro climáticas, geomorfológicas) y de origen antrópico (tecnología, incendios, explosiones, etc), en el crecimiento desordenado de la población, poca preparación de la población para hacer frente a desastres, en los problemas de accesibilidad, entre otros". "El Cantón Riobamba tiene como principal amenaza natural al volcán Chimborazo el mismo que se encuentra en inactividad, sin embargo, el riesgo potencial es elevado ante una eventualidad".* (GAD Riobamba, 2015). La carencia de información implica necesariamente la inexistencia de estrategias de gestión de riesgos, lo que aumenta esta condición en el cantón, debido a la debilidad de gestión del GAD cantonal.

A partir de esto se propone realizar un estudio de riesgo ante potenciales eventos laháricos y flujos de lodo, para que los resultados de esta disertación sean útiles para la gestión de riesgos en el cantón Riobamba y especialmente, puedan servir de base estratégica para la puesta en marcha de planes de contingencia y gestión de eventos adversos, ya que el presente estudio no contempla esos tópicos, que le competen al GAD.

1.3 Objetivo general y específico

Objetivo General:

Analizar el riesgo ante lahares y de flujos de lodo en el cantón Riobamba.

Objetivos Específicos:

- Identificar la amenaza ante lahares y flujos de lodo en el cantón Riobamba.
- Realizar un análisis de vulnerabilidad en el cantón Riobamba.
- Mapear los riesgos ante lahares y flujos de lodo en el cantón Riobamba.
- Proponer estrategias de gestión ante riesgo por lahares y flujos de lodo en el cantón.

1.4 Antecedentes

Existen varios estudios realizados por diferentes instituciones, entre las que tenemos:

- El Mapa de Peligros Volcánicos Asociados al Volcán Chimborazo, fue realizado por Beate, B. y Hall, M. (1989) y pone en evidencia los peligros volcánicos presentes y las áreas de posible afectación.
- El "Mapa de Peligros Volcánicos Potenciales de Complejo Chimborazo" (Beate et al., 1990). señala la peligrosidad del volcán, debido al extenso glaciar situado en la cumbre y lo empinado del edificio. Se da una descripción de los fenómenos y su peligrosidad, además de un inventario de ocurrencia de los fenómenos.
- El "Estudio vulcanológico del complejo volcánico Chimborazo-Ecuador". (Barba, D. 2006), establece la historia geológica del volcán y concluye que el volcán Chimborazo es potencialmente peligroso, debido a su actividad reciente, al gran casquete glaciar del volcán, a su vulnerabilidad de sufrir colapsos, no necesariamente relacionados a actividad volcánica.
- En el artículo *"Holocene recurrent explosive activity at Chimborazo volcano (Ecuador)"* (Barba et al., 2008), se menciona la amenaza por lahares del volcán Chimborazo, debido a la actividad explosiva del volcán durante el período Holocénico.

- En la “Actualización del inventario de tres casquetes glaciares del Ecuador”, Cáceres, B. (2010) se realiza un análisis numérico de la extensión de los glaciares, dando como resultado una reducción de 59.8% para esos años y pronostica una reducción de 20.6% del casquete glaciar para el año 2006.

Dentro del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Riobamba 2015 - 2019, existe mención de los riesgos naturales del cantón, pero no así de un análisis de riesgo. Se menciona la amenaza y vulnerabilidad sin llegar a la producción de mapas. (GAD Riobamba, 2015)

El “Mapa de Amenazas Potenciales por Lahares Secundarios Quebrada Yambo Rumi del Volcán Chimborazo”, (Vascones et al., 2016) fue elaborado ante la contingencia generada por el descenso de al menos 4 lahares secundarios en el cantón Guano.

Luego, se tiene acceso a información secundaria de fuentes como: Sistema Nacional de Información, INEC, IG-EPN. Para análisis de amenaza por lahares, se dispone del “Mapa de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo” (Beate et al., 1990), con el “Estudio vulcanológico del complejo volcánico Chimborazo-Ecuador” (Barba, 2006) y otras referencias bibliográficas. Se utilizan las imágenes satelitales Sentinel-2A, de junio del año 2017, modelos digitales de terreno del sensor ALOS PALSAR (Advanced Land Observation Satellite and the Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) con precisión de 12,5 m, se cuenta con la herramienta Lahar-Z, y con ortofotografías proporcionadas por SIGTIERRAS, a escala 1:5.000.

1.5 Marco teórico

El estudio de los riesgos naturales, sociales, políticos e institucionales constituye una importante especialización de la geografía contemporánea, que los analiza en sus fases predictivas, en sus materializaciones como catástrofes y en las etapas posteriores o de manejo de las restauraciones y reconstrucciones (Romero, 2011).

“La Geografía es una de las primeras ciencias en el estudio de los riesgos naturales. El análisis de la peligrosidad natural y la vulnerabilidad social ante eventos extraordinarios supone un punto de encuentro de las diferentes áreas de conocimiento geográficas. La investigación sobre riesgos naturales precisa de la geografía física y de la dinámica de las sociedades que se localizan en un territorio, en un ámbito regional. Sólo desde un conocimiento exhaustivo del medio y de la sociedad que habita un territorio es posible llegar a conocer los territorios con riesgo” (Ayala et al., 2002).

La geografía física aporta conocimientos técnicos como estudios geomorfológicos y su dinámica; la climatología y la hidrología han contribuido a explicar el funcionamiento de diferentes fenómenos atmosféricos e hídricos que afectan la superficie terrestre.

La geografía humana también ha aportado conocimientos desde la geografía de la percepción y la geografía social, sobre los espacios construidos por la humanidad, su comportamiento y los conocimientos, significados e identidades de los lugares.

La Geografía de los Riesgos se apoya en una serie de conceptos que trascienden el marco específico de la disciplina, para incorporar los aportes que vienen generando otras ciencias (Geología, glaciología, hidrología, etc.), a través de lo cual se sigue avanzando en la compleja realidad de la amenaza, la vulnerabilidad, el riesgo y la situación de desastre (Cortés, O. Becerra P., 2006).

A partir de lo anterior la Geografía de los Riesgos, como campo de la ciencia social en integradora de los conocimientos mencionados anteriormente se interesa por profundizar en el análisis de las características culturales del desarrollo de los territorios (su historia, educación, economía, y política), y de la organización espacial de las sociedades, que favorecen o dificultan la prevención y la mitigación, aspectos imprescindibles en la búsqueda y aplicación de medios efectivos, que permitan reducir el impacto de los desastres (Cortés, O. Becerra, P., 2006)

Un análisis de riesgo es un informe de situación de riesgo, con el fin de apoyar un proceso de toma de decisiones. Este análisis contempla "*la magnitud estimada de pérdidas posibles generadas por un determinado evento adverso y sus efectos, sobre las personas, las actividades institucionales, económicas, sociales, y el ambiente. Los factores de riesgo pueden ser de origen natural o antrópico*". (SNGR,2015) (Gráfico N °1)

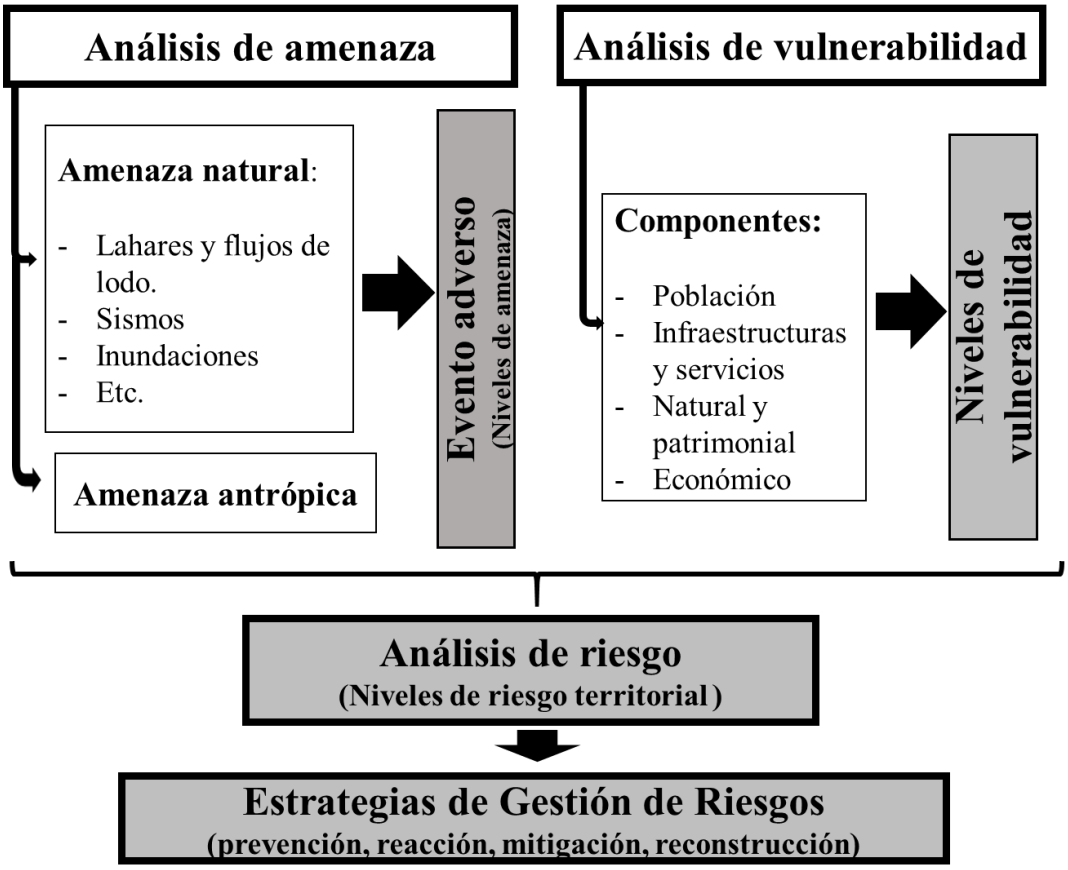


Gráfico N°1: Conceptualización de análisis de riesgo
Elaborado por: Diego Moreta

El uso de herramientas actuales como los Sistemas de Información Geográfica, permite una serie de ventajas, entre las cuales están, la reducción de tiempo de trabajo, la mejora de la productividad, la reducción del presupuesto para las investigaciones y la posibilidad de obtener resultados de alta calidad. Puede facilitar la toma de decisiones y mejorar la coordinación entre distintas ramas profesionales e instituciones. Adicionalmente, puede mejorar la amplitud y profundidad de los análisis de riesgos, orientar los procesos de desarrollo, y asistir a planificadores en la selección de medidas de mitigación y la implementación de acciones de preparativos y respuesta. El uso de un SIG puede ahorrar tiempo en la preparación de mapas y facilitar la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo. Mediante la combinación de diferentes fuentes de información, un SIG puede descubrir información nueva y valiosa sobre los riesgos (Marksrey, 1998).

En el contexto de este marco teórico enunciado, la investigación y la resolución al problema tendrá una especificidad que sirve para la aplicación práctica de los resultados en la mitigación del riesgo.

1.6 Marco conceptual

El marco conceptual reúne los conceptos más importantes que conlleva el presente estudio:

Lahar: "*Término indonesio que se refiere a una corriente de lodo que surge en las laderas de un volcán. Contiene detritos de todos los tamaños, generalmente angulosos y generalmente de origen volcánico. Los lahares se desplazan bajo la acción de la fuerza de gravedad. La alta capacidad de transporte y su gran movilidad se explican por una densidad considerable de masa de lodo. El lahar surge al mezclarse materiales volcánicos fríos e incandescentes con las aguas de los lagos-cráter, ríos, glaciares o aguas proluviales. Se Conocen lahares fríos y ardientes"* (Lugo, 1989).

Lahar Ardiente: "*Corriente de material piroclástico con gran cantidad de ceniza mezclada con agua. Surge durante las erupciones explosivas de los volcanes que tiene lago-cráter o hielo, puede provocarse por lluvias fuertes y deshielos de las nievas en las laderas del volcán. Los materiales de los lahares ardientes son caóticos semejantes a las nubes ardientes, pero en ellos se observan capas, se presentan gradas laterales de detritos gruesos, semejantes a las morrenas laterales de los glaciares"* (Lugo, 1989).

Flujo de lodo*: "Corriente de lodo que se forma con material detrítico de origen volcánico, pero sin relación directa con las erupciones volcánica. Una causa de su origen puede ser la liberación de agua de los lagos-cráter al destruirse la pared".* El flujo de lodo o también llamado lahar frío, *"se forma también después de lluvias torrenciales, en los países tropicales, poniendo en peligros a las poblaciones"* (Lugo, 1989).

Glaciar: Son masas de hielo depositadas durante los períodos climáticos glaciales o de baja temperatura y que bajo la influencia de la gravedad se desplazan según la topografía desde la cumbre de un volcán. Existen varias formas de clasificar a un glaciar. Su morfología es controlada por la topografía. En el Ecuador, se encuentran a partir de los 4900 *msnm* (Rivera et al., 2009)

Glaciar Fósil: también llamado *glaciar rocoso* o *zona de hielo muerto,* son cuerpos formados mayoritariamente de rocas, depósitos morrénicos finos, y de hielo en menor

proporción. Poseen una geometría en forma de lengua o lóbulo y su origen es glaciogenético. (Rivera et al., 2009)

Amenaza natural: "*Evento, fenómeno o actividad potencialmente perjudiciales que podrían causar pérdida de vidas o lesiones, daños materiales, sociales o económicos, o degradación ambiental. Las amenazas incluyen condiciones que pueden materializarse en el futuro*" (SNGR, 2015).

Vulnerabilidad: "*Corresponde a las condiciones, factores y procesos que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad o sistema al impacto de las amenazas, y a los factores que dañan su resiliencia" (*SNGR, 2015).

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

Gestión del Riesgos naturales: "*Se refiere a un proceso social cuyo fin último es la previsión, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con el logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial, sostenibles"* (Narváez et al., 2009).

Mitigación: "Actividades *y medios empleados para reducir o limitar los efectos negativos de los eventos adversos en la gestión del riesgo"* (SNGR, 2015).

Prevención: "*Conjunto de acciones cuyo objeto es evitar que sucesos naturales o generados por la actividad humana, causen eventos adversos"* (SNGR, 2015).

Estrategias de Gestión de Riesgos: "*Las estrategias para reducir los desastres fortalecen la posibilidad de reducir o de mitigar las pérdidas humanas, económicas y sociales causadas por los desastres y, de esa manera, facilitar un crecimiento sostenido, fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales, en la Gestión del Riesgo"* (ISDR, 2001)

1.6 Marco Metodológico

1.6.1 Fases del marco metodológico

La **primera fase** consta de un reconocimiento del perfil territorial del cantón Riobamba, basándose en la información generada en el PDOT del cantón, y demás información secundaria. Con el fin de generar información cartográfica que pueda servir de base para el desarrollo de la investigación.

La **segunda fase** consta de la identificación de la amenaza y un análisis de vulnerabilidad.

- La identificación de la amenaza se dio en base a la cartografía desarrollada por otros autores y a la elaboración propia de un mapa de peligros, que permitió la construcción de escenarios.
- El análisis de vulnerabilidad se llevó, a través de la aplicación de la Propuesta Metodológica de análisis de vulnerabilidad a Nivel Municipal (SNGR, 2012), la cual fue modificada. Esta metodología entiende al territorio como expresión de vulnerabilidades y riesgos. Se detalla a nivel cantonal, los factores de vulnerabilidad relacionados a la posible afectación ante eventos adversos de los asentamientos humanos, infraestructuras, actividades económicas; que devienen en algún tipo de vulnerabilidad, es decir los elementos esenciales del territorio. Se procedió a estimar la vulnerabilidad en diferentes niveles, ofreciendo cartografía y un diagnóstico de las áreas o elementos considerados como vulnerables, a través de una ponderación. Estos mapas permitieron generar propuestas para la prevención, mitigación y gestión de vulnerabilidades del territorio en momentos de crisis.

La fase final, integra los resultados obtenidos mediante un análisis multicriterio combinado con un SIG, donde el mapa de amenaza por lahares y el mapa de vulnerabilidad, son ponderados con valores asignados al área de estudio. A través de un cruce o superposición de capas de información geográfica, se dio como resultado, el mapa de riesgo ante lahares y flujos de lodo.

Para la elaboración del mapa de riesgo se consideró el grado de amenaza correspondiente a los distintos tipos de lahares y posibles escenarios y el grado de vulnerabilidad del territorio, en cuanto a los criterios usados para determinar esta condición. Esta información se almacenó en capas temáticas y procesadas en el software ARCGIS 10.3. Mediante la superposición de las capas temáticas del territorio con análisis multicriterio en el software, se obtuvo de manera

cuantitativa el grado de riesgo. Brindando de esta manera la información base para generar estrategias de gestión de riesgo.

El análisis multicriterio se define como es un modelo de evaluación que parte de confrontar distintas variables que pueden estar en conflicto y afronta el problema entre la preferencia o selección de un conjunto de alternativas reales, en presencia de diversos criterios, delimitados entre sí. En la técnica multicriterio se combinan y valoran simultáneamente criterios, estos se componen de factores que fortalecen o debilitan los criterios a través del manejo de sus atributos (variables) dentro de determinadas reglas de decisión y valoración" (Ocaña et al., 2002).

El mapeo y análisis de riesgo se realizó a escala 1:100 000. De esta manera se pudo corroborar de manera cartográfica el latente riesgo mencionado en el planteamiento del problema, y así, generar estrategias para la gestión de riesgo en el territorio en momentos de crisis. Las estrategias para la gestión del riesgo propuestas son: estrategias de prevención, estrategias de mitigación, estrategias de reacción y estrategias de reconstrucción.

1.6.2 Técnicas

En la primera fase se realizó una búsqueda bibliográfica para recolectar información secundaria y mediante uso de un SIG, se obtuvo cartografía de base, para poder realizar el estudio. En esta etapa consta la identificación de la amenaza.

Las áreas amenazadas por lahares y flujos de lodo se determinaron en base a la zonificación realizada en el "Mapa de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo" (Beate et al., 1990); zonificación que fue reconstruida, con un modelo digital de terreno ALOS PALSAR con precisión de 12.5m, pero en base a las especificaciones con las que fue originalmente construido el mapa; esto con el fin de brindar mayor resolución a los productos, con los cuales se trató el problema.

Su usó la herramienta "LAHAR-Z", un modelo numérico semi-empírico desarrollado por el U.S. Geological Service, para la delimitación de áreas con amenaza ante lahares. Este modelo se corrió con la información base disponible en la bibliografía. Esta información se compiló y es presentada en el Mapa de Amenaza por Lahares y Flujos de lodo.

La fase dos constituyó en la adquisición y procesamiento de información acerca de vulnerabilidad, la cual se manejó en formato Shapefile, con el fin de obtener cartografía temática de las variables de vulnerabilidad. Esto junto al mapa de amenazas y mediante la aplicación de

un análisis multicriterio en un SIG, brindó las coberturas necesarias para elaborar y presentar el Mapa de Vulnerabilidad y el Mapa de Riesgo

En la fase final, una vez elaborado el Mapa de Riesgo, se realizó una sistematización de la información obtenida, a través del software ARCGIS, y análisis multicriterio. con lo cual se pudo generar estrategias de gestión del riesgo, para su posible aplicación en momentos de crisis.

CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN RIOBAMBA

El cantón Riobamba se encuentra ubicado en el Norte de la provincia de Chimborazo. Tiene una extensión aproximada de 979.7 km². (Anexo N°1)

2.1 Caracterización biofísica del área de estudio

2.1.1 Clima

El Cantón Riobamba posee 2 tipos de clima, según la clasificación expuesta en el Mapa Climático del Ecuador (INAMHI, 2006):

1) Clima Mesotérmico templado frío Seco sin exceso de agua, ocupa las partes bajas del cantón, por debajo de los 2600 *msnm* en el fondo de la cuenca Interandina, área en la cual se encuentra ubicada la cabecera cantonal Riobamba y las cabeceras parroquiales: Calpi, Licán, San Luis, Punín, Licto, San Luis, Cubijies y Quimiag. (Anexo N°2)

2) Clima Mesotérmico templado frío Subhúmedo con pequeño déficit de agua, el cual se encuentra en los sectores con mayor cota del cantón, sobre los 2600 *msnm*, en los territorios de las parroquias: San Juan, Cacha, Flores y Pungalá. (Anexo N°2)

Las precipitaciones se presentan con un rango de valores desde los 500 mm a los 2000 anuales, presentándose los valores más bajos en los alrededores de la ciudad de Riobamba, con valores entre los 500 mm y 600 mm anuales; y los valores más altos se localizan en las vertientes de la cordillera Oriental, con intervalos entre 1500mm y 2000mm anuales (INAMHI, 2011). (Anexo N°3) En las áreas cercanas al volcán Chimborazo, la precipitación es registrada por la estación San Juan, donde los meses con mayores precipitaciones son: Marzo y Abril; mientras que los meses con menores precipitaciones son: Julio y agosto. Así mismo, las lluvias máximas en 24 horas se presentan en los meses de: abril, octubre y noviembre.

La temperatura media anual máxima en el cantón es de entre 14° C a 16 °C, en las áreas con menor cota, y una temperatura media anual mínima entre O - 2 ° C, a partir de los 4900 *msnm* en el volcán Chimborazo. Las cabeceras parroquiales y cabecera cantonal tienen una temperatura media anual de entre 10 - 16 °C (INAMHI 2011) (Anexo N°4). Los meses que registran temperaturas elevadas son: noviembre y diciembre (GAD Riobamba, 2015).

2.1.2 Geología

La composición de las rocas que afloran en la mayor parte del área de estudio es de edad Cuaternaria y corresponden principalmente a productos volcánicos del Chimborazo, El Altar, el Carihuayrazo e Igualata; con de la presencia de la formación Cangahua, depósitos glaciares y depósitos aluviales. En las parroquias de San Juan, Punín, Cacha, Calpi y San Luis, afloran rocas del periodo Terciario (Paleoceno – Eoceno) en considerable extensión, las mismas que pertenecen a los volcánicos Sicalpa. Al sur del cantón, en la parroquia Pungalá afloran rocas Jurásicas, de la unidad Paute (Cuarcitas, Esquisitos, Filitas) (McCourt et al., 1997) (Anexo N°5). La planicie ubicada en el fondo de la cuenca interandina está compuesta por el depósito de la *avalancha de escombros Riobamba,* que fue originada por un gran colapso sectorial del edificio basal del Chimborazo, alrededor de los años ~ 65 – 60 mil A.P., este depósito cubre un área de aproximadamente 280 km², área en la cual se encuentra Riobamba y las parroquias Calpi, Licán, San Luis y Cubijies (Bernard et al., 2005). Este depósito influye en la manera en que los lahares o flujos de lodo se transportan, ya que el paisaje ha sido modelado por el depósito de avalancha, dejando dos drenajes principales para el transporte de aguas y el transporte de hipotéticos lahares, como lo son, el río Chibunga y el río Guano, los cuales no atraviesan a la ciudad de Riobamba, sino que la rodean, atravesando áreas de poblamientos rurales.

2.1.2.1 Geología del Complejo Volcánico Chimborazo.

El Complejo Volcánico Chimborazo, es el volcán más alto del Ecuador (6268 *msnm*). Se ha construido sobre la cordillera Occidental, está a 28 km al noreste de la ciudad de Riobamba y 150 km en dirección SSO, desde la ciudad de Quito. Tiene una base de 20 x 14 km y cubre un área total de 220 km², con un desnivel entre los 2000 y 3000 metros de altura desde su base hasta su cima (Barba, 2006) y un volumen total de 72–83 km³. Posee un importante casquete glaciar, que contiene un total de 16 lenguas glaciares (Barba et al., 2006).

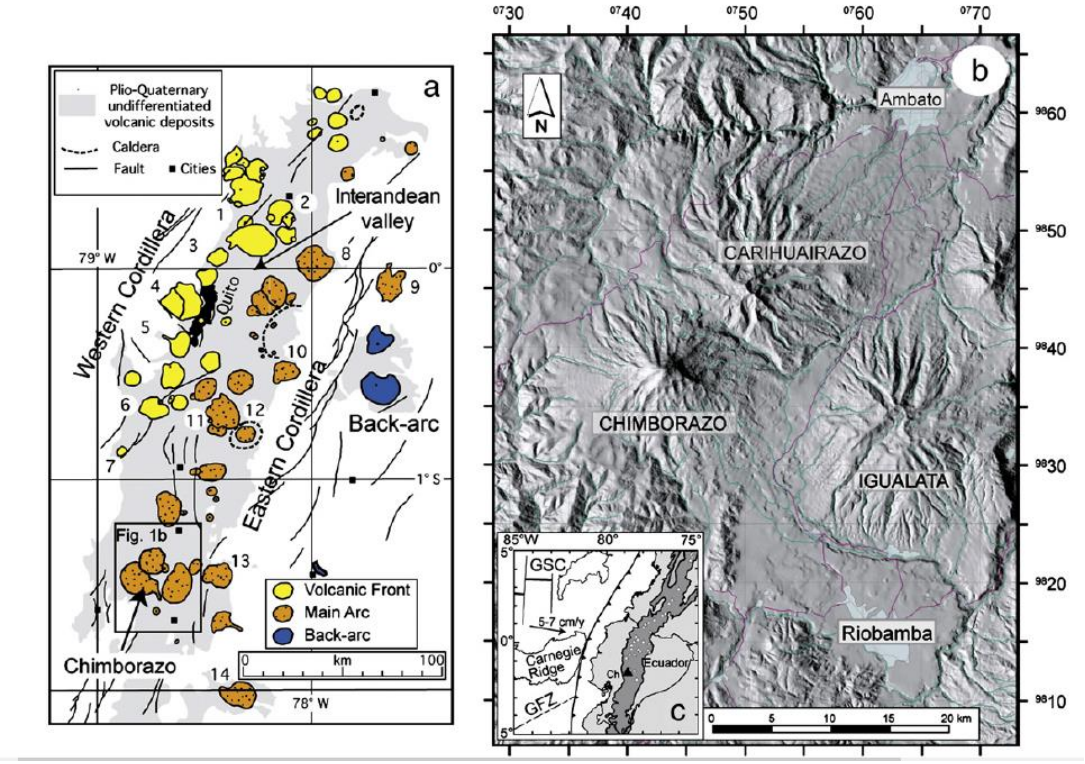


Gráfico N ° 2: Arco volcánico Plio-cuaternario ecuatoriano y ubicación del volcán Chimborazo
Fuente: Samaniego et al., (2012)

La morfología del edificio ha sido fuertemente influenciada por las glaciaciones del Pleistoceno tardío, muestra de lo cual existen estructuras glaciares ubicadas de manera radial alrededor del edificio, en los valles de los flancos Este, Oeste y Sur del volcán, donde han sido tallados grandes valles glaciares (Samaniego et al., 2012). Las morrenas tienen una litología compuesta de materiales provenientes de las partes altas del volcán (Clapperton,1990); gran cantidad de depósitos morrénicos han sido apilados en el pie del volcán (Samaniego et al., (2012). Por su edad, estas morrenas han sido clasificadas por Barba D. (2006) en: morrenas del intervalo Glaciar Máximo (33000 – 14000 A.P.), morrenas del intervalo Glaciar Tardío (12000-10000 A.P.) y morrenas del intervalo Neo-glaciar (5000 A.P. – Presente).

El volcán Chimborazo está compuesto por tres edificios: 1) Chimborazo I o volcán base (CH-I), 2) Chimborazo II o edificio central (CH-II) y 3) Chimborazo III o cono joven occidental (CH-III) (Samaniego et al., (2012).

1) Chimborazo I o volcán base (CH-I): Este edificio fue construido en el Sureste del antiguo y erosionado volcán Carihuayrazo, sus remanentes presentan una distribución radial, con una edad comprendida entre los 120 000 A.P. – 60000 A.P. Todos sus depósitos se encuentran altamente erosionados por acción glaciar o se encuentran

cubiertos por morrenas o Cangahua. Los flujos de lava de este volcán con textura poco porfirítica (cristales de tamaño < 3 mm) formaron coladas con espesor homogéneo, su acumulación dio paso a la formación de un cono (Chimborazo I), que debió haber alcanzado una altura similar a la que actualmente posee el volcán Chimborazo, es decir, unos 6200 *msnm* aproximadamente (Barba, 2006). Este edificio se formó en el mismo sitio, donde se encuentra ubicado el actual edificio. (Gráfico N°3)

Por otro lado, flujos de lava con textura más porfirítica (cristales entre 4 - 6 mm), formaron potentes depósitos de corta extensión, que se encuentra expuestos actualmente en el norte del volcán en el sector conocido como Loma Huañuna. (Barba, 2006)

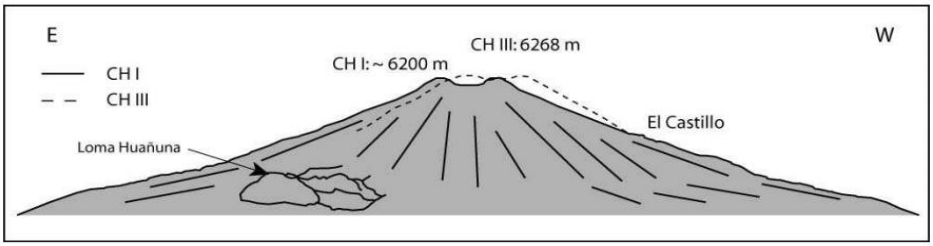


Gráfico N°3: Interpretación del edificio Chimborazo I
Fuente: Barba, D. (2006)

Este edificio sufrió un colapso estructural alrededor de 65000 - 60000 A.P. (Bernard et al., 2008), destruyendo casi totalmente el edificio y dejando un extenso depósito de avalancha de escombros depositado sobre el valle Interandino, al Sureste del volcán. (Bernard et al., 2005)

2) Chimborazo II o edificio central (CH II): Fue construido en dos fases y actualmente está representado por las cumbres Politécnica (CH-II A) y Martínez (CH-II B). Tiene una edad comprendida entre los 55000 A.P.– 33000 A.P. Este edificio se construyó sobre la caldera dejada por el colapso del Chimborazo I, al Este de los remanentes de este edificio (Gráfico N°3). El edificio CH-II A, presenta lavas principalmente ubicadas en el sector Este y Sur del edificio y han sufrido un intenso modelado glaciar. Un segundo evento eruptivo formó un cono satélite (CH-II B). En el sector Sureste del edificio CH-II A. Posiblemente este edificio cuente con un cráter. Las lavas emitidas por este edificio (CH-II) se superponen al depósito de avalancha de escombros de Chimborazo I y avanzan en sentido Sureste, hasta una distancia de 25 km aproximadamente (flujo de lava de Guano) (Samaniego et al., 2012).

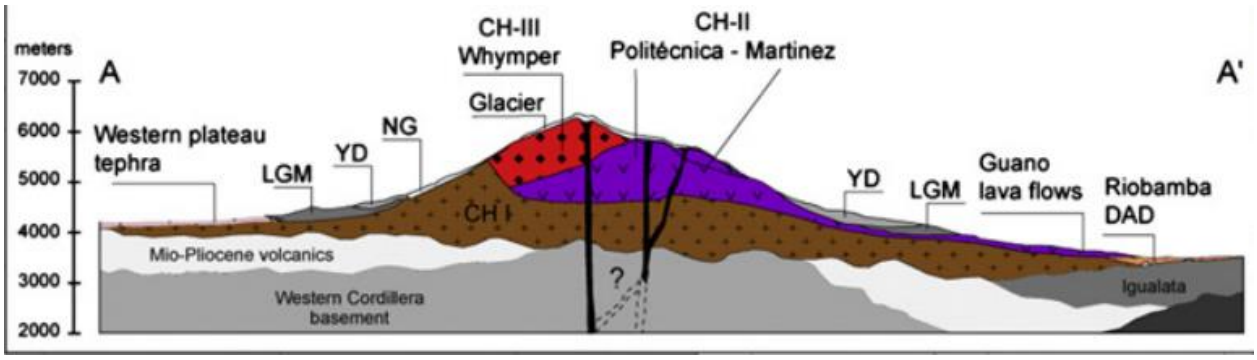


Gráfico N°4: Esquema de la evolución geológica del volcán Chimborazo.
Fuente: Samaniego et al., 2012

3) Chimborazo III o cono joven occidental (CH-III): Es el edificio más alto del volcán, está construido sobre el lado oriental de los remanentes del Chimborazo I, en el centro del volcán y sobre el lado occidental de los remanentes del Chimborazo II (Gráfico N°4). Es un edificio morfológicamente bien preservado por su reciente edad y es el más alto del complejo (Barba, 2006). Es representado por la cumbre Whymper. Se trata de un estratovolcán simétrico con una altura de 6268 *msnm*. Su pendiente está dominada por flancos muy inclinados de entre 30° a 33 ° y posee un cráter en su parte más alta. El Chimborazo III inició su construcción alrededor de 35000 A.P. (Barba, 2006) y su actividad se ha mantenido constante, siendo su última manifestación alrededor del siglo V o VII (IG-EPN, 2017).

1.1.2.2 Fallas geológicas

Las fallas geológicas en el área de estudio se encuentran principalmente en el sector Oeste, al Sur del volcán Chimborazo, con direccionamientos NNE – SSO, NE – SO y N – S (Baldock, 1982), corresponden a las estructuras de los sistemas de fallas Pallatanga y Chimbo-Cañi (McCourt et al., 1997).

Estas fallas geológicas involucran un mayor nivel de peligrosidad sísmica en el cantón Riobamba, por tal razón se encuentra ubicado en la zona sísmica V, con una caracterización de peligro sísmico “Alto”, según el “Mapa Para Diseño Sísmico de la Norma Ecuatoriana de Construcción 2011” (NEC, 2011) (Gráfico N°5). La peligrosidad en esta área se ha demostrado en eventos históricos como el terremoto de 1698, el cual causó gran daño a los poblados del área y ayudó a la generación de devastadores flujos de lodo que arrasaron la antigua ciudad de Ambato

(Vascones et al., 2009), así como el terremoto de Riobamba en 1797, que destruyó el primer poblado de Riobamba (NEC, 2011).

La ocurrencia de sismos en los alrededores del volcán Chimborazo puede desencadenar colapsos parciales del edificio del volcán o desprendimientos repentinos de masas glaciares, resultando en la generación de lahares secundarios, como fue el caso del Nevado de Huascarán en Perú en 1970, cuando un terremoto provocó el desprendimiento de una parte de la masa glaciar, lo cual resultó en un devastador aluvión que destruyó poblados y causó miles de fatalidades (Lugo, 1989).

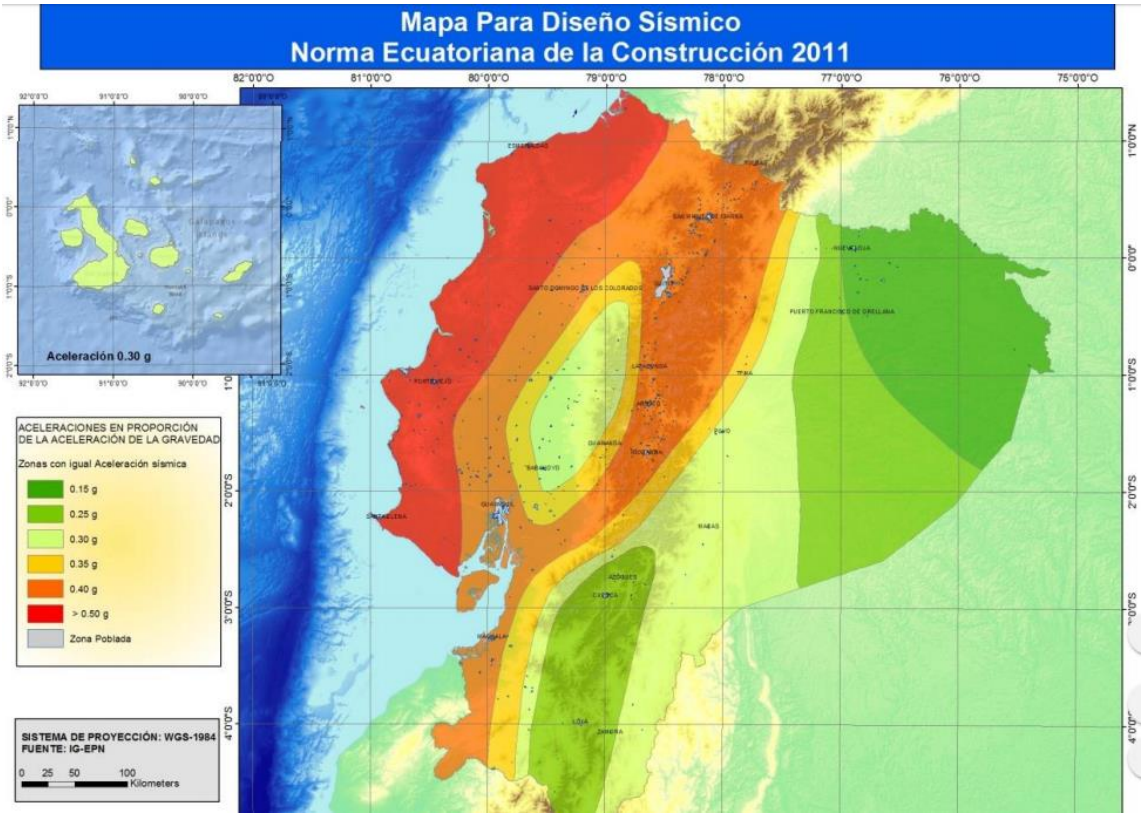


Gráfico N°5: Riesgo sísmico del Ecuador
Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción, 2011

1.1.3 Geomorfología

En el cantón destacan dos relieves importantes: 1) El fondo de la cuenca interandina, que es la parte con menor cota, donde se encuentran ubicadas las cabeceras parroquiales rurales y la cabecera cantonal Riobamba, el cual constituye una planicie poco accidentada y dominada por la presencia del *depósito de avalancha de escombros Riobamba*, y 2) Las partes más altas, constituidas por las vertientes de la cordillera Occidental y cordillera Oriental, coronadas por los

estratovolcanes Chimborazo al Oeste, y El Altar al Este. Su relieve también se caracteriza por poseer formas paleo glaciares sobre los 2600 *msnm* (Winckell, 1997) (Anexo N°6).

1.1.4 Hidrografía

El cantón Riobamba se encuentra casi de manera total en la sub cuenca del río Chambo, la red hidrográfica está dominada por la presencia del río Chibunga, el más largo y el receptor de casi la totalidad de los drenajes del cantón. Tiene su origen en el flanco Sur del volcán Chimborazo, donde varios ríos y varias quebradas de pequeña extensión lo alimentan; durante su transecto atraviesa el fondo de cuenca interandina a través de un angosto y poco profundo valle aluvial, rodeado de flancos suaves y de pequeñas quebradas que lo alimentan desde el Oeste y el Sur; aguas más abajo, algunos afluentes de las vertientes de la cordillera Occidental confluyen en el río Chibunga, tales como: río Chimborazo y río Calera, entre otros; los cuales receptan aguas provenientes de pequeñas sub-cuencas. El río atraviesa el cantón en dirección O – E y finalmente desemboca en el río Chambo (Anexo N ° 1).

El río Chibunga es el que podría trasladar los posibles lahares o flujos de lodo, provenientes del flanco sur del volcán Chimborazo. El río Chibunga no atraviesa la ciudad de Riobamba, ya que esta se encuentra ubicada en la parte alta del depósito de avalancha de escombros de Riobamba y más bien, el curso del río ha sido trazado por el margen sur de dicho depósito.

2.1 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El cantón Riobamba se encuentra ubicado en el Norte de la provincia de Chimborazo. Tiene una extensión de aproximadamente 990 km². La ciudad de Riobamba es la cabecera provincial y cabecera cantonal, consta de cinco parroquias urbanas: Maldonado, Veloz, Lizarzaburu, Velasco y Yaruquíes; y la zona rural del cantón consta de once parroquias rurales: San Juan, Licto, Calpi, Quimiag, Cacha, Flores, Punín, Cubijíes, Licán, San Luis y Pungalá. (Anexo N°7).

2.2.1 Caracterización de la población

Según el censo del año 2010, realizado por el INEC, el cantón Riobamba contaba con 225.741 habitantes, y las proyecciones demográficas del INEC indican que para el año 2014, tendrá una población de 246.861 personas. El cantón Riobamba, cuenta con 156723 habitantes en el área urbana, que representan el 69.43% de la población, mientras que en el área rural cuenta con 69018 habitantes, 30.57%, distribuidos en 11 parroquias rurales. En el área rural la población es mayoritariamente indígena y pertenecen a la nacionalidad Puruhá. (Tabla N ° 2)

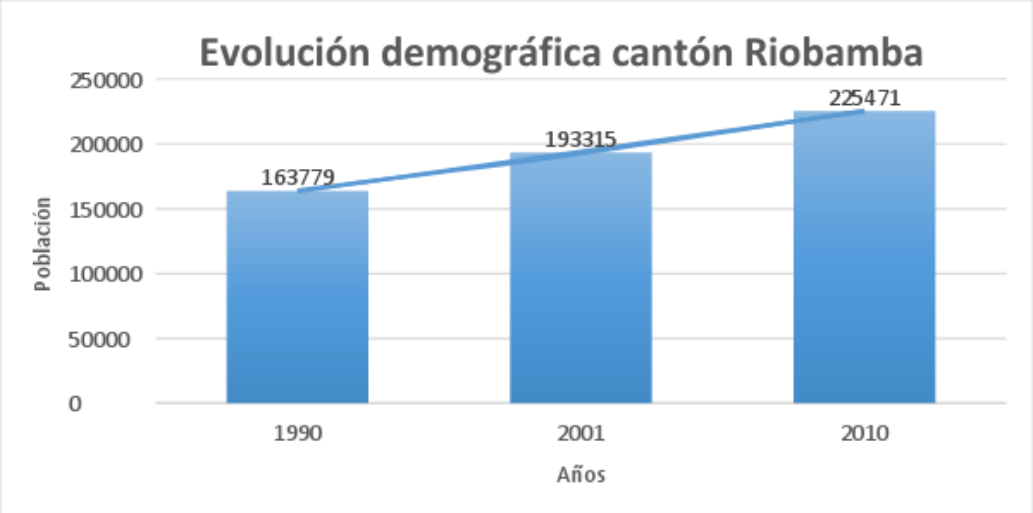


Gráfico N°6: Evolución demográfica cantón Riobamba
Fuente: INEC, 2010 **Elaborado por**: Diego Moreta

Patrones de distribución de centros poblados

La población rural en el cantón Riobamba, se encuentra espacialmente distribuida en pequeños núcleos o aglomeraciones de viviendas alrededor de la casa comunitaria o iglesia,

dentro del territorio de las parroquias rurales, esto marcado por la organización de las comunidades indígenas Puruhaes y debido a que la mayor parte de los territorios de las parroquias no son habitados por las severas condiciones naturales. (altitud, pendiente, bajas temperaturas, etc.) (Anexo N ° 14)

	1990	2001	2010	Densidad poblacional/km² (2010)
Cabecera cantonal				
Riobamba	100759	135350	156723	2528
Parroquias rurales				
Cacha	5132	3763	3160	122
Calpi	6439	6170	6469	120
Cubijies	2338	2207	2514	193
Flores	6445	5548	4546	120
Licán	2956		7963	346
Licto	8072	7499	7807	135
Pungalá	5774	6110	5954	21
Punín	5949	5980	5976	125
Quimiga	4953	5482	5257	38
San Juan	6495	6863	7370	35
San Luis	5889	8353	12002	414
TOTAL	161201	193325	225741	

Tabla N°1: Evolución demográfica cantón Riobamba y densidad poblacional (2010)
Fuente: INEC, 2010 **Elaborado por**: Diego Moreta

a) Parroquias como: San Juan, Quimiag y Pungalá, tienen densidades poblacionales muy bajas (21,2 – 37,6 hab/ km²) (Tabla N°1). La parroquia San Juan es la más cercana al volcán Chimborazo y la más amenazada por exposición. La dispersión de los centros poblados rurales en las parroquias San Juan y Calpi, aumenta la amenaza por exposición, debido a que existe una distribución de los centros poblados sobre el territorio, y gran parte del territorio de estas parroquias se encuentra bajo amenaza.
b) La población rural se concentra en las cabeceras parroquiales y los núcleos comunitarios tienen menor concentración poblacional, así mismo en los alrededores de Riobamba.
c) En otras parroquias los núcleos comunitarios están repartidos por todo el territorio.

PARROQUIA	POBLACIÓN	POBLACIÓN INDÍGENA	% DE POBLACIÓN INDIGENA
CACHA	3160	3155	99,8
CALPI	6469	4519	69,9
CUBIJIES	2514	26	1,0
FLORES	4546	4487	98,7
LICAN	7963	1339	16,8
LICTO	7807	7065	90,5
PUNGALA	5954	5277	88,6
PUNIN	5976	4989	83,5
QUIMIAG	5257	1619	30,8
SAN JUAN	7370	6530	88,6
SAN LUIS	12002	4060	33,8

Tabla N°2: Población indígena del cantón Riobamba
Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: Diego Moreta

La población de las parroquias rurales del cantón Riobamba se autodenomina principalmente como indígena (INEC, 2010). En las parroquias de San Juan y Calpi, el porcentaje de población indígena es de 88.6 % y 69.9 % respectivamente. (Tabla N ° 2)

2.2.3 Actividades económicas

Según el Censo de Población y Vivienda que realizó el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC), en el año 2010, para la cabecera cantonal Riobamba las principales actividades económicas en el área urbana son las de:

- Comercio al por mayor y menor con 22.2%
- Enseñanza con 12.1 %
- Industrias manufactureras con 9.9 %
- Administración pública y defensa con 9.76 %
- Transporte y almacenamiento con 6,8 %
- Actividades de alojamiento y servicio de comidas con 4,5 %
- Actividades de la atención de la salud humana con 4 %
- Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con 3,5 %

La población de las parroquias San Juan, Calpi, Punín, Flores, Pungalá y Quimiag se dedican principalmente a actividades de Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. (GAD Riobamba, 2015)

Según el Censo Económico que realizó el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC) en el año 2010, el cantón Riobamba contaba con 12.271 establecimiento productivos, la mayor parte de estos establecimientos pertenecen a los sectores de comercio y servicios (Tabla N°3).

Sector	Casos	%
Manufactura	1,302	10.61
Comercio	6,276	51.14
Servicios	4,665	38.02
Otros (Agricultura, Minas, Organizaciones y Órganos Extraterritoriales)	28	0.23
Total	12,271	100.00

Tabla N°3: Establecimientos productivos cantón Riobamba
Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: Diego Moreta

El cantón Riobamba tiene una Población económicamente activa (PEA) de 100 585, es decir el 44.61 % de la población del cantón. La PEA se encuentra concentrada en la cabecera cantonal Riobamba, ya que esta posee una PEA de 70 575, es decir un 70.17 %. Las parroquias rurales tienen una PEA de entre 37 % a 46 % de su población total (INEC, 2010), debido a que la población joven se ha trasladado a la cabecera cantonal por la oferta laboral existente o por motivos de estudio, dejando en las parroquias rurales únicamente a personas con mayor edad y que no se encuentran en capacidad de trabajar. (Tabla N°4)

PARROQUIA	P.E.A.	POBLACION (2010)	% DE POB. TOTAL
CABECERA CANTONAL (AREA URBANA)			
RIOBAMBA	70.575	156723	45,0
PARROQUIAS RURALES			
CACHA	1.185	3160	37,5
CALPI	2.699	6469	41,7
CUBIJIES	955	2514	38,0
FLORES	2.369	4546	52,1
LICAN	3.097	7963	38,9
LICTO	3.617	7807	46,3
PUNGALA	2.689	5954	45,2
PUNIN	2.663	5976	44,6
QUIMIAG	2.294	5257	43,6
SAN JUAN	2.922	7370	39,6
SAN LUIS	5.520	12002	46,0
TOTAL CANTON	**100.585**	225471	44,6

Tabla N°4: Población económicamente activa (PEA) del cantón Riobamba
Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: Diego Moreta

Parroquia	% de personas pobres por NBI	# de personas pobres por NBI	Población total
Calpi	83.8	5,383	6,419
Cubijíes	90.6	2,277	2,513
Flores	99.4	4,522	4,546
Licto	95.4	7,449	7,805
Licán	77.0	6,034	7,827
Pungalá	95.1	5,662	5,951
Punín	97.8	5,836	5,966
Quimiag	95.6	5,019	5,25
Riobamba	28.0	42,9	153,147
San Juan	84.6	6,209	7,338
San Luis	72.3	8,616	11,908

Tabla N°5: Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) del cantón Riobamba
Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: Diego Moreta

La **pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)** en las parroquias rurales del cantón Riobamba es mayor al 72.3 %. Las parroquias de San Juan y Calpi, tienen una pobreza por NBI de 84.6 % y 93.8 % respectivamente (Tabla N ° 5)

2.2.3.1 Cobertura y uso de suelo

Para el cantón Riobamba, el uso de suelo rural es mayormente agropecuario, con un 52,59 % en el cantón, ya que los cultivos, mosaicos agropecuarios y pastizales cubren un área de 49138 hectáreas. Las áreas de cobertura natural representan el 49 % del uso de suelo. (MAGAP, 2014) (Tabla N°6). Las actividades agropecuarias en el cantón, especialmente en las parroquias de San Juan y Calpi, representan una fuente de ingresos para sus habitantes. La cobertura urbana y de centros poblados representa el 2.92 % del uso de suelo del cantón Riobamba (Tabla N°6).

Cobertura y uso del suelo 2014	Hectáreas	% de cobertura
Cobertura Natural		
Páramo	33410	34,12
Bosque y vegetación natural	5878	6,00
Afloramientos rocosos	4271	4,36
Total	43559	44,49
Cobertura de uso		
Pastizales	26289	26,85
Mosaico agropecuario	17787	18,17
Cultivos	5062	5,17
Plantación Forestal	2356	2,41
Total	51494	52,59
Cobertura urbana y c. poblados		
Área antrópica	2863	2,92
TOTAL	**97916**	

Tabla N°6: Cobertura y uso de suelo cantón Riobamba
Fuente: MAGAP, 2014
Elaborado por: Diego Moreta

2.2.4 Infraestructura vial

El cantón Riobamba cuenta con 1804,38 km de vías de distintos tipos, es atravesado por la Av. Panamericana en sentido N-S; además posee carreteras pavimentadas, carreteras sin pavimentar de 2 y 1 carriles, caminos de verano y senderos. Las carreteras pavimentadas tienen una extensión de 140,08 km, es decir un 7 % del total de las vías y conectan a la cabecera cantonal con todas las cabeceras parroquiales. La Avenida Panamericana corresponde a la clasificación de vía arterial y las carreteras pavimentadas corresponden a la categoría de vías colectoras. El tipo de vía predominante es el camino de verano, que sirve de nexo entre los centros poblados y población dispersa al interior las parroquias rurales, estos trazados tienen un total de 599.48 km es decir un 33 % de las vías del cantón. (GAD Riobamba, 2015) (Tabla N°7)

Parroquia	Carreteras pavimentadas	Calles pavimentadas en cabeceras parroquiales	Carretera sin pavimentar	Caminos de verano	Senderos	Vía férrea	TOTAL km
San Juan	49,87	5,52	0,59	76,77	139,11	0	271,86
Calpi	9,97	6,13	17,74	75,92	47,33	14,5	171,59
Licán	4,45	5,36	9,8	31,85	19,03	4,2	74,69
Cacha	0	0	24,98	15,29	25,53	0	65,8
Cubijies	3,29	0	8,08	12,34	18,1	0	41,81
Quimiag	4,6	3,8	52,22	69,47	78,88	0	208,97
San Luis	12,3	2,85	1	65,55	8,3	0	90
Flores	18,53	0	4,42	48,51	32,45	0	103,91
Licto	17,41	9,34	27,46	44,62	54,63	0	153,46
Pungalá	8,95	7,05	82,16	79,79	94,58	0	272,53
Riobamba	25,98	210,84	19,75	79,47	33,48	7,5	377,02
TOTAL, km	155,35	250,89	248,2	599,58	551,42	26,2	1831,64

Tabla N°7: Red vial del cantón Riobamba
Fuente: (GAD Riobamba, 2015)
Elaborado por: Diego Moreta

El cantón Riobamba posee tiene una **densidad vial** total de 1.60 km / km² y una densidad de vías pavimentadas de 0.41 km / km². Las parroquias con menor densidad de vías pavimentadas son: Cacha, Quimiag, Pungalá (Tabla N°8). Caso particular es el de la parroquia San Juan que se encuentra ubicada en las proximidades del volcán Chimborazo y tiene una baja densidad de vías, lo que ya se presenta como una condición que aumenta el nivel de riesgo para esa parroquia, por la dificultad de acceso actual y por la dificultad de acceso en un momento de crisis.

PARROQUIA	Extensión (km)	Total, Vías (km)	Carreteras pavimentadas (km)	Densidad vías	Densidad vías pavimentadas
San Juan	221	271,86	49,87	1,23	0,23
Calpi	54	155,35	9,97	2,88	0,18
Licán	21	66,73	4,45	3,18	0,21
Cacha	29	65,8	0	2,27	0,00
Cubijies	13	41,81	3,29	3,22	0,25
Quimiag	140	208,97	4,6	1,49	0,03
San Luis	29	90	12,3	3,10	0,42
Flores	47	103,91	18,53	2,21	0,39
Licto	58	153,46	17,41	2,65	0,30
Pungalá	281	272,53	8,95	0,97	0,03
Riobamba	62	373,96	16,21	6,03	0,26
TOTAL	**955,00**	**1804,38**	**145,58**	**2,66**	**0,21**

Tabla N°8: Densidad vial del cantón Riobamba
Fuente: (GAD RIOBAMBA, 2015)
Elaborado por: Diego Moreta

2.2.5 Servicios para la población

Los servicios básicos del cantón son las infraestructuras que se utilizan para satisfacer las necesidades básicas de la población, así, por ejemplo: luz eléctrica, agua, alcantarillado.

La cobertura de **servicio de luz eléctrica** es casi total en la cabecera cantonal, con un 99.05 % de cobertura, mientras que, en las parroquias rurales, la cobertura es deficiente. En las parroquias rurales el servicio eléctrico es deficiente, en las parroquias como Cacha y Flores, se presenta una ausencia de servicio de electricidad casi en el 14 % de viviendas. (GAD RIOBAMBA, 2015)

El área de estudio cuenta con una central generadora hidráulica y tres líneas de trasmisión eléctrica. Además, existen líneas eléctricas de transmisión de 230 kv y subtransmisión de 69 kv, las cuales atraviesan el cantón en dirección Oeste – Este.

La cobertura del **servicio de agua** en la parte urbana del cantón es alta, con un 92.95%. A pesar de que la cobertura del servicio es alta, este servicio presenta un déficit en el requerimiento de agua, lo que obliga a racionalizar el recurso y restringir el servicio a un número de horas en el día. El sector rural tiene déficit en la cobertura del servicio de agua, por lo que los pobladores se ven obligados a abastecerse del recurso a través de sistemas rudimentarios de tuberías. Parroquias como Flores y Punín, tienen apenas entre el 15 y el 18 % de cobertura de la

red pública de agua potable y se abastecen del recurso directamente desde ríos, vertientes, o acequias. (GAD Riobamba, 2015)

El servicio de **alcantarillado** es deficiente en las parroquias rurales, ya que más del 50 % de las viviendas de estas parroquias no cuentan con una conexión a una red de alcantarillado. (GAD Riobamba, 2015)

El servicio de **telefonía móvil** a través de las 3 operadoras (Movistar, Claro, CNT) está presente al 100 % en la cabecera cantonal y en las 11 parroquias rurales, la cobertura se limita generalmente a las cabeceras parroquiales. **La telefonía fija** en el cantón registra 45139 usuarios, es decir un teléfono fijo por cada 5 habitantes. El servicio de internet registra 155010 usuarios, es decir que el 69 % es usuario de internet en el cantón. (GAD Riobamba, 2015)

Con respecto a la **infraestructura de educación,** la cabecera cantonal cuenta con 297 centros educativos, mientras que las parroquias rurales suman un total de 349 instituciones educativas. Es evidente que, en las parroquias rurales, los centros educativos tienen poca población estudiantil (Tabla N°9).

PARROQUIA	CENTROS EDUCATIVOS	POBLACION ESTUDIANTIL	MEDIA DE ESTUDIANTES POR INSTITUCION
CABECERA CANTONAL (AREA URBANA)			
RIOBAMBA	297	67964	229
PARROQUIAS RURALES			
CACHA	30	882	29
CALPI	30	1970	66
CUBIJIES	6	805	134
FLORES	31	1348	43
LICAN	20	2769	138
LICTO	43	2612	61
PUNGALA	48	2086	43
PUNIN	34	2035	60
QUIMIAG	44	1650	38
SAN JUAN	39	2501	64
SAN LUIS	24	3945	164
TOTAL, CANTON	**646**	90567	140

Tabla N°9: Centros educativos y población estudiantil cantón Riobamba
Fuente: GAD Riobamba, 2015
Elaborado por: Diego Moreta

En el **servicio de salud**, el cantón cuenta con tres hospitales y once sub centros de salud, en la cabecera cantonal para atender alrededor de 150.000 personas. Mientras que las parroquias rurales cuentan con 10 sub-centros de salud distribuidos en cada una de las parroquias, excepto la parroquia de Cubijies (MSP, 2017). Estos centros atienden a una población de entre tres mil a doce mil pacientes. (Tabla Nº10)

	HOSPITALES	SUB-CENTROS DE SALUD	POBLACION
CABECERA CANTONAL (AREA URBANA)			
RIOBAMBA	3	11	156723
PARROQUIAS RURALES			
CACHA	0	1	3160
CALPI	0	1	6469
CUBIJIES	0	0	2514
FLORES	0	1	4546
LICAN	0	1	7963
LICTO	0	1	7807
PUNGALA	0	1	5954
PUNIN	0	1	5976
QUIMIAG	0	1	5257
SAN JUAN	0	1	7370
SAN LUIS	0	1	12002
TOTAL CANTON	3	21	225471

Tabla N°10: Hospitales y sub-centros de salud cantón Riobamba
Fuente: Ministerio de salud pública, 2017
Elaborado por: Diego Moreta

2.2.6. Patrimonio arqueológico

Según el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), el cantón posee 41 bienes arqueológicos, seis de los cuales están ubicados al norte del cantón, en el flanco sur del volcán Chimborazo; además el Capac Ñan, atraviesa de a norte a sur el cantón, por las parroquias de Licán y Calpi, atravesando la parte baja del río Chibunga.

CAPITULO 3: AMENAZAS ANTE LAHARES Y FLUJOS DE LODO EN EL CANTÓN RIOBAMBA

3.1. Historia eruptiva del volcán Chimborazo

La actividad del volcán Chimborazo ha ido cambiando respecto a su evolución geológica (Samaniego et al., 2012).

A continuación, se describen los eventos eruptivos del complejo volcánico Chimborazo a través de sus diferentes fases de construcción.

1.-El edificio basal: Los principales productos de este edificio son:

a) *Las unidades Abraspungo y El Castillo,* dos gruesas secuencias de flujos de lavas observadas en el Norte y Noreste del volcán. La unidad *Abraspungo* corresponde a andesitas piroxénicas (57-61% SiO_2), andesitas silíceas y dacitas (63–64. % SiO2), su edad no ha sido datada, pero su edad es estimada en 120 – 100 ka, por su posición estratigráfica respecto de los volcánicos Carihuayrazo. Mientras que la unidad *El Castillo,* (mostradas principalmente al norte de volcán) corresponde a una secuencia de lavas y brechas con una potencia de al menos 800 m y representa la principal fuente de construcción del edificio basal CH-I (70 – 80 % del edificio). La composición de estas lavas varía entre andesitas piroxénicas (57–60. % SiO2) y dacitas (59–64. % SiO2); y su edad está comprendida entre 95 – 65 ka. (Samaniego et al., 2012)

b) Los depósitos *Peñas Blancas y Cóndor Palta*, son dos depósitos de flujo de cenizas y flujos piroclásticos, respectivamente. La unidad *Peñas Blancas* es un depósito masivo de ceniza y piedra pómez (50 – 60 m de Prof.), localizado en el valle del Río Colorado formando una terraza homogénea en ambos lados del valle, hasta una distancia de 20km hacia el Norte del volcán, tiene una composición riolítica (70 % SiO2) y está relacionado a un evento explosivo mayor del edificio basal CH-I (Samaniego et al., 2012), la cual habría formado una caldera de explosión en el edificio (Barba, 2006). La unidad *Cóndor Palta,* es un depósito piroclástico de bloques y ceniza, ubicado hasta una distancia de 8 - 9 km, hacia el sur del edificio, en la quebrada Río Cóndor Palta. Es un masivo depósito de al menos 200 m de Prof. y se relaciona con flujos de lavas viscosos y colapsos de domos de lava en las partes altas del edificio basal CH-I, correspondientes a la unidad El Castillo. (Barba, 2006)

c) *La avalancha de escombros Riobamba* (*Riobamba DAE):* el edificio Basal CH-I sufrió un gran colapso sectorial, cuyo depósito está claramente expuesto en el valle de Riobamba. Se encuentra hasta una distancia de 35 km en dirección Sureste desde el volcán, tiene un espesor

promedio de 40 m y cubre un área total de 280 km²; es evidenciado por la presencia de humlocks y crestas a lo largo del valle interandino; el depósito tiene un volumen estimado de entre 10 y 12 km³. No se han encontrado evidencias congruentes que demuestren que el colapso fue impulsado por actividad volcánica (Bernard et al., 2005), pero no se descarta su influencia. El colapso podría estar relacionado con causantes como: discontinuidades litológicas y estructurales entre el edificio y el sustrato, fallas geológicas bajo el volcán, gravedad, actividad sísmica o fenómenos hidrotermales que pusieron haber aumentado la porosidad de las rocas del edificio. (Barba, 2006). Este colapso significó la destrucción del edificio Basal CH-I y dejó en el mismo, una amplia caldera de avalancha, en el lugar donde se encontraba el edificio basal CH-I. (Bernard et al., 2005)

2.-El edificio Intermedio CH-II:

a) *Edificio CH-II A (cumbre politécnica):* Comprende el vento central de este edificio. Está compuesto de varios flujos de lava con una composición andesítica (57.6 – 64.3 % SiO2), en el sur del edificio estas lavas alcanzan una potencia de al menos 700 m (Samaniego et al., 2012). En esta fase también se presentan dos depósitos piroclásticos, el primero es el *depósito de flujo piroclástico "Río blanco"*, un depósito de ceniza y pómez, que avanzó hasta unos 13 km. aproximadamente en dirección Sureste, desde el volcán. Un corte en la carretera Riobamba – Guaranda, a 10 km al Sur- Este del volcán, muestra una potencia de 8 m para este depósito. El depósito termina con una capa de ceniza de 15 cm y su edad es de aproximadamente 42000 A.P. (Barba, 2006). La *sección Tintatacto* se encuentra ubicada en dirección Sur – Este desde el volcán y consiste de una secuencia de al menos 12 caídas de tefra, intercalados con caídas de ceniza y paleosuelos. El depósito tiene un espesor de entre 5 -6 metros y ha sido datado con una edad 42600 A.P. (Samaniego et al., 2012).

b) *Edificio CH-II B (cumbre Martínez):* Comprende una potente pila de lavas andesíticas muy erosionadas con una potencia de al menos 400 m, ubicadas al Sureste del edificio, cubriendo los depósitos del edificio CH-II A. Tiene un tamaño pequeño, lo que hace pensar que su tiempo de actividad fue corto. Esta fase también posee una brecha subglacial con matriz de ceniza con una composición andesítica (67.1 % SiO2) (Barba, 2006) (Gráfico N°7).

Al Sureste del volcán se encuentra el *Flujo piroclástico Aucacán,* que forma una planicie en la misma dirección y avanza hasta una distancia de 11 km, desde la localización estimada del vento. Es un depósito masivo formado por flujos piroclásticos andesíticos durante dos pulsos eruptivos muy explosivos, acumulando una potencia de al menos 10 metros. (Barba, 2006)

Sobre la planicie dejada por el *flujo piroclástico Aucacán* se depositaron numerosos flujos de lava andesíticos, que afloran en las partes medias y bajas del edificio, son llamados *Flujos de lava de Guano*. Estos flujos fueron muy viscosos y avanzaron unos 10 km desde el edificio, en dirección Sureste, fueron originados desde las cumbres politécnica y Martínez, tienen una potencia estimada de 300 m y un estimado en volumen de 1 – 1.5 km^3 (Samaniego et al., 2012); uno de estos flujos avanzó una distancia de 22 km, en dirección Sureste, alcanzando la actual posición de la ciudad de Guano, con una potencia de 40 metros (Barba, 2006), alcanzando la misma longitud de la ciudad de Riobamba. Estos flujos cubren un área total de unos 13 – 14 km^2 (Samaniego et al., 2012). Se trata de flujos de andesita, con porcentaje de SiO2 de entre 57.6 – 62.9 %. Esta unidad tiene una edad que varía entre los 37000 A.P. – 33000 A.P., aunque esta edad podría ser mucho menor debido a que no se ha desarrollado Cangahua sobre la misma (Barba, 2006). A través de la combinación de bandas de la imagen Sentinel 2-A, se mostró que algunos de estos flujos muestran escasa densidad de vegetación respecto a otros flujos de la misma unidad, lo cual podría indicar una edad mucho menor, para algunos de estos.

Durante esta fase se depositaron sobre la *meseta occidental* del edificio algunas caídas de tefra andesítica (escoria), intercaladas por pómez de composición dacítico (Gráfico N°7). Actualmente se exhiben afloramientos con un espesor de entre 15 y 30 m para este depósito. Este depósito se encuentra mayormente representado en el sector occidental del edificio, ya que los vientos en la zona tienen dirección Este – Oeste. Estas tefras corresponden tanto al edificio CH-II y CH-III, con edades que abarcan entre los 42000 A.P. hasta los 14000 A.P. (Barba, 2006). El depósito abarca un área de entre 120 a 140 km^2 aproximadamente, por lo que se puede estimar un volumen de entre 1.8 a 2.3 km^3 para este depósito.

Desde la fase CH-III, (33000 A.P. – Presente) se nota que las caídas de tefras básicas ubicadas en la *meseta occidental* (Gráfico N°7) se ven intercaladas por caídas con niveles de acidez de intermedio a ácido, esto debido a que existen ciclos de diferenciación magmática, que va desde andesita basáltica hasta riodacita (55.3–68.5% SiO2). En este periodo han sido 46 las caídas de tefras con espesores mayores a los 10 centímetros, de estas 23 superan los 25 centímetros de espesor (Barba, 2006). Este conteo fue realizado a una distancia de 8 km desde el vento. (Gráfico N°7)

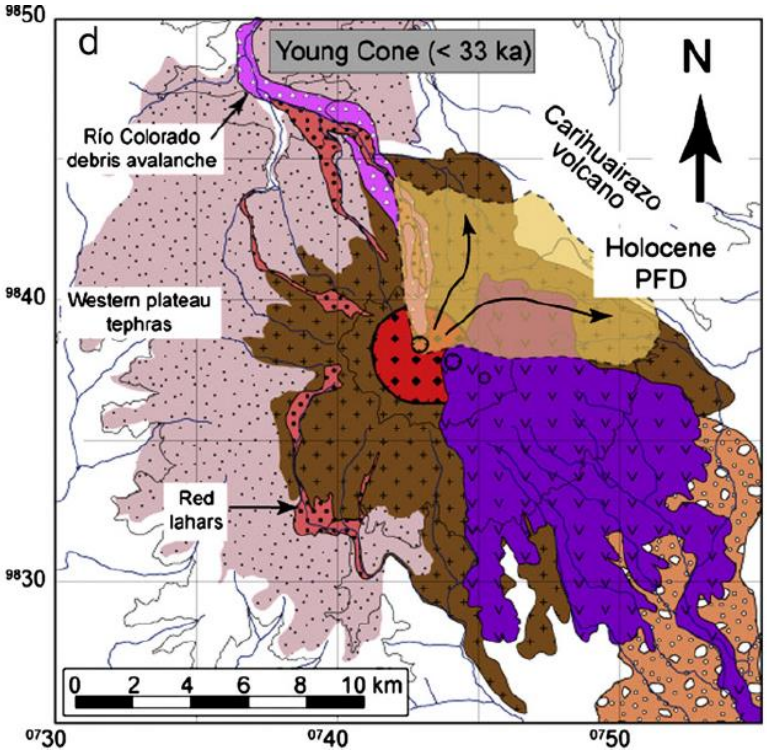


Gráfico N°7: Mapa Geológico Volcán CH-III, mostrando la *meseta occidental. (*color rosa)
Fuente: Samaniego et al., 2012

3)El cono joven (CH-III):

a) *Escenario Murallas rojas*: Consiste en un corte natural de la montaña en el sector noreste, del edificio CH-III (Gráfico N°7), probablemente debido a un colapso parcial del edificio, en el cual se han identificado depósitos de flujos de escoria y flujos de lava. Poseen una composición química más básica que los productos de los anteriores edificios (56 – 60 % SiO2). Existen algunos depósitos de flujos piroclásticos que no se extienden más allá de los 7 o 10 km, desde el edificio y se extienden en la meseta occidental del edificio, así como en los flancos norte y sur. (Barba, 2006). En la meseta occidental se han identificado al menos 13 depósitos de flujos piroclásticos de los cuales 6 tendrían una edad menor a los 33000 A.P. correspondientes al CH-III (Samaniego et al., 2012).

Existen algunos depósitos de flujos piroclásticos en la parte Sur del edificio. Algunas muestras de estas unidades se encuentran en el flanco Sur del volcán, en los valles de Culebrilla Grande y Cóndor Palta. Aquí se muestran secuencias de al menos cuatro unidades compuestas de flujos de bloques, ceniza y escoria, los cuales tienen un espesor de al menos 20 metros y tienen una composición andesítica (62 – 63 % SiO2). Otro depósito similar fue encontrado en el valle Río Chimborazo, donde se encuentra una secuencia de flujos de bloques y ceniza, sobre la cual

se encuentra un lahar bien preservado, este depósito tiene entre 7 – 9 metros de espesor. No existen depósitos bien conservados en los alrededores del cono del volcán, lo cual puede ser debido a los procesos glaciares. (Samaniego et al., 2012).

b) *Depósito de avalancha de escombros Río Colorado*: Este depósito está relacionado con un colapso sectorial de poco volumen del CH-III, que dejó un pequeño anfiteatro en el sector norte del cono joven. El flujo de escombros descendió por el valle del río Colorado y formó un depósito de color rojo a lo largo del valle. El espesor del depósito es de entre 5 y 10 metros a una distancia de 7 km desde el volcán, mucho de este material fue removido y rápidamente convertido en lahar, luego del colapso del edificio y tiene un volumen estimado de 0.1 km^3 tomando en cuenta que el área de depósito es de 20 km^2 y que el depósito pueda tener un promedio de espesor de entre 4 y 5 metros. (Samaniego et al., 2012). El evento tendría una antigüedad de entre 14000 A.P. a 12000 A.P. (Barba, 2006). (Gráfico N°7)

3.1.2 Evolución Holocénica

En el artículo "Holocene recurrent explosive activity at Chimborazo volcano (Ecuador)" (Barba et al., 2008) se describen por primera vez la presencia de depósitos piroclásticos recientes en el volcán Chimborazo, que indican una recurrente actividad eruptiva explosiva durante el Holoceno, la cual se ha extendido hasta unos pocos siglos antes de la llegada de los españoles. Esta actividad eruptiva reciente y cíclica, junto al gran casquete glaciar estimado en 2 km^3 (Beate et al., 1990), representa actualmente un serio peligro para cientos de miles de pobladores que viven en los alrededores del volcán. (Barba et al., 2008)

Esos depósitos piroclásticos recientes se han mantenido bien conservados en los valles de los flancos del Norte del volcán, pero no se descarta la presencia de depósitos de flujos piroclásticos en las partes Este y Sur de volcán, dentro de los límites del cantón Riobamba. (Barba et al., 2008)

La sección de *depósitos piroclásticos de Chuquipogyos* se encontró en el flanco Nororiental del volcán, a cinco kilómetros desde el actual cráter (Gráfico N°9), en este lugar se encontró un depósito, conformado por una secuencia de siete flujos piroclásticos, cuatro capas delgadas de caídas de piroclástos y siete paleosuelos. Además, en la misma secuencia se encontraron otras capas de ceniza, lapilli y pedazos de carbón, lo que hace suponer que esta

secuencia fue depositada después la ocurrencia de un turbulento flujo piroclástico. (Barba et al., 2008)

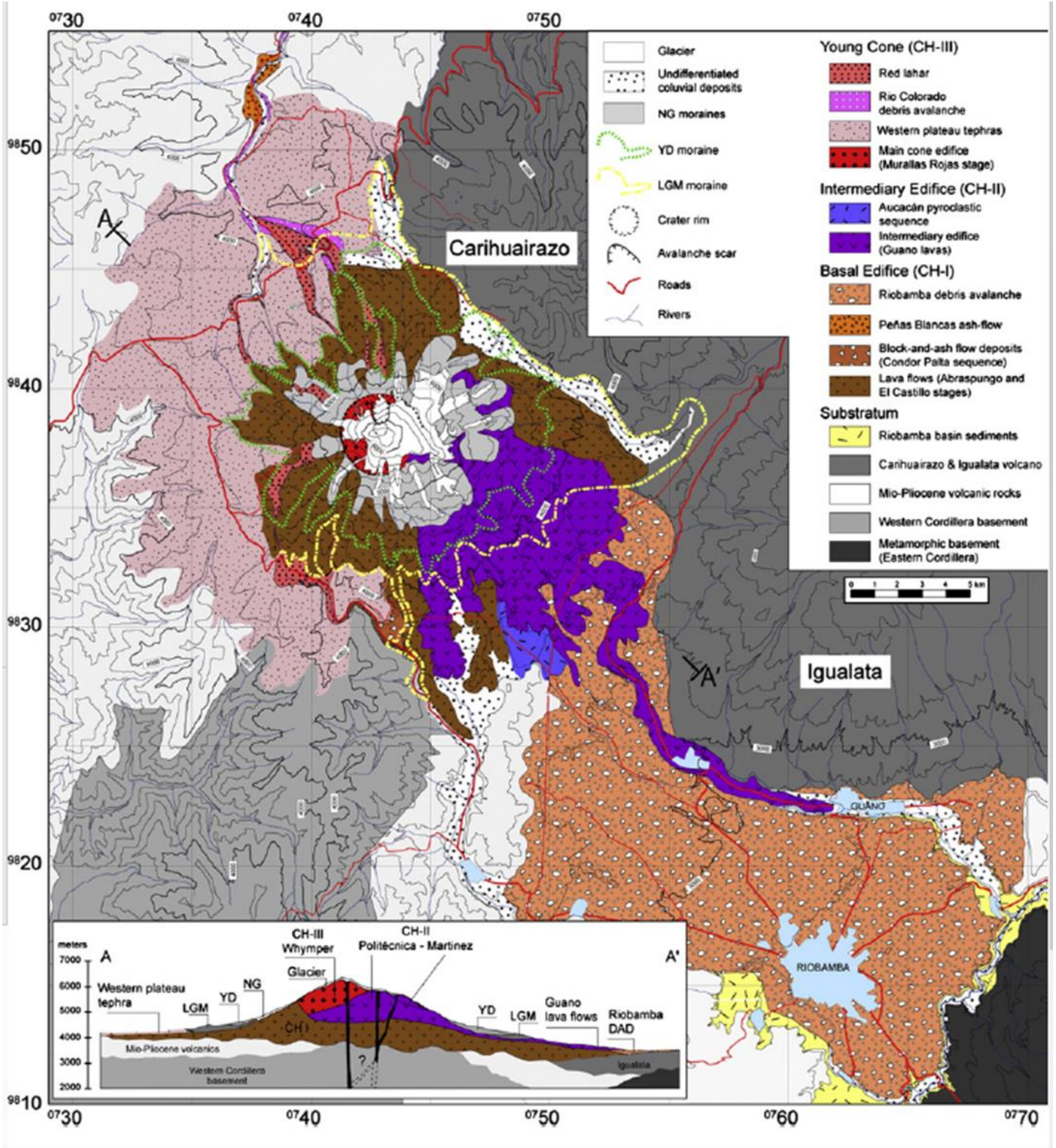


Gráfico N°8: Mapa Geológico Bosquejo del Volcán Chimborazo
Fuente: Samaniego et al., 2012

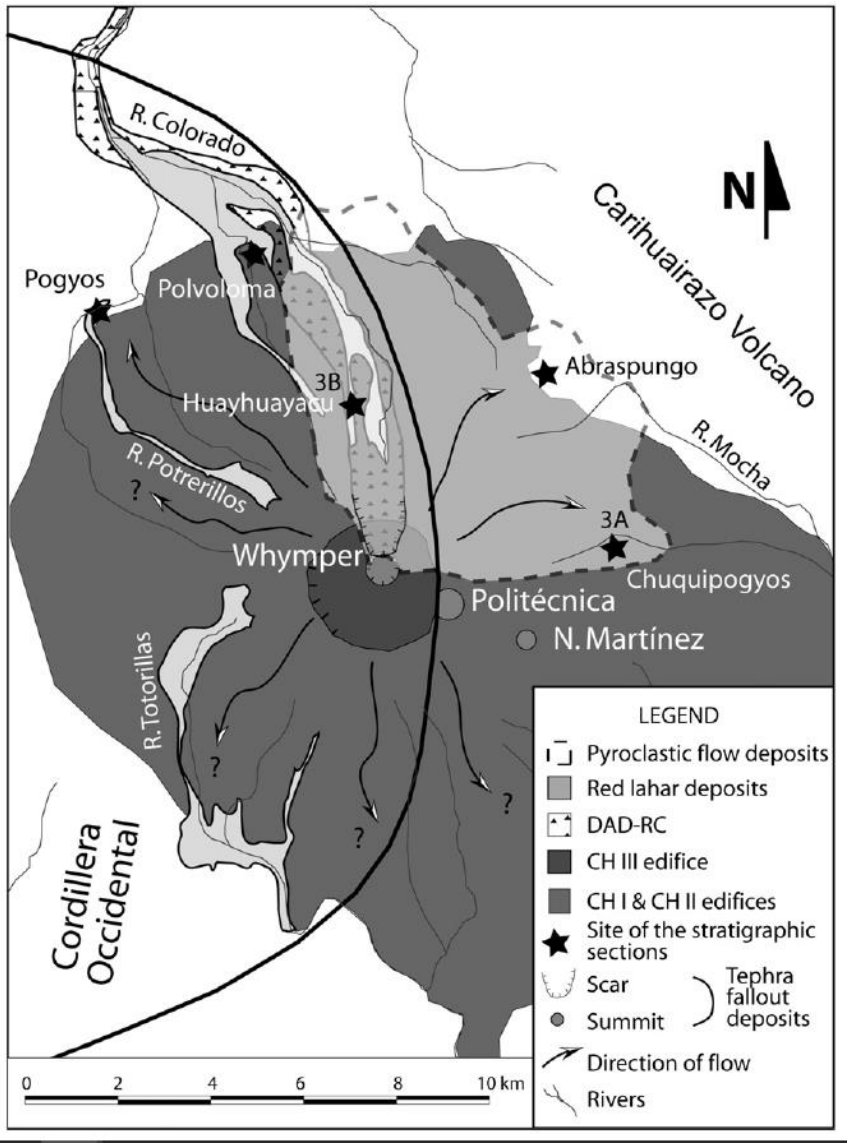


Gráfico N°9: Mapa Geológico Bosquejo mostrando depósitos piroclásticos holocénicos, lahares rojos y depósitos de avalancha de escombros Río colorado.
Fuente: Barba et al., 2008

Estos materiales piroclásticos muestran una edad que varía entre 6460±40 A.P hasta 880±70 A.P. confirmando así una actividad eruptiva y explosiva del volcán durante el Holoceno, por lo cual debe ser considerado como volcán potencialmente activo (Barba et al., 2008) y como potencial generador de lahares ardientes.

Las características particulares de las capas de este depósito y estas hacen suponer que estas erupciones fueron originadas por procesos freato magmáticos y por erupciones carácter vulcaniano. También se encontró evidencia de eventos eruptivos de carácter sub-pliniano que generaron altas columnas de ceniza y lapilli. Las características particulares muestran que las capas de tefra fueron depositadas después de la ocurrencia de flujos piroclásticos ocasionados

por colapsos de las columnas eruptivas. Estos eventos no expulsaron grandes volúmenes de tefra y tuvieron una afectación local, pudiendo haber alcanzado un índice de explosividad volcánica bajo (Barba et al., 2008). Esto está directamente relacionado con los escenarios de posible generación de lahares ardientes, ya que, en una potencial reactivación del volcán, se esperaría actividad similar, permitiendo estimar la magnitud del fenómeno.

En base a la lectura de la historia eruptiva del volcán Chimborazo se puede decir que, la actividad holocénica de volcán Chimborazo ha sido constante y de carácter explosivo o muy explosivo, lo cual podrían influir en la generación de lahares ardientes en el futuro. Esta información bibliográfica sirvió como base para la generación de los escenarios de amenaza por lahares y flujos de lodo del volcán Chimborazo. (Barba et al., 2008)

Sin embargo, al considerar los volúmenes de los edificios y de los productos de estos, se nota una considerable disminución en la tasa eruptiva del volcán Chimborazo, por lo que los escenarios de lahares ardientes son menos probables. La tasa eruptiva estimada para el edificio CH-I corresponde a 0.74–0.97 km^3 / mil años, para el CH-II a 0.42–0.70 km^3 / mil años y para el CH-III a 0.08–0.13 km^3 / mil años; dando una tasa total de 0.5–0.7 km^3 / mil años, para todo el complejo volcánico. (Barba, et al., 2008). Este autor además calcula la tasa eruptiva pico, para los tres edificios, dando como resultado tasas de 1.2–1.6 km^3 / mil años (CH-I), 0.6–1.1 km^3 / mil años (CH-II), and 0.2–0.3 km^3 / mil años (CH-III); estas tasas son comparables con las tasas de actividad holocénica de otros volcanes como Cotopaxi (Hall and Mothes, 2008) y Tungurahua (Le Pennec et al., 2008).

3.2 Lahares y flujos de lodo originados por el volcán Chimborazo

Los lahares y flujos de lodo son un peligro potencial para las comunidades ubicadas río abajo de volcanes que poseen cobertura glaciar o nival; así lo demostró la erupción del Nevado del Ruiz (en Colombia) en 1985, con fatídicas consecuencias. (Myers et al., 1998)

Para el caso del volcán Chimborazo es necesario una diferenciación entre los lahares propiciados por actividad volcánica, lo cuales serán llamados *lahares ardientes* (Lugo, 1989) y los lahares no provocados por actividad volcánica llamados *lahares fríos* (Lugo, 1989) o flujos de lodo.

3.2.1 Lahares ardientes

Durante la historia eruptiva del volcán Chimborazo reciente (Holoceno) se han formado *lahares ardientes* como resultado de la interacción de flujos piroclásticos, con el casquete glaciar, en algunos de sus episodios eruptivos. (Barba, 2006)



Gráfico N°10: Depósito de lahar en el drenaje Norte del volcán Chimborazo
Fuente: (Barba, 2006)

Los *lahares ardientes*, fueron originados por actividad volcánica y están relacionados con dos importantes eventos eruptivos ocurridos durante el Holoceno. Estos lahares están

relacionados con los flujos piroclásticos encontrados en la quebrada *Chuquipogyos*, ocurridos hace 10000 A.P. y en 6460±40 A.P. (Barba et al., 2008). (Gráfico N°8)

Este depósito se encuentra sobre los valles del Norte, Noroeste y Suroeste del volcán, específicamente en las quebradas de Potrerillos, Huayhuayacu-Colorado y Totorillas, (Barba, 2006) (Gráfico N°10). Se trata de gruesos y masivos depósitos, claramente identificables a través de fotografías aéreas. Poseen una potencia de entre 1 y 1,5 metros, generalmente (Barba et al., 2008). (Gráfico N°10). Estos depósitos son evidentes en el trayecto de la vía Ambato – Riobamba, ya que este se encuentra rellenando el fondo de valles y quebradas, su color rojizo los hace fácilmente identificables.

Los lahares mencionados alcanzaron considerables distancias, llegando hasta 20 km hacia el Norte, 7,5 km hacia el Noreste y 10 km hacia el Sureste. Se encuentran mejor preservados en el flanco norte, específicamente en el valle del río colorado, donde ocupan un área de 8 km^2 y en el drenaje Suroeste, en el valle del río Totorillas. Además, se ha podido calcular su volumen en un estimado de 8000000 m^3, para el flanco norte y 7000000 m^3, para el flanco Suroeste (Barba, 2006).

3.2.2 Lahares secundarios o flujos de lodo

Varios *lahares secundarios* o flujos de lodo se han venido registrando desde el mes de diciembre del año 2015 (Vascones et al., 2016), siendo los últimos registrados en el mes de marzo del 2017, según medios de comunicación. Estos flujos han sido producidos por: "*un colapso de la morrena frontal, dando lugar a la evacuación repentina de agua acumulada al interior del glaciar, lo que a su vez produjo los deslizamientos y flujos que luego han afectado a las comunidades ubicadas aguas abajo".* (Vascones et al., 2016)

Se registraron cuatro eventos de mayor trascendencia entre los meses de diciembre del 2015, hasta abril del 2016. Los flujos se localizaron en la quebrada Yambo Rumi, localizada al Sureste del volcán Chimborazo, y que pertenece a la parroquia San Andrés, del cantón Guano, en la provincia de Chimborazo; esta jurisdicción es colindante con el cantón Riobamba (Gráfico N°11). Estos lahares afectaron la infraestructura de pequeñas localidades y amenazan a algunas poblaciones poniendo en situación de riesgo a aproximadamente a 1000 habitantes. (Vascones et al., 2016)



Gráfico N°11: Depósitos de lahar del volcán Chimborazo en la quebrada Yambo Rumi
Fuente: (Vascones et al., 2016).

Los lahares tuvieron un volumen moderado, siendo el más voluminoso el ocurrido el 29 de abril de 2016, con un volumen aproximado de 700 mil m^3. Para referencia, una volqueta transporta entre 8 y 12 m^3, es decir, este lahar transportó el equivalente aproximado a 70 mil volquetas de material.

Algunas causales han sido tomadas en cuenta por los investigadores.

Es posible que estos eventos se relacionen con causas climáticas, ya que los datos meteorológicos indican que el 2015, año en que ocurrieron los primeros lahares, fue el segundo más caluroso desde 2005 (Vascones et al., 2016). Ese año se presentó el Fenómeno de El Niño. El Fenómeno de El Niño incrementa los efectos adversos sobre los glaciares como en el volcán Antisana y el volcán Chimborazo (Vascones et al., 2016). El aumento de temperatura sobre la superficie de hielo provoca el derretimiento acelerado del casquete glaciar, evidencia de esto es que el área de los glaciares del Chimborazo se ha reducido en al menos un 12% en comparación a 1997, siendo actualmente de 8.5 km^2 (Cáceres, 2010). Esta reducción no solo ha sucedido en los glaciares del Chimborazo, sino también en otros volcanes nevados, como: Cotopaxi, Cayambe y Antisana. Esta disminución está íntimamente relacionada al cambio climático e incremento de las temperaturas globales (Vascones et al., 2016).

Otra causal considerada está relacionada con la influencia que ha podido tener la actividad del volcán Tungurahua, particularmente el periodo eruptivo de noviembre 2015, el cual fue uno

de los que mayor emisión de ceniza produjo (Vascones et al., 2016). La ceniza de este volcán, ubicado a 40 km al oriente del volcán Chimborazo, podría ser también responsable de la reducción de su glaciar debido al cambio en el albedo y posterior aumento de las temperaturas sobre el glaciar del volcán.

Particularmente, estos factores pudieron haber favorecido la formación de cuerpos de agua superficiales e interglaciares cuya acumulación de agua habría llegado a romper y desbordar estos cuerpos de agua, para luego liberar grandes cantidades de agua en poco tiempo. Estas rupturas pudieron ser la fuente de agua necesaria para generar los lahares secundarios, además de que fuertes lluvias en el sector pudieron haber influenciado en la generación de estos flujos. No se han detectado cambios en la actividad volcánica del Chimborazo por lo que se puede descartar este factor interno como un potencial mecanismo generador de lahares (Vascones et al., 2016).



Gráfico N°11: Emisiones de ceniza del volcán Tungurahua, depositándose sobre el volcán Chimborazo
Fuente: Vascones et al., 2016

El derretimiento acelerado de los glaciares del Chimborazo se debe a la combinación de varios factores externos mismos que aumentan la posibilidad de generar nuevos lahares secundarios, no sólo en la quebrada de Yambo Rumi, sino también en otras quebradas alrededor del volcán. Por lo que es necesario elaborar mapas de amenaza con el fin promover una gestión de riesgo adecuada con respecto a estos fenómenos (Vascones et al., 2016).

3.3 Condicionantes y factores desencadenantes para lahares secundarios

A continuación, se describe con mayor profundidad los factores climáticos desencadenantes que podrían estar influenciando en la generación de *lahares secundarios o flujos de lodo* en el volcán Chimborazo.

Para evaluar la influencia del **clima** como un posible factor desencadenante de *lahares secundarios o flujos de lodo,* se ha utilizado la información de cuatro estaciones meteorológicas situadas en el área de estudio (Anexo N°8). La información corresponde a: Precipitación suma mensual y anual, Precipitación máxima en 24 horas y Temperatura suma mensual y anual. Las estaciones que cuentan con información de precipitación son dos: Guaslán y Riobamba - Politécnica ESPOCH, las dos se encuentran a una altura de 2850 *msnm* (Tabla N°11). Las otras dos estaciones que disponen únicamente de información sobre precipitación son: San Juan Chimborazo y Guano, están situadas a una altura de 3220 *msnm*. Y 2620 *msnm*, respectivamente (Tabla N°11). De estas, la estación San Juan Chimborazo es la que se encuentra más cercana al volcán Chimborazo.

Código	Nombre	Categoría	altitud *msnm*	Información compilada entre:
M133	Guaslán	Climática ordinaria	2850	1965-2015
M393	San Juan – Chimborazo	Pluviométrica	3220	1965-2015
M408	Guano	Pluviométrica	2620	1965-2015

Tabla N°11: Estaciones meteorológicas utilizadas para el área de estudio.
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta

Los datos registrados por estas estaciones meteorológicas presentan algunas irregularidades, en el periodo 1963-2015, ya que en algunos meses y años no se dispone de información. Estas estaciones meteorológicas dejaron de funcionar desde el mes de febrero del 2016, por lo que no existe información alguna desde ese mes en adelante.

Para el periodo de 1963-2015, **la temperatura** media anual en el área de estudio ha sido de 14.1°C, tomando en cuenta únicamente la estación de Guaslán. Los meses con temperaturas más bajas corresponden, a los meses de julio y agosto, con temperaturas alrededor de los 13.8 °C, mientras que los meses con mayores temperaturas son los meses de diciembre y enero, con temperaturas de entre 14.7 °C y 14.8 °C.

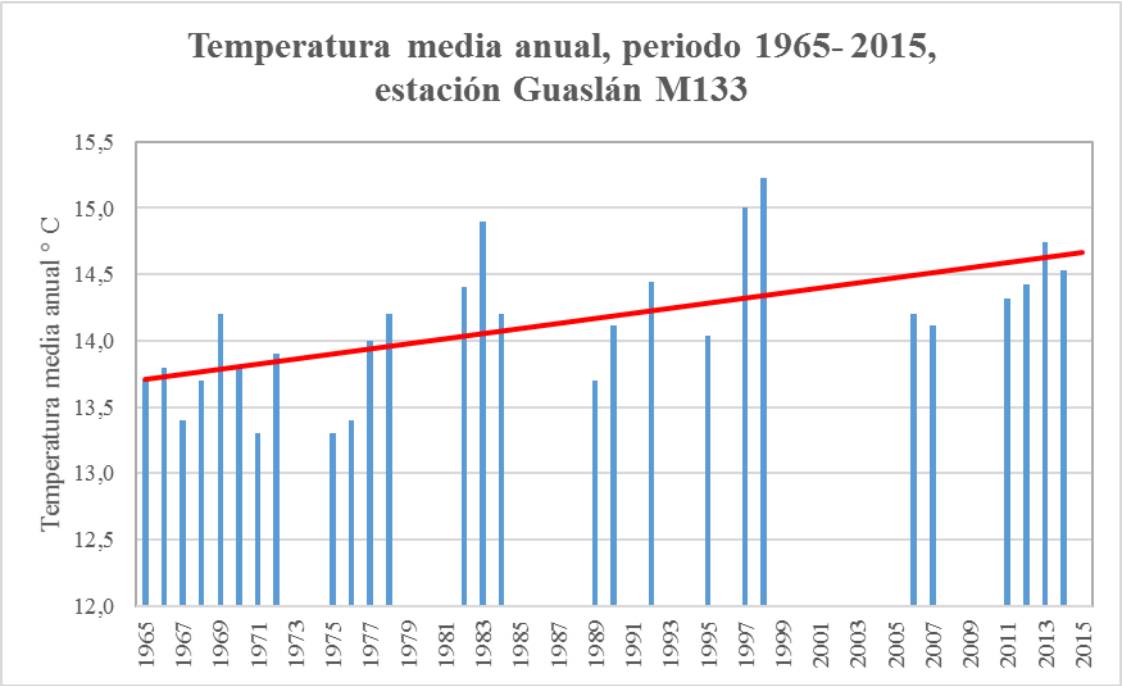


Gráfico N°12: Temperatura media anual, periodo 1965- 2015, estación Guaslán M133
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta

En el Gráfico N°13, se muestran los valores más elevados de temperatura media mensual, en el periodo 1990-2015, que se ha registrado en la estación de Guaslán, la cual registra mayores anomalías en los meses de abril y noviembre cuando se generaron lahares secundarios o flujos de lodo en el volcán Chimborazo, (Gráfico N°13).

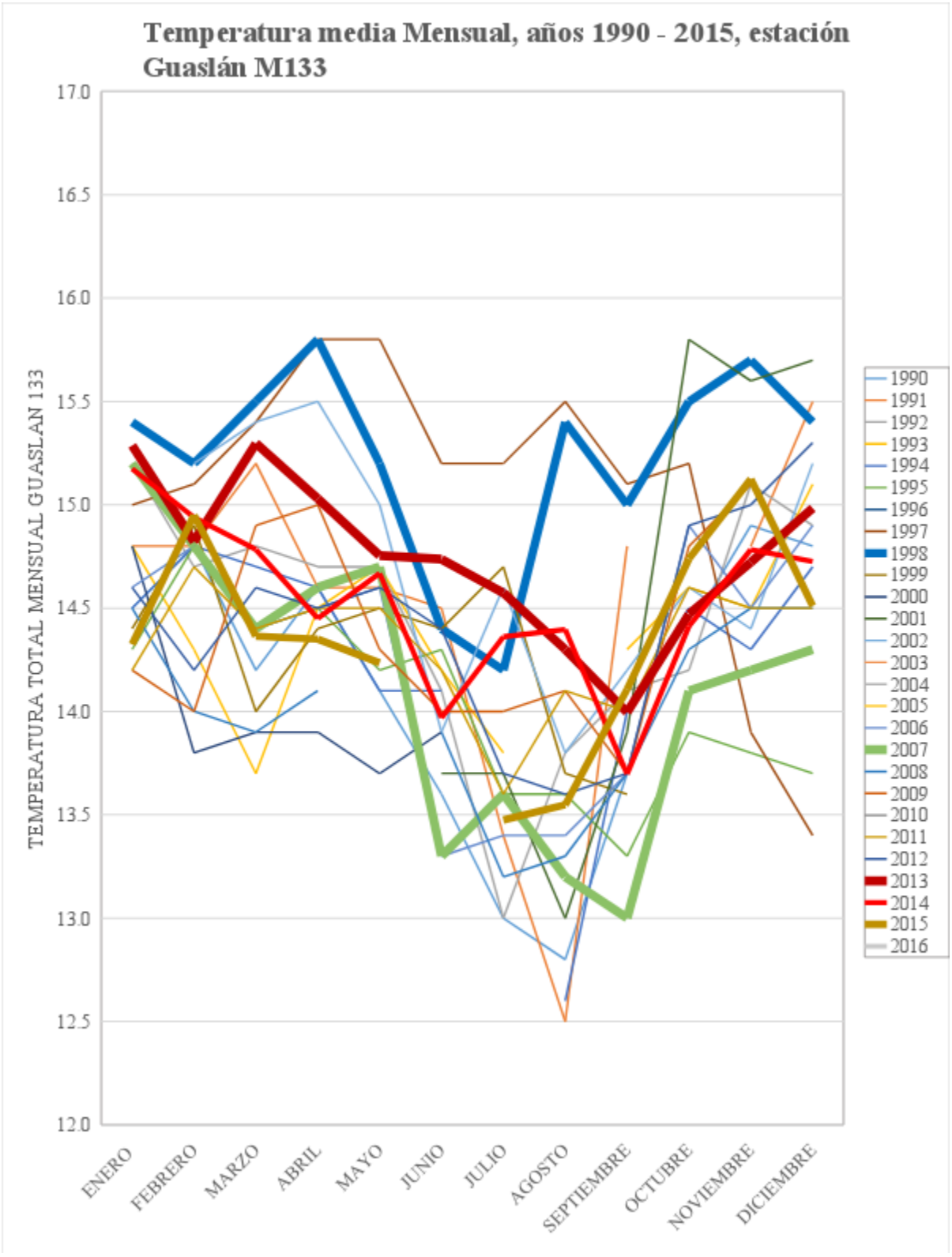


Gráfico N°13: Temperatura media mensual Estación Guaslán M133, años 1990 – 2015.
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta

Por otro lado, la estación meteorológica ordinaria Riobamba Politécnica ESPOCH, la más cercana al volcán Chimborazo (30 km al Sureste aprox.) y con registros entre los años recientes presenta inusuales temperaturas medias diarias de entre 16.2 °C hasta 16.6 ° C, en los días entre el 27 y 30 de diciembre del año 2015. Estas temperaturas son consideradas inusuales ya que la temperatura media para el mes de noviembre del 2015 es de 14.9 °C. El primer *lahar secundario* de importante volumen de 611000 m³ (Vascones et al., 2016), fue generado el día 1 de diciembre del 2015, es decir, después de registradas temperaturas inusualmente altas. (Tabla N°12)

Los datos meteorológicos de temperatura media diaria de la estación Riobamba Politécnica ESPOCH M1036, muestran que las temperaturas más altas del 2015 fueron registradas durante los días finales de noviembre y continuaron durante el mes de diciembre. En el transcurso de estos días se registraron otros *lahares secundarios* tanto en el sector sureste como en el sector suroeste del volcán Chimborazo (Tabla N°12). En el gráfico N°15 se muestran las altas temperaturas registradas durante los meses de noviembre y diciembre del 2015.

Fecha	Temperatura media diaria
25-Nov	15,8
26-Nov	14,5
27-Nov	16,4
28-Nov	16,6
29-Nov	16,2
30-Nov	16,2
1-Dic	15,1
2-Dic	13,4
3-Dic	14,1
4-Dic	15,5

Tabla N°12: Temperatura media diaria inusuales, Estación Riobamba Politécnica ESPOCH, M1036
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta

Además de la estación Riobamba Politécnica ESPOCH, las otras estaciones climáticas ordinarias muestran valores altos de Temperatura media diaria en el transcurso de los días 27 al 30 de noviembre del 2015, y también en los días previos al 6 de diciembre del 2015 (tabla N°12), fecha en la que el segundo *lahar secundario* de considerable volumen de 305000 m³ fue generado (Tabla N°13).

Estos registros de temperatura inusualmente altos, en las estaciones meteorológicas del área de estudio, pueden estar relacionados con la generación de los *lahares secundarios*. Esto es concordante con lo afirmado por Vascones et al., (2016), cuando relaciona la generación de estos flujos con las altas temperaturas registradas en las cercanías del volcán Chimborazo.

No se puede relacionar la generación de los *lahares secundarios* ocurridos en el transcurso del 2016 y 2017, con temperaturas anómalas, debido a la falta de datos meteorológicos en las estaciones meteorológicas en el área de estudio, ya que dejaron de recolectar datos a finales del año 2015. (INAMHI, 2016)

ESTACION MET.	Guaslán	R. P. ESPOCH
FECHA	Temperatura media diaria	
25-nov	15	15,8
26-nov	15,7	14,5
27-nov	16,5	16,4
28-nov	17,7	16,6
29-nov	16,3	16,2
30-nov	16,6	16,2
01-dic	-	15,1
02-dic	13,1	13,4
03-dic	12,7	14,1
04-dic	14,4	15,5
05-dic	14,2	14,9
06-dic	13,7	15,3
07-dic	15,4	15,5
08-dic	14,8	14,6
09-dic	14,3	15,7
10-dic	14,7	14,6

Tabla N°13: Temperatura media diaria, 25-Nov hasta 10-Dic del 2015. Varias estaciones.
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta

Para evaluar la influencia de **la precipitación**, como un posible factor desencadenante de *lahares secundarios*, se tomó en cuenta los registros de precipitación de cuatro estaciones meteorológicas, con registro pluviométricos entre los años 1990 – 2015 y son: Guaslán M133, San Juan Chimborazo M393, Guano 408 y Riobamba Politécnica ESPOCH M1036.

La estación Guaslán M133, localizada en el cantón Riobamba, a 35 km aprox. al sureste del volcán Chimborazo y a una altura de 2850 *msnm*. Muestra que los meses con mayores precipitaciones suma mensuales en el periodo 1990 – 2015 han sido abril y octubre. Mientras que específicamente para el año 2015 los meses con mayores precipitaciones suma mensuales han sido marzo y noviembre.

La estación San Juan Chimborazo M393, localizada en el cantón Riobamba, a 18 km aprox. al sureste del volcán Chimborazo y a una altura de 3220 *msnm*. Los meses con mayores precipitaciones suma mensuales para el año 2015 han sido octubre y abril.

La estación Guano M408, localizada en el cantón Guano, a 30 km aprox. al sureste del volcán Chimborazo y a una altura de 2620 *msnm*. Muestra que los meses con mayores precipitaciones suma mensuales en el periodo 1990 – 2015 han sido marzo, abril, octubre y noviembre. Mientras que específicamente para el año 2015 los meses con mayores precipitaciones suma mensuales han sido enero y noviembre.

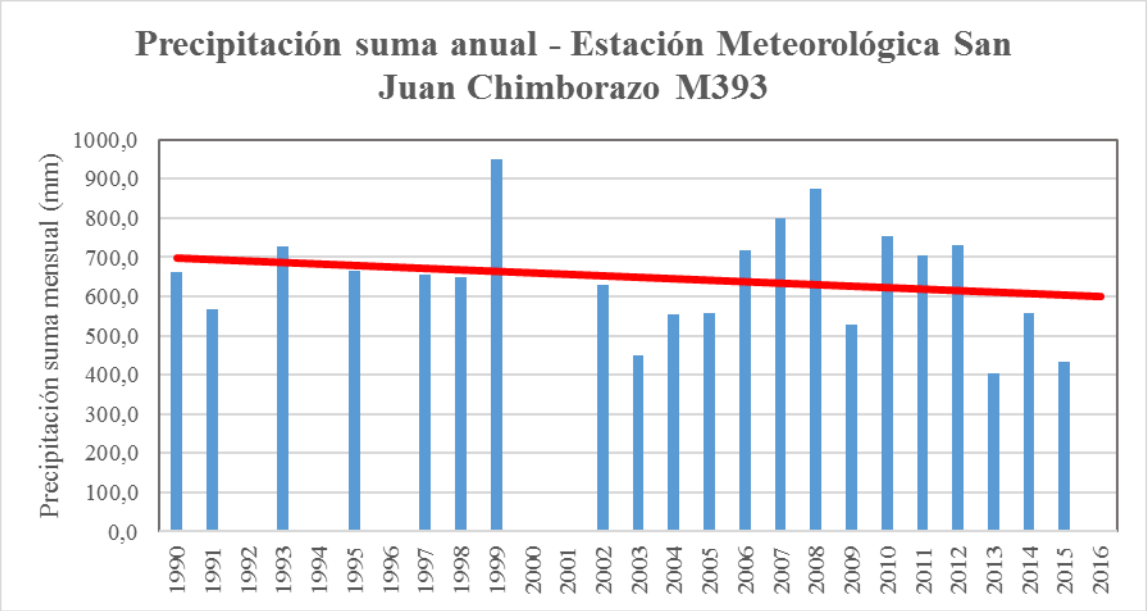


Gráfico N°14: Precipitación suma anual 1990-2015. Estación: San Juan Chimborazo.
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta

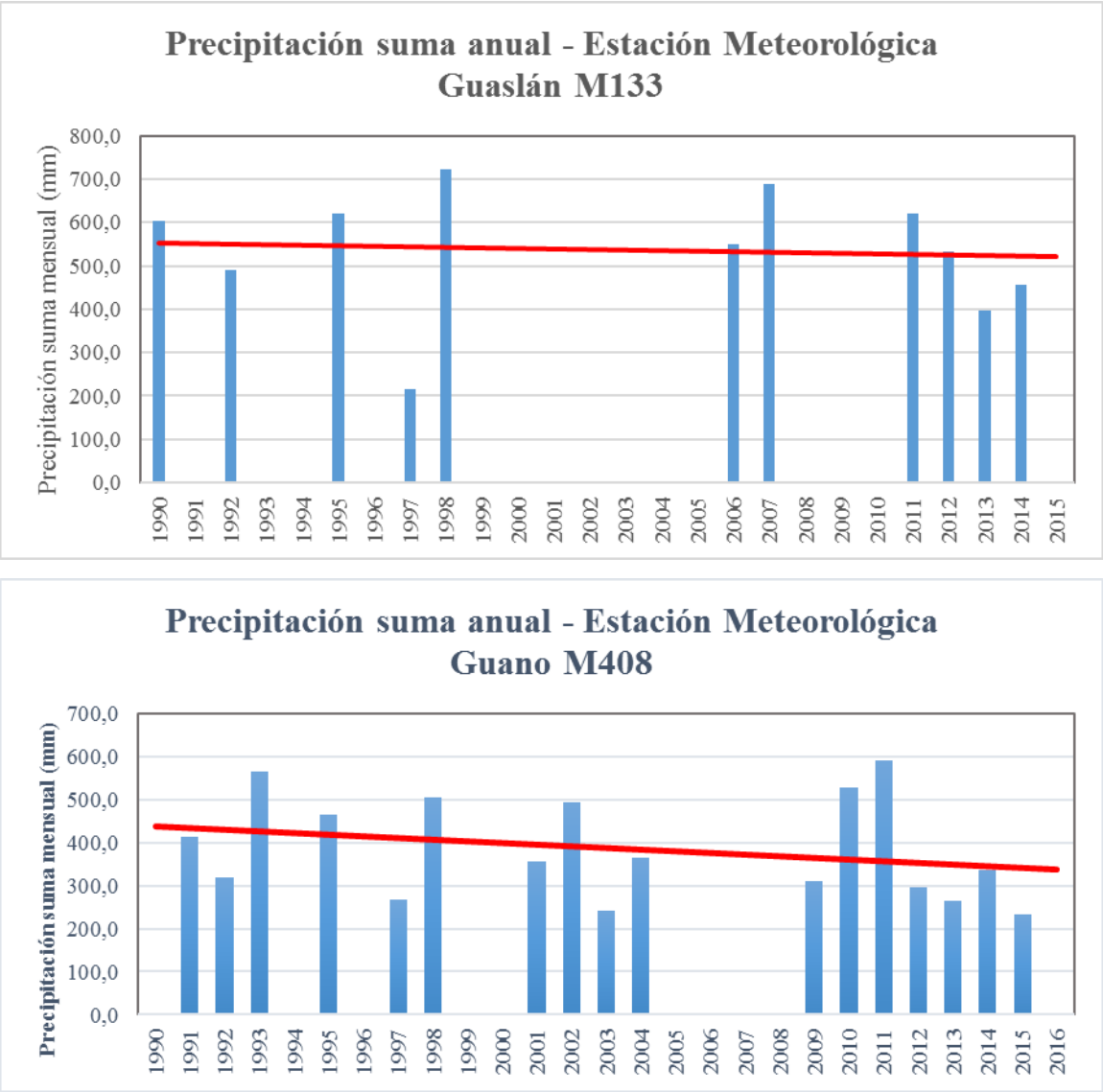
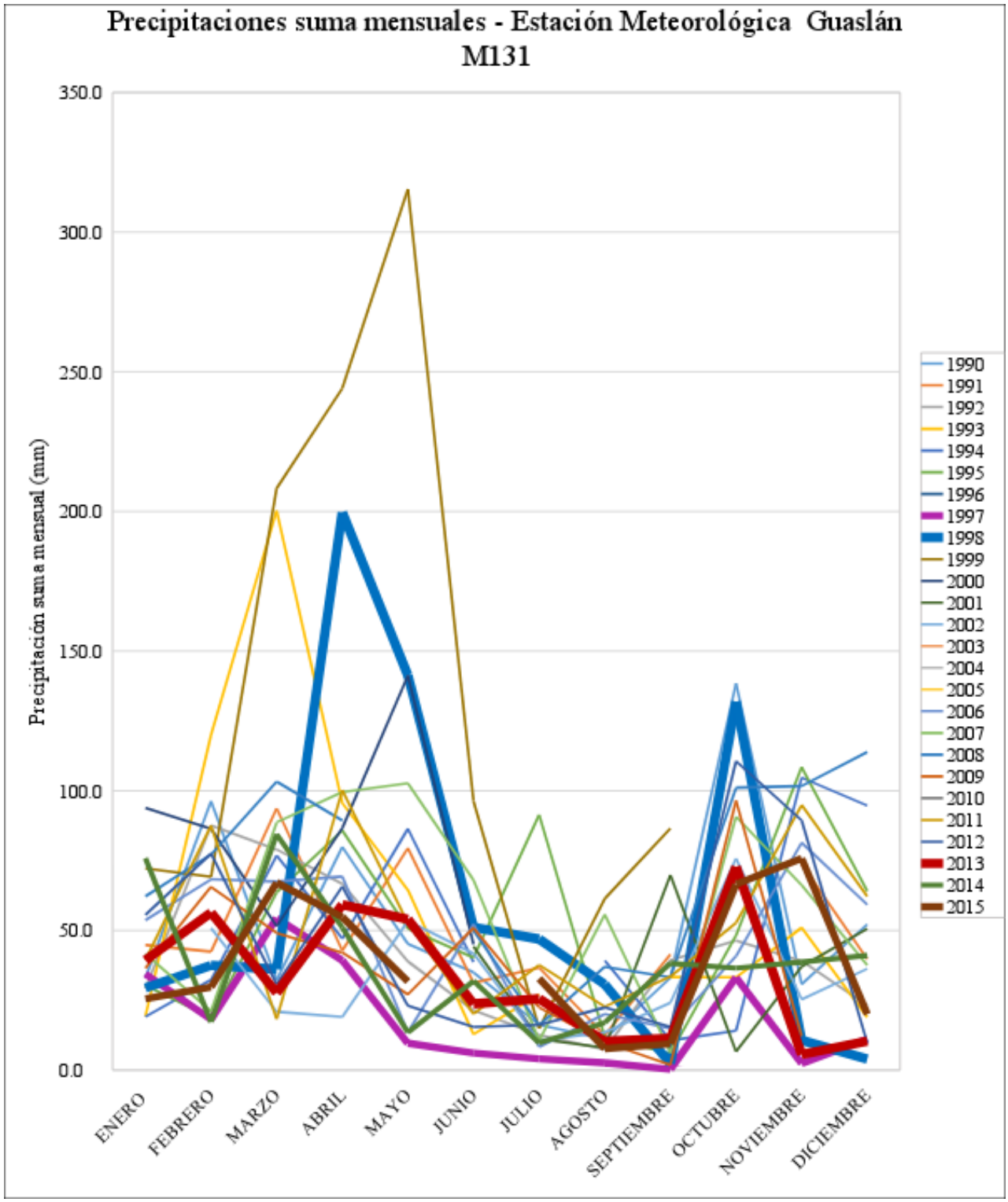


Gráfico N°15: Precipitación suma anual 1990-2015. Estaciones M. Guaslán y Guano.
Fuente: INAMHI, 2016 **Elaborado por:** Diego Moreta

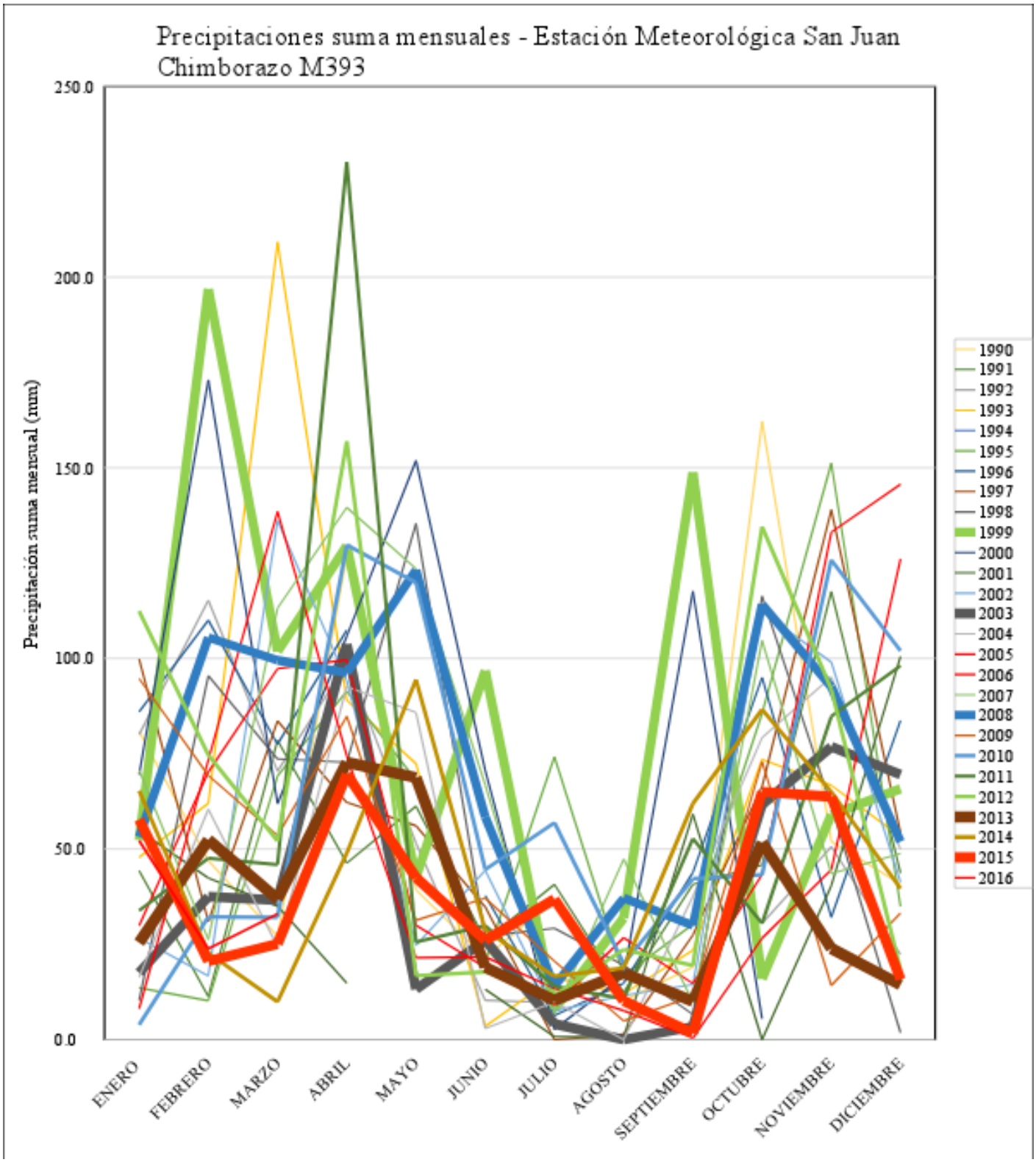
En base a los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas se descarta la influencia de precipitaciones excesivas, como factores desencadenantes de los *lahares secundarios* en el mes de diciembre de 2015. Al no existir datos de precipitación diaria no se puede hacer la misma afirmación con respecto a los flujos ocurridos en el transcurso del 2016 y 2017.

En los siguientes gráficos, se muestra la variabilidad de la precipitación suma mensual, en el periodo 1990-2015:



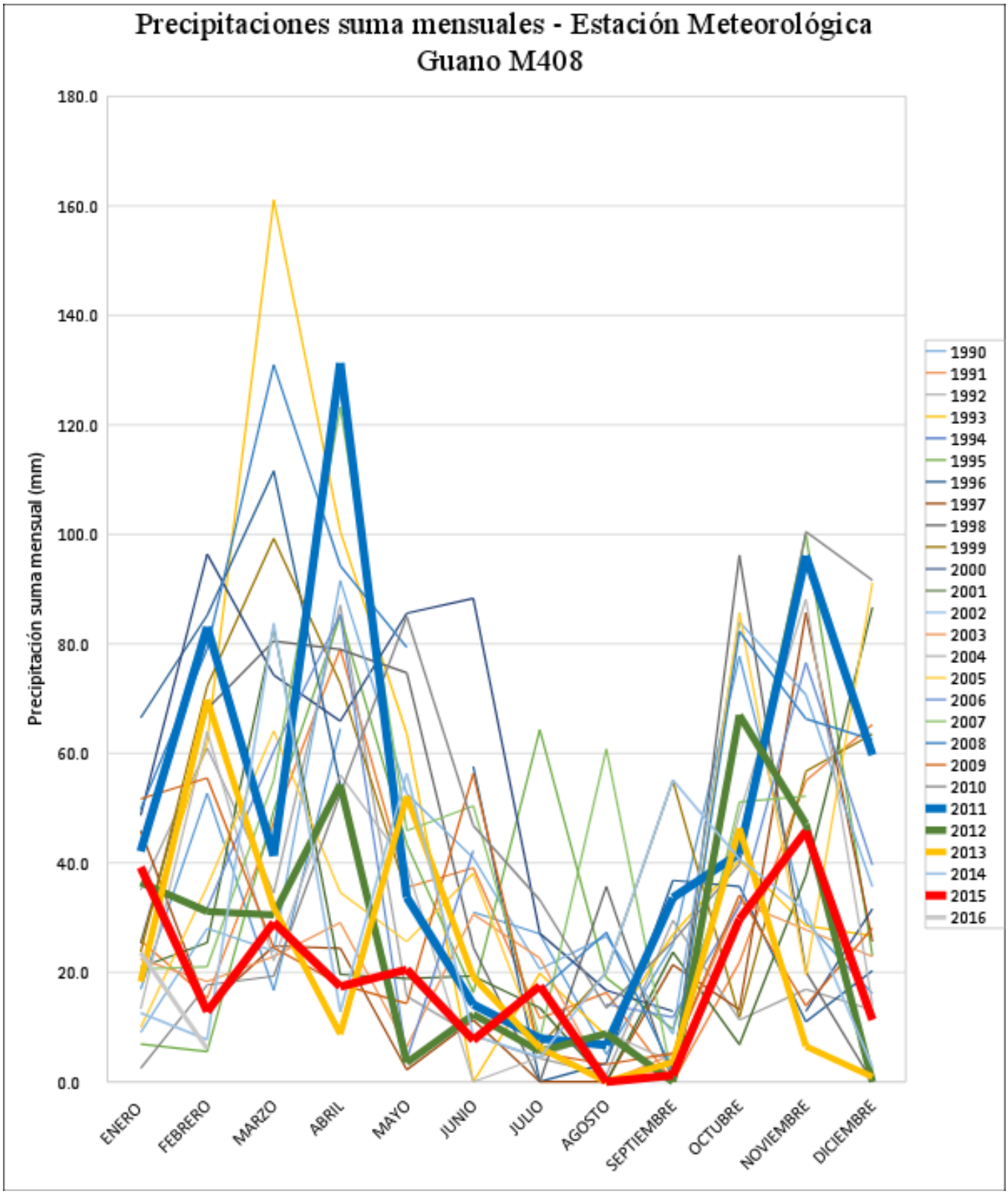
IV X

Gráfico N°16: Precipitaciones suma mensuales - Estación Meteorológica Guaslán M133
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta



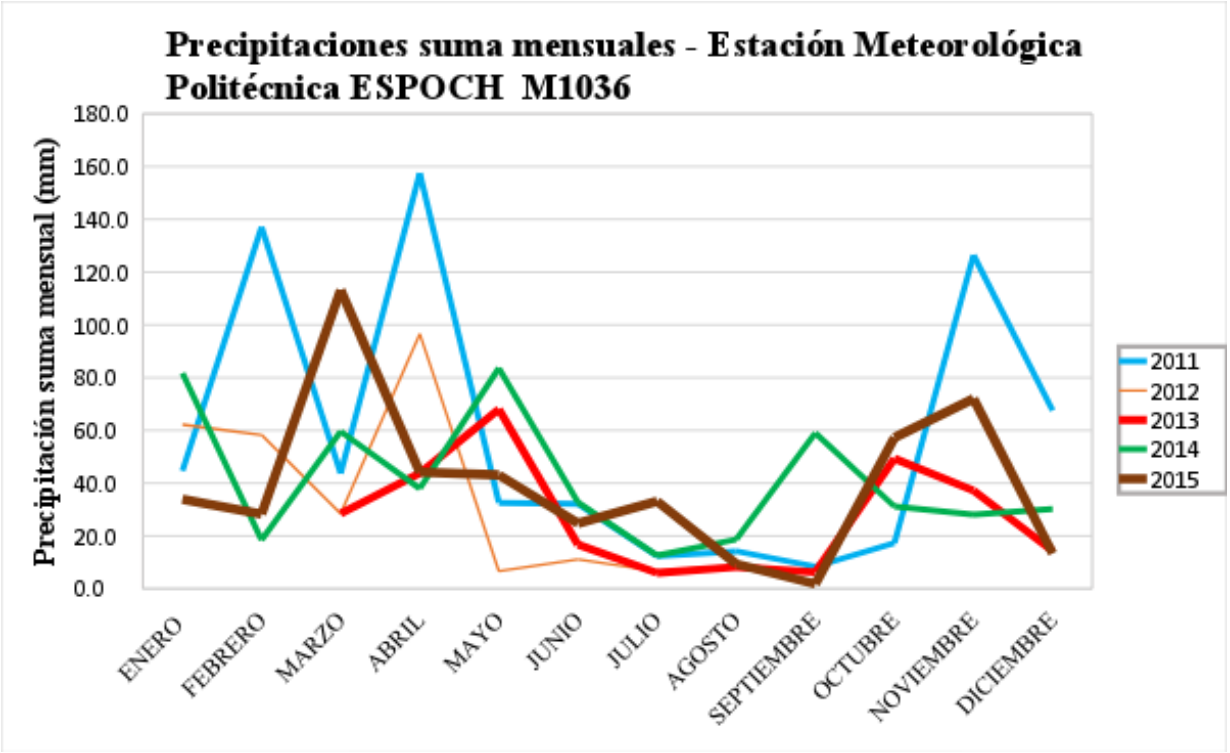
II **VI** **X** **XI**

Gráfico N°17: Precipitaciones suma mensuales - Estación Meteorológica San Juan Chimborazo M393
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta



III **VI** **X** **XI**

Gráfico N°18: Precipitaciones suma mensuales - Estación Meteorológica Guano M408
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta



II **VI** **XI**

Gráfico N°19: Precipitaciones sumas mensuales - Estación Meteorológica Riobamba Politécnica ESPOCH
Fuente: INAMHI, 2016
Elaborado por: Diego Moreta

Los meses donde se han presentado mayores precipitaciones, son: marzo, abril y mayo, con distintos valores en las cuatro estaciones; mientras que los meses más secos son: Julio y septiembre.

El Mapa de Temperatura Media Anual entre los Años 1981 y 2010 (INHAMI, 2013), muestra temperaturas en el rango de 0 – 4 °C sobre la zona de ubicación de los glaciares del volcán Chimborazo. Mientras que el Mapa de Precipitación Media Anual entre los Años 1981 y 2010 (INHAMI, 2013), muestra isoyetas en el rango de 500 – 1000 mm, sobre el volcán Chimborazo (Anexo N°9).

En fin, si el aumento de las temperaturas, las intensificaciones de las precipitaciones y la caída de las cenizas del volcán Tungurahua a partir de su reactivación en el año 1999, pudieron ser las causas o factores desencadenantes de los lahares secundarios registrados; estos tuvieron su impacto en el *glaciar fósil* o *zona de hielo muerto*, de la quebrada Chilquichaca, en la parte frontal del glaciar #13, es en esta formación geológica donde estos lahares secundarios se generaron, ya que: *"este fenómeno (*lahares secundarios) *se produjo por el colapso de una parte de la morrena frontal del glaciar #13 del Chimborazo, debido a una evacuación repentina del agua acumulada en el interior del glaciar o hielo muerto, (lagunas superficiales y/o*

intraglaciares) que se encuentra en la parte frontal del actual glaciar. Esto desencadenó un deslizamiento de grandes proporciones debido a la saturación de agua (humedad) del material que se encontraba en contacto con el hielo, en consonancia con su baja consolidación (morrena) y elevada pendiente topográfica". (Vascones et al., 2016)

3.4 Registro de eventos de *lahares secundarios* (flujos de lodo)

Mediante ortofotografías proporcionadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2009) y una imagen satelital SENTINEL A2, de 10 metros de precisión, con fecha de toma en el 5/Junio/2017, se verifica de manera remota lo expuesto anteriormente por IG-EPN (2016), en cuanto al rompimiento de la parte frontal de la zona de hielo muerto, en la quebrada Chilcachaca, del cantón Guano, a 1km al este del límite del cantón Riobamba. (Gráfico N°20)

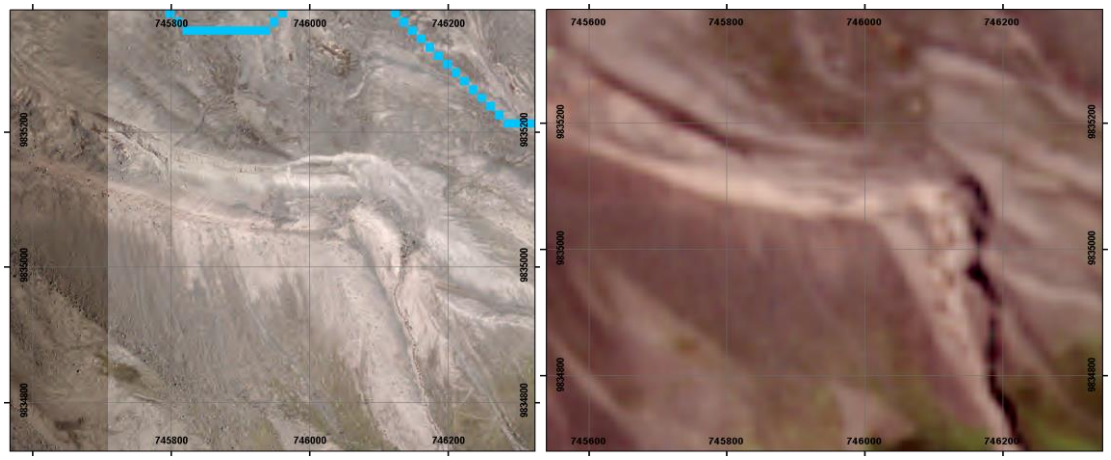


Gráfico N°20: Comparación de la Zona de hielo muerto q. Chilcachaca, cantón Guano
Iz. Glaciar fósil año 2009; **Der**. Glaciar f. destruido en parte frontal año 2017
Fuente: EASA, 2017; (Schilling, 2014); MAGAP (2009)
Elaborado por: Diego Moreta

Los *glaciares fósiles* o *zonas de hielo muerto* se encuentran alrededor de todo el edificio del volcán. Mediante la identificación de estas estructuras en ortofotografías y con la referencia del Mapa Geológico del volcán, realizado por Barba. (2006), se han identificado cuatro *glaciares fósiles*, dentro del territorio del cantón Riobamba, en la parte alta del volcán Chimborazo (Gráfico N°21), exactamente en las quebradas: Machay, Yanayacu y Cóndor Palta. Estas estructuras identificadas podrían generar flujos laháricos en el cantón Riobamba, así como lo han hecho en el cantón Guano, debido a que se alimentan del agua proveniente de los deshielos del glaciar y procedente de las precipitaciones, el agua puede saturar el material poco consolidado de estas estructuras, haciendo que se derrumben por la fuerte topografía del volcán, repitiendo lo ocurrido en el cantón Guano.

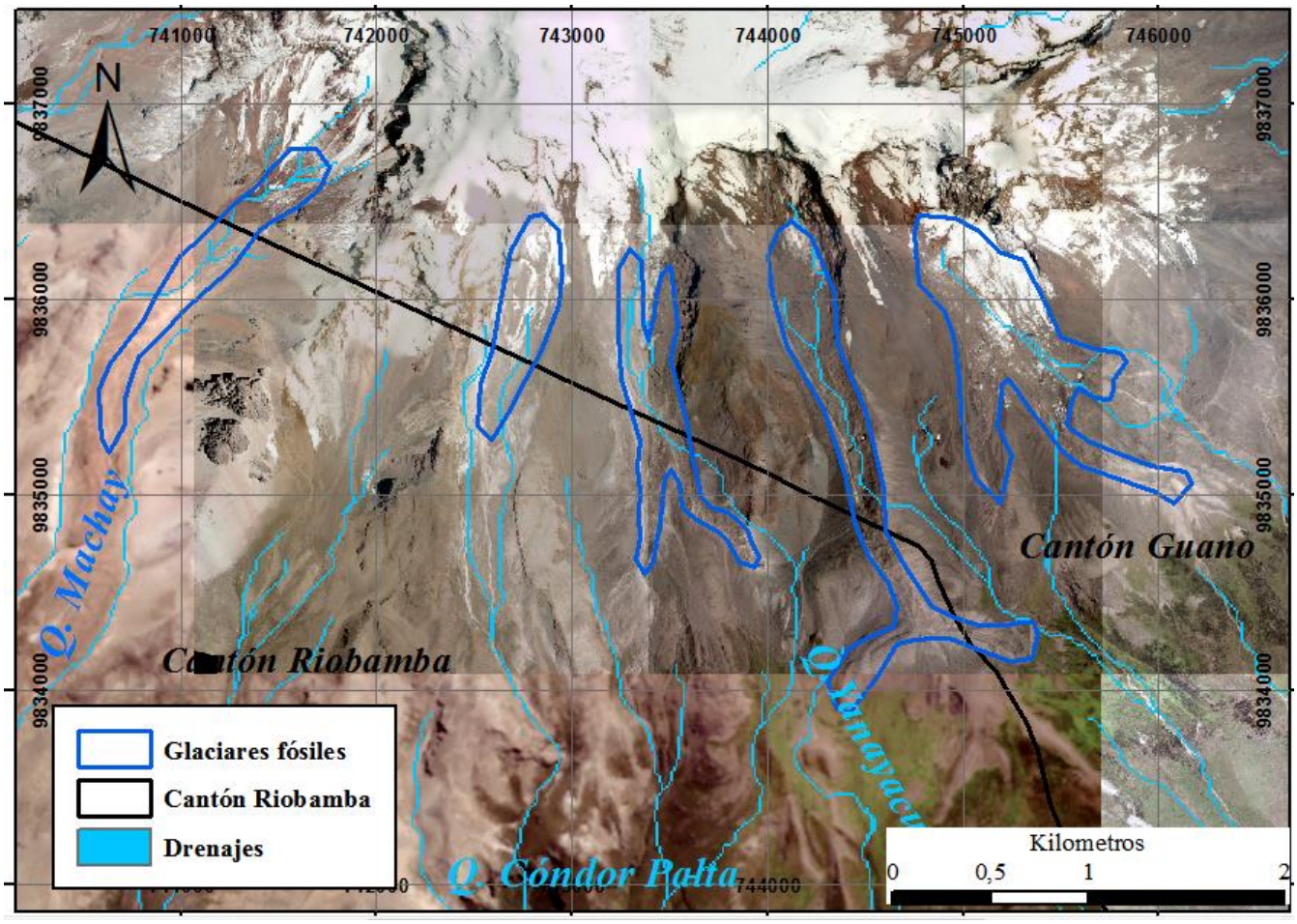


Gráfico N°21: Glaciares fósiles dentro de los límites del cantón Riobamba.
Fuente: Barba, D (2006), Ortofotografía (SIGTIERRAS, 2009), Sentinel 2A (2017)
Elaborado por: Diego Moreta

Por lo expuesto, estos glaciares fósiles también son vulnerable a colapsar después de un sismo en las cercanías del volcán, siendo esta una posibilidad ante la amenaza sísmica del lugar.

En los glaciares fósiles identificados anteriormente se han detectado pequeñas lagunas dentro del glaciar, las cuales podrían liberar el agua contenida de manera súbita. La presencia de estas lagunas se ha podido evidenciar remotamente, en imágenes satelitales y ortofotos. (Gráfico N°22)

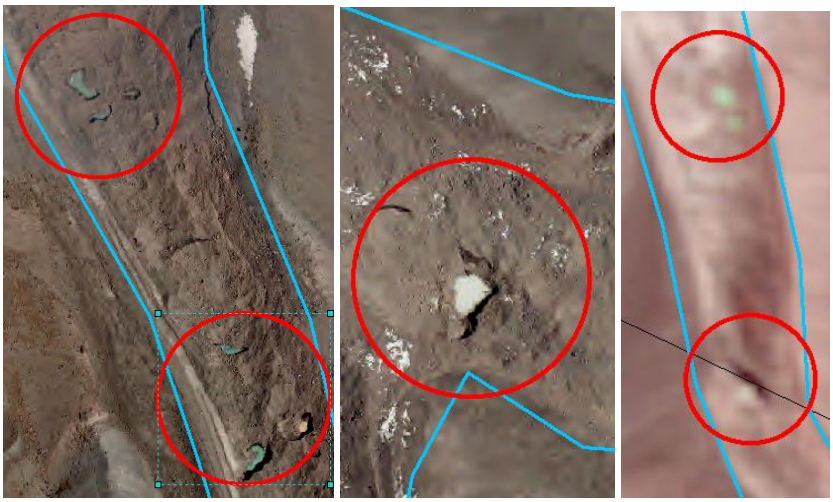


Gráfico N°22: Lagunas formadas sobre glaciar fósil en cantón Riobamba
Fuente: Ortofotografía (SIGTIERRAS, 2009), Sentinel 2A (2017)
Elaborado por: Diego Moreta

3.5 Monitoreo Instrumental- Instituto Geofísico EPN

El área de Vulcanología del IG-EPN realiza trabajos de monitoreo en volcanes activos y potencialmente activos del Ecuador, a través de la Red de Observatorios Vulcanológicos (ROVIG), la cual, cuenta con trece observatorios catalogados en tres niveles de vigilancia. Para el volcán Chimborazo, considerado como "Potencialmente activo", existe un observatorio con "nivel de vigilancia 2", el cual cuenta con monitoreo de sismicidad a través de 3 estaciones sísmicas de banda ancha, vigilancia de deformación de flancos, a través de inclinometría, distanciómetro electrónico y una estación GPS (Gráfico N°23) además de monitoreo ocasional de cambios geoquímicos, sobrevuelos y toma de imágenes con cámaras térmicas. El volcán Chimborazo no cuenta con monitoreo de flujos de lodo y/o lahares. (IG-EPN,2017)

FECHA DEL EVENTO	LUGAR DE AFECTACIÓN	VOLUMEN	DAÑOS	FUENTE
1/diciembre/2015	Flanco: Sureste Quebrada Yambo Rumi.Cantón Guano	611000 m³	Vías de comunicación, infraestructuras, poliducto PetroEcuador, red ferroviaria, daños en tuberías de agua.	Vascones et al., 2016
6/diciembre/2015	Flanco: Sureste Quebrada Yambo Rumi.Cantón Guano	305000 m³	Infraestructuras, vías de comunicación	Vascones et al., 2016
Diciembre/2015	Flanco: Suroeste Algunos eventos fueron reconocidos en la parte alta de la reserva de producción Faunística Chimborazo	-	Ninguno	IG-EPN, 2016
9/Marzo/2016	Flanco: Sureste Quebrada Yambo Rumi.Cantón Guano	408000 m³	Vías de comunicación cerradas	Vascones et al., 2016
29/abril/2016	Flanco: Sureste. Quebrada Yambo Rumi. Comuna de Santa Lucia de Chuquipogyo. Parroquia de San Andrés.Cantón Guano	713000 m³	Infraestructuras, áreas de cultivo y ganadería, vías de comunicación, un tramo de la vía del tren de Hielo y el tramo 146,5 del poliducto de PetroEcuador, daños en tuberías de agua.	Vascones et al., 2016
18/Mayo/2016	Flanco: Sureste Quebrada Yambo Rumi.Cantón Guano	-	Daños en cultivos	Andes, 2016
19/agosto/2016	Flanco: Sureste Quebrada Yambo Rumi.Cantón Guano	-	Vías de comunicación, red vial del ferrocarril	El comercio. (2016). 19/agosto/2016
11/enero/2017	Flanco: Sureste Quebrada Yambo Rumi.Cantón Guano	-	Vías de comunicación, red vial del ferrocarril	El Noticiero. (2017). 11/enero/2017
1/marzo/2017	Flanco: Sureste Quebrada Yambo Rumi.Cantón Guano	-	Infraestructuras, áreas de cultivo.	Ecuadorinmediato.com . (2017). 1/marzo/2017
21/marzo/2017	Flanco: Sureste Quebrada Yambo Rumi.Cantón Guano	-	Infraestructuras, áreas de cultivo, pérdida de vehículo.	Vascones et al., 2016

Tabla N°14: Registro de eventos de flujo de lodo mediante fuentes bibliográficas
Fuente: Varios **Elaborado por**: Diego Moreta

Las estaciones sísmicas, muestran movimientos sísmicos bajo el volcán, lo cual podría estar relacionado con el movimiento de fluidos al interior del volcán (Barba, 2006). Durante el periodo desde enero-2015 hasta mayo-2016, la actividad sísmica, no ha presentado cambios significativos en el conteo sísmico, se han dado entre 1 – 3 eventos sísmicos por día (Vascones et al., 2016)

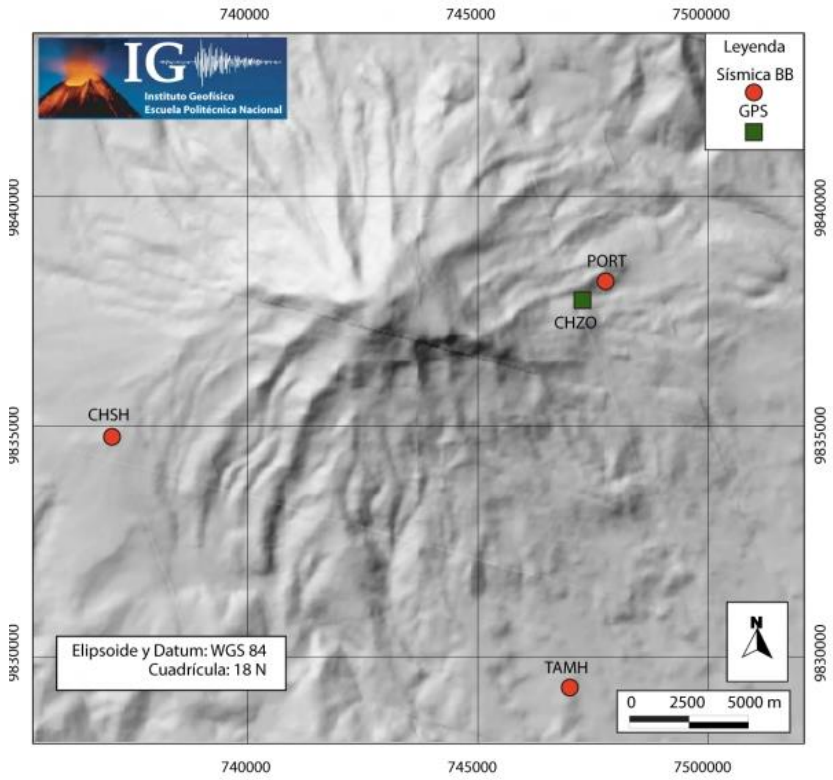


Gráfico N°23: Red de monitoreo instrumental volcán Chimborazo
Fuente: IG-EPN ,2017

Como parte de las actividades emprendidas por el IG-EPN, luego de ocurridos los primeros *lahares secundarios* en el cantón Guano. Se efectuó un sobrevuelo sobre el volcán Chimborazo con el objetivo de identificar las posibles causas y las áreas potenciales donde se generarían flujos de lodo y escombros, además se realizó el monitoreo del volcán mediante una cámara térmica. Las imágenes obtenidas mostraron que no existen anomalías termales en el edificio que indiquen actividad volcánica, por lo tanto, los *lahares secundarios* presentados desde diciembre del 2015 no estarían relacionados con actividad volcánica del Chimborazo (Vascones et al., 2016).

3.6 Elaboración de Mapa de Amenazas por Lahares y Flujos de Lodo del Volcán Chimborazo por proceso digital SIG y construcción de escenarios potenciales

El mapeo de la amenaza está realizado por un proceso digital, a través de un Sistema de Información Geográfica y la construcción de los escenarios con el soporte de la información bibliográfica existente.

3.6.1 Mapeo de la amenaza de lahares secundarios

3.6.1.1 Evaluación del Mapa de Peligros del Volcán Chimborazo (Beate et al., 1990)

Este Mapa publicado el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional constituye el primer documento cartográfico en el que se delimitan las áreas de los peligros asociados al volcán Chimborazo, incluyendo áreas de peligro ante potenciales lahares. (Beate et al., 1990)

El Mapa de Beate es tomado como referencia para comenzar con la delimitación de áreas amenazadas por lahares, ya que consta de dos zonificaciones ante lahares: 1) *Zona de peligros proximales*: corresponde a un área cercana al volcán, que puede ser afectada por lahares y otros fenómenos volcánicos, se encuentra sobre todos los flancos del edificio del volcán, y 2) *zona de peligros distales:* corresponde a las áreas fuera de los flancos del volcán, donde los lahares podrían recorrer el fondo de quebradas.

Para el cantón Riobamba, estos flujos se desplazarán por el cauce del río Chibunga.

La *zona de peligros distales* cuenta con límites ajustados a dos distintos escenarios: Un *escenario de mayor peligro*, el cual representa un área de afectación que supone una inundación que alcance hasta 80 metros sobre el fondo del cauce, y un *escenario de menor peligro*, el cual representa un área de afectación con una inundación supuesta de hasta 120 metros sobre el fondo del cauce. Actualmente estos escenarios son muy poco posibles, debido a la disminución del casquete glaciar del volcán (Cáceres, 2009) y al bajo índice de explosividad del volcán en su actividad eruptiva más reciente (Barba et al., 2008)

3.6.1.2 Reconstrucción y actualización del Mapa de Peligros del Volcán Chimborazo

Se ha tenido que realizar este proceso para poder usufructuar el Mapa de Peligros del Volcán Chimborazo (Beate et al., 1990), debido a que la base cartográfica con la que fue elaborado es distinta a la existente en la actualidad. Este proceso constó de tres partes:

1. Digitalización del Mapa de Peligros del Volcán Chimborazo: El documento de carácter público, de formato físico, fue digitalizado para poder usarlo sobre el software SIG. El resultado del proceso se encuentra en el Anexo N°9.

2. Reconstrucción de las áreas de amenaza por lahares: Para esta parte se tomó en cuenta únicamente los escenarios de *peligros distales*, ya que la zona de *peligros proximales* ha sido ya modificada y establecida nuevamente por el IG-EPN.

Para este proceso se utilizó un Modelo Digital de Elevación (DEM) Alos Palsar (Advanced Land Observation Satellite and the Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) creado a partir de imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) y con una precisión de 12.5 metros.

Siguiendo las especificaciones de Beate, (1990), se estima un *escenario de mayor peligro*, donde la inundación sería de hasta 80 metros sobre el cauce del río y un *escenario de menor peligro*, donde la inundación sería de hasta 120 metros sobre el cauce.

Sobre el Modelo Digital de Elevación (DEM), se creó una capa raster de *acumulación de flujo*, a través del conjunto de herramientas "Hydrology" del software ARCGIS; este raster: "*calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el raster de salida"* (ESRI, 2017), es decir que crea una capa raster que muestra la red de drenajes que transporta gravitacionalmente los flujos de agua o de lodo en este caso, en el punto con menor altura de la topografía.

A partir del Modelo Digital de Elevación (DEM), se crearon curvas de nivel cada diez metros con el fin de poder medir la altura del terreno sobre el cauce del río.

La capa raster de *acumulación de flujo* fue usada para identificar los cauces de ríos y quebradas. Al usar las curvas de nivel cada 10 metros juntamente con el raster de *acumulación de flujo* se pudo determinar las áreas que podrían ser inundadas con alturas de hasta 80 y 120 metros respecto del cauce del río, respectivamente. Las áreas fueron dibujadas en el software ARCGIS y fueron trazadas mediante visualización. El resultado de esta parte del proceso se encuentra en el Anexo N°10 (Gráfico N °24).

Los perfiles topográficos muestran que la extensión de los escenarios de inundación dibujadas (80 m y 120 m) va acorde con la estimación realizada por Beate, (1990). Los perfiles transversales fueron tomados en la Quebrada Cóndor Palta, a 10 km al Sur de la cubre del volcán (Gráfico N°25). En este lugar en valle glaciar es encañonado, tiene una profundidad superior a los 150 metros y los flancos del valle tienen fuertes

pendientes de entre 30° y 35 ° de inclinación, esto va acorde a lo mencionado en el mapa de Beate et al. (1990).

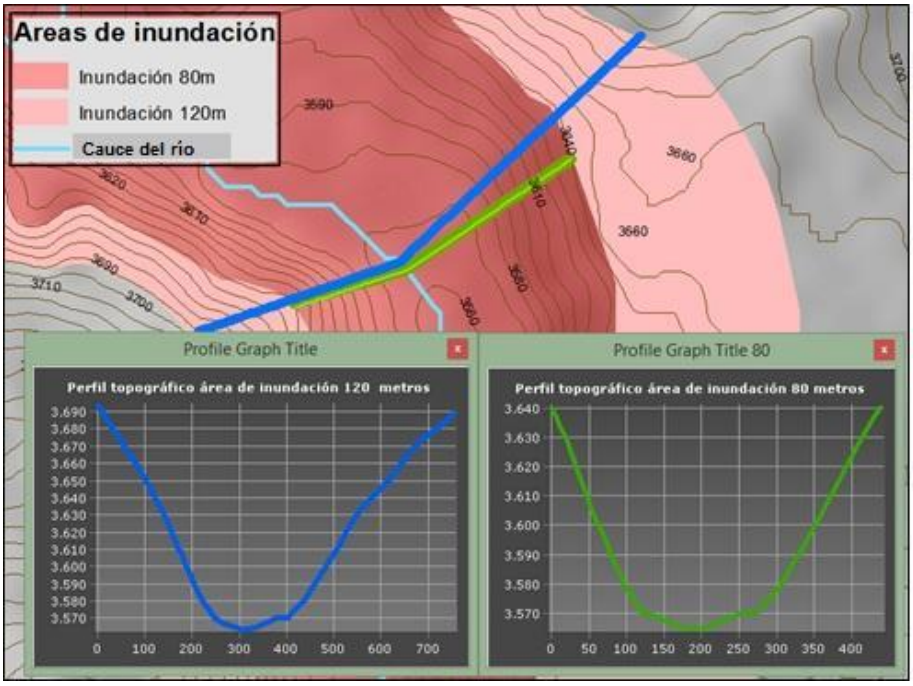


Gráfico N°24: Perfiles topográficos en áreas de inundación, según Beate et al., 1990
Fuente: DEM Alos Palsar
Elaborado por: Diego Moreta

3.- Actualización del Mapa de Peligros del Volcán Chimborazo: Una vez reconstruidas las áreas de inundación por potenciales lahares *en zonas de peligros distales*, esta cobertura fue unida a la *zona de peligros proximales*, la cual ha sido identificada por el instituto Geofísico de la EPN.

El resultado de este proceso es el Mapa de Peligros Actualizado del Volcán Chimborazo. (Anexo N°11)

Aunque el Mapa de Peligros de Beate et al., (1990), esté enfocado en el mapeo de *lahares ardientes (primarios),* es necesario que se lo tome en cuenta para poder realizar el mapeo de *lahares secundarios* y generar escenarios más específicos y de mayor posibilidad de ocurrencia.

3.6.1.3 Comparación de resultados

Al momento de comparar los resultados se han encontrado diferencias entre los dos mapas, las cuales se describen a continuación:

1) Áreas de peligros proximales: El Mapa de Beate et al., (1990); presenta dos áreas de peligros proximales: el *área de mayor peligro* cubre 96 km² en el cantón, incluye a gran parte del territorio de la parroquia rural San Juan, hasta una cota aproximada de 3500 *msnm*, su posibilidad de ocurrencia es catalogada de "Alta", y el *área de menor peligro,*

cubre 127 km² en el cantón con influencia a las parroquias de San Juan y Calpi, hasta una cota aproximada de 3800 *msnm*, su posibilidad de ocurrencia es catalogada de "Baja". Si bien han existido erupciones explosivas recientes en el volcán, estas han tenido un Índice de explosividad bajo (Barba et al., 2008), por lo tanto, los fenómenos volcánicos proximales, se restringen a los flancos del volcán y no se presentan en áreas más distales.

El Mapa actualizado muestra un área más reducida que la propuesta por Beate et al., (1990), y ha sido trazada de acuerdo con un reconocimiento geológico de los eventos eruptivos (IG-EPN, 2017). Cubre un área de km² en el cantón, con influencia a la parroquia San Juan hasta una cota de 3500 *msnm* (Anexo N°10).

2) Áreas de peligros distales: Respecto a la actualización del Mapa de Peligros, no se encontraron mayores diferencias, ya que ambos mapas muestran una extensión horizontal, tomando en cuenta el cauce del río y áreas potencialmente inundadas. La cabecera cantonal, dos cabeceras parroquiales (San Juan y Calpi) y decenas de poblaciones en las partes bajas del valle del río Chibunga aparecen como potencialmente amenazadas (Anexo N°10). Es muy poco posible que estos escenarios se presenten, debido a que esto involucraría grandes volúmenes de agua y material detrítico. Este escenario respondería a una erupción muy explosiva o a colapsos gravitacionales del edificio. Si bien estos fenómenos han ocurrido en épocas antiguas (Pleistoceno superior) (Samaniego et al., 2006), han sido muy poco recurrentes en el volcán, sin embargo, se los ha considerado como referencia para esta interpretación.

3.6.2 Construcción de escenarios potenciales

3.6.2.1. Estimaciones de volúmenes de flujos de lodo y lahares

Una vez elaborado el Mapa Actualizado de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo que hace referencia a los lahares provocados por actividad volcánica, se realiza por separado el mapeo de áreas potencialmente amenazadas por lahares secundarios (flujos de lodo). Este mapa fue creado por medio de simulaciones de la herramienta LAHAR-Z.

LAHAR-Z es un modelo matemático-estadístico semi-empírico específico para el mapeo de potenciales lahares, desarrollado por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) como una herramienta (toolbox) de ARCGIS (Shilling, 2014). Utiliza como parámetros de entrada un modelo digital de terreno, unas coordenadas de inicio del flujo y un volumen total del lahar. Este modelo ha sido ampliamente utilizado en el mapeo de amenaza por lahares, se lo ha aplicado en la identificación de amenazas en volcanes del Ecuador, tales como: Cotopaxi, Cayambe,

Tunguhagua, Reventador y en otros lugares del mundo, produciendo resultados favorables en el mapeo de amenazas.

Para este procedimiento se utiliza un Modelo digital de Elevación (DEM) de 12, 5 metros de resolución (el de mayor precisión hasta el momento), ya que mientras más preciso sea el DEM, mayor es la calidad del producto.

El volcán Chimborazo posee un volumen de 2 km³ de glaciar (Beate et al., 1990). Este glaciar ha sufrido una dramática reducción y aunque su extensión y volumen han disminuido rápidamente desde los años 60 (Cáceres, 2006), el glaciar podría contener cientos de millones de m³ de agua almacenada en el casquete.

Los volúmenes elegidos para realizar las simulaciones con la herramienta LAHAR-Z, fueron estimados en base a la bibliografía existente. Dos han sido los momentos en la historia geológica del volcán, en la que la ocurrencia de lahares tanto; ardientes como secundarios, han dejado depósitos que han permitido estimar volúmenes. Los *lahares ardientes* con volúmenes de entre 7 y 8 millones de m³ (Barba et al., 2008) y los flujos de lodo ocurridos entre 2015 y 2017, con volúmenes de entre 300000 a 700000 m³. (Vascones et al., 2016). Cabe mencionar que se han encontrado depósitos de lahares más grandes y distales, pero demuestran ser antiguos por su posición estratigráfica y podrían estar relacionados con las fases eruptivas del Pleistoceno Superior cuando la actividad volcánica fue voluminosa y muy explosiva. Estos depósitos no tienen un volumen estimado (Barba, 2006).

Se propusieron cuatro volúmenes de potenciales lahares (Tabla N°15). Los volúmenes estimados por otros investigadores han servido como referencia para proponer volúmenes en este estudio.

Lahar	Tipo	Edad /Fecha	volumen estimado m³	Volumen propuesto m³
Lahar rojo 1	ardiente	10000- 5000 A.P.	8 000 000	**10 000 000**
Lahar rojo 2		10000- 5000 A.P.	7 000 000	
Lahar sec. 4	secundario	29/abril/2016	713 000	**1 000 000**
Lahar sec. 1		1/dic/2015	611 000	**500 000**
Lahar sec. 3		9/mar/2016	408 000	
Lahar sec. 2		6/dic/2015	305 000	**100 000**

Tabla N°15: Volúmenes de lahar propuestos para la simulación en la herramienta Lahar-Z
Elaborado por: Diego Moreta, 2017

Los volúmenes estimados para potenciales lahares secundarios (flujos de lodo) están en el orden de entre los 100 000 m³ a los 1 000 000 m³. Mientras que, un hipotético lahar ardiente o un lahar secundario muy grande, será estimado con volumen de 10 000 000 m³. (Tabla N°15)

3.6.2.2 Proceso de simulaciones con LAHAR-Z

La herramienta consta de algunos pasos, los cuales se detallan a continuación.

1.- *Create Surface Hydrology Rasters:* A base del DEM, crea la red de drenaje que será posteriormente utilizada para la simulación de lahares (Schilling, 2014) (Gráfico N°25).

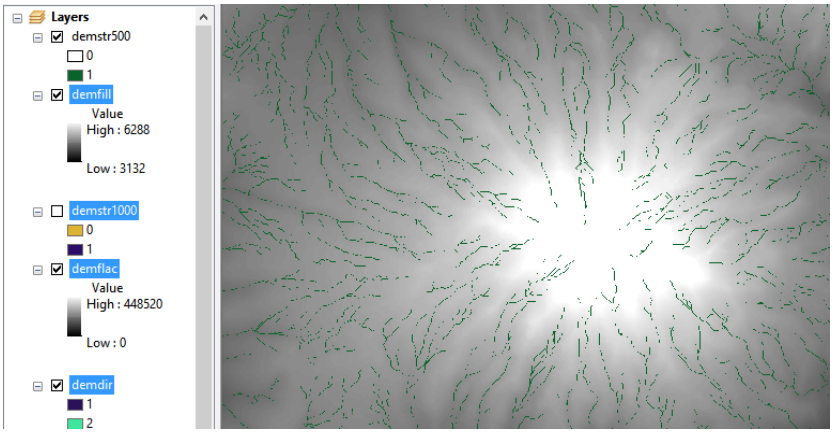


Gráfico N°25: Productos de la herramienta *Create Surface Hydrology Rasters*
Elaborado por: Diego Moreta, 2017

2.- La herramienta "*Proximal Hazard Zone Boundary":* Específicamente delimita el "cono de energía" y representa el área de *peligros proximales*, donde lahares, flujos piroclásticos, etc. pueden darse. (Schilling, 2014).

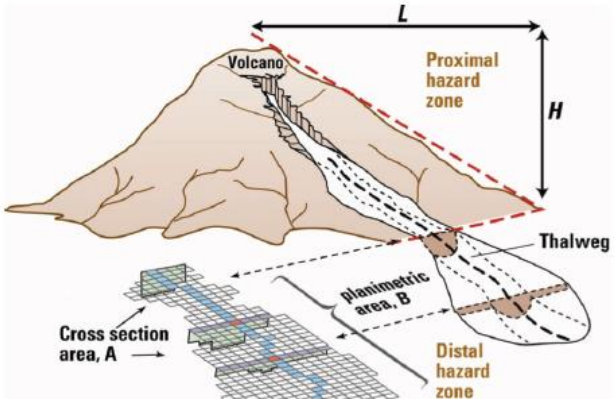


Gráfico N°26: Concepto de cono de energía (H/L)
Fuente: Schilling, 2014

3.- *"Lahar Distal Zone":* Es la herramienta que delimita las áreas de inundación distales de potenciales lahares, en base a la red de drenaje, las coordenadas de inicio del flujo y un volumen establecido. Los puntos de partida han sido ubicados en diferentes drenajes en el sur del volcán, estos drenajes son lo que alimentan el río Chibunga. Los puntos ubicados sobre los drenajes, con sus respectivas coordenadas son mostrados en el Gráfico N°27.

Estos puntos de partida de los flujos han sido ubicados en quebradas que han sido seleccionadas en función de que: 1) han sido escenarios donde ocurrieron los *Lahares Rojos* (Q. Río Yanahusha y Q.Chacaca) (Gráfico N°28), y 2) poseen glaciares fósiles en sus partes altas (Q. Machay Q. Cóndor Palta, Q. Yanayacu) (Gráfico N°28).

Estas quebradas nacen en glaciares fósiles o en morrenas del periodo Neoglaciar, situados en partes altas y escarpadas del volcán, sobre los 5000 *msnm* (Barba, 2006) (Gráfico N°27). El Gráfico N°28, se muestra los puntos de partida de los flujos, en sus respectivas quebradas, sobre el contexto del Mapa Geológico del Volcán Chimborazo creado por Barba (2006).

A través de este proceso se completaron las simulaciones que sirvieron para la creación de Mapa de Amenaza por Lahares y Flujos de Lodo del Volcán Chimborazo (Anexo N°11).

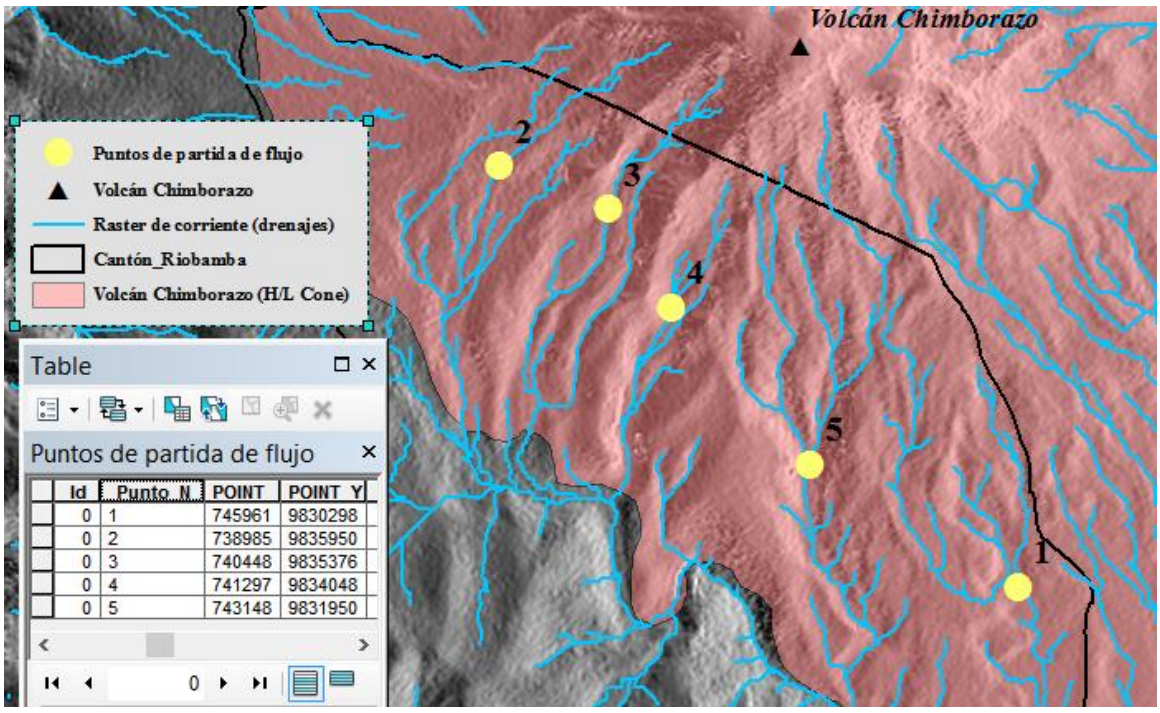
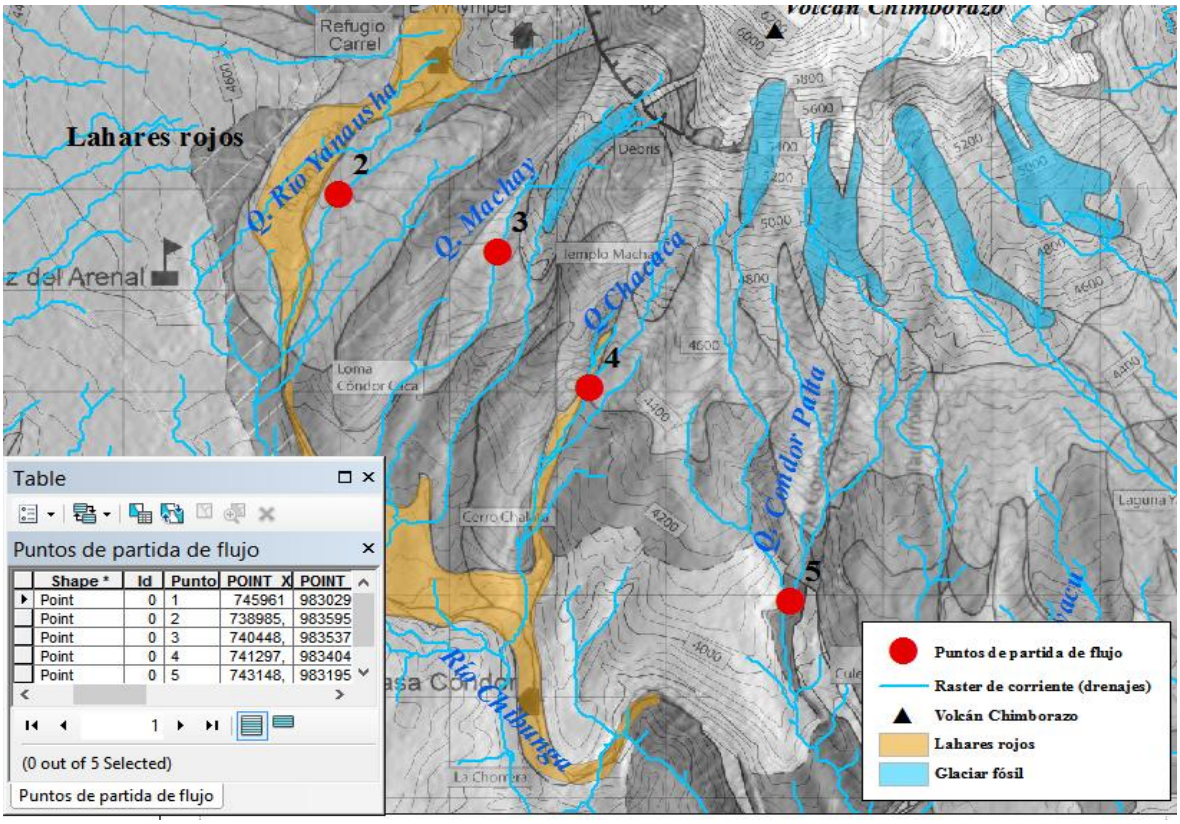


Gráfico N°27: Puntos de partida de los flujos con coordenadas
Fuente: DEM Alos Palsar.
Elaborado por: Diego Moreta



Shape *	Id	Punto	POINT_X	POINT
Point	0	1	745961	983029
Point	0	2	738985,	983595
Point	0	3	740448,	983537
Point	0	4	741297,	983404
Point	0	5	743148,	983195

Gráfico N°28: Puntos de partida de flujos para simulaciones, en sus respectivas quebradas, en el contexto geológico según Barba
Fuente: DEM Alos Palsar; Barba, (2016)
Elaborado por: Diego Moreta

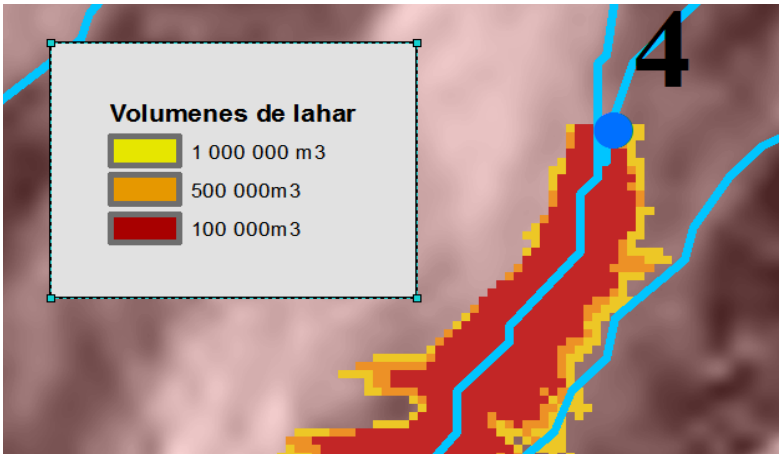


Gráfico N°29: Capa raster de salida simulación de flujos de lahar secundarios
Fuente: DEM Alos Palsar; Schilling (2014)
Elaborado por: Diego Moreta

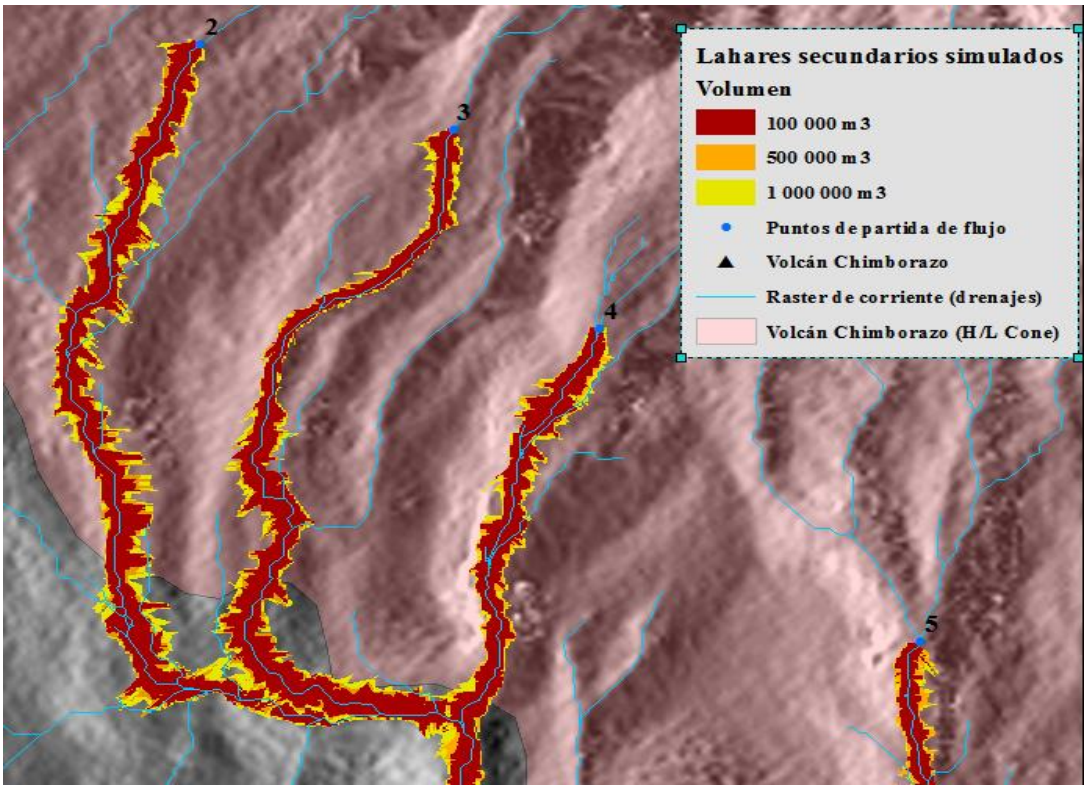


Gráfico N°30: Ejemplo de simulación de flujos de lahares secundarios en formato SHP
Fuente: DEM Alos Palsar; Schilling (2014); IG-EPN (2017)
Elaborado por: Diego Moreta

El Gráfico N°31 muestra los resultados finales de las simulaciones con LAHAR-Z, para el cantón Riobamba. Los volúmenes de entre 100000 m³ y 1 000 000 m³, no muestran gran diferencia en su extensión horizontal, debido a que su avance se da por valles profundos tallados por actividad glaciar.

La diferencia de extensión entre los escenarios se presenta en el avance distal de los flujos. Los flujos originados con un volumen de 100 000 m³ avanzaron unos 10 kilómetros hacia el sur hasta una cota de 3600 *msnm*, por el valle del río Chibunga; mientras que los flujos con un volumen de 1 000 000 m³, avanzaron entre 15 y 20 Km, en la misma dirección, hasta una cota de 3300 *msnm.*

Estos flujos inundarán las quebradas y el valle del río Chibunga, en una extensión lateral de entre 50 metros, en quebradas encañonadas y 500 m, en la planicie de la quebrada Yanayacu. Toda esta potencial amenaza está de los límites de la parroquia San Juan.

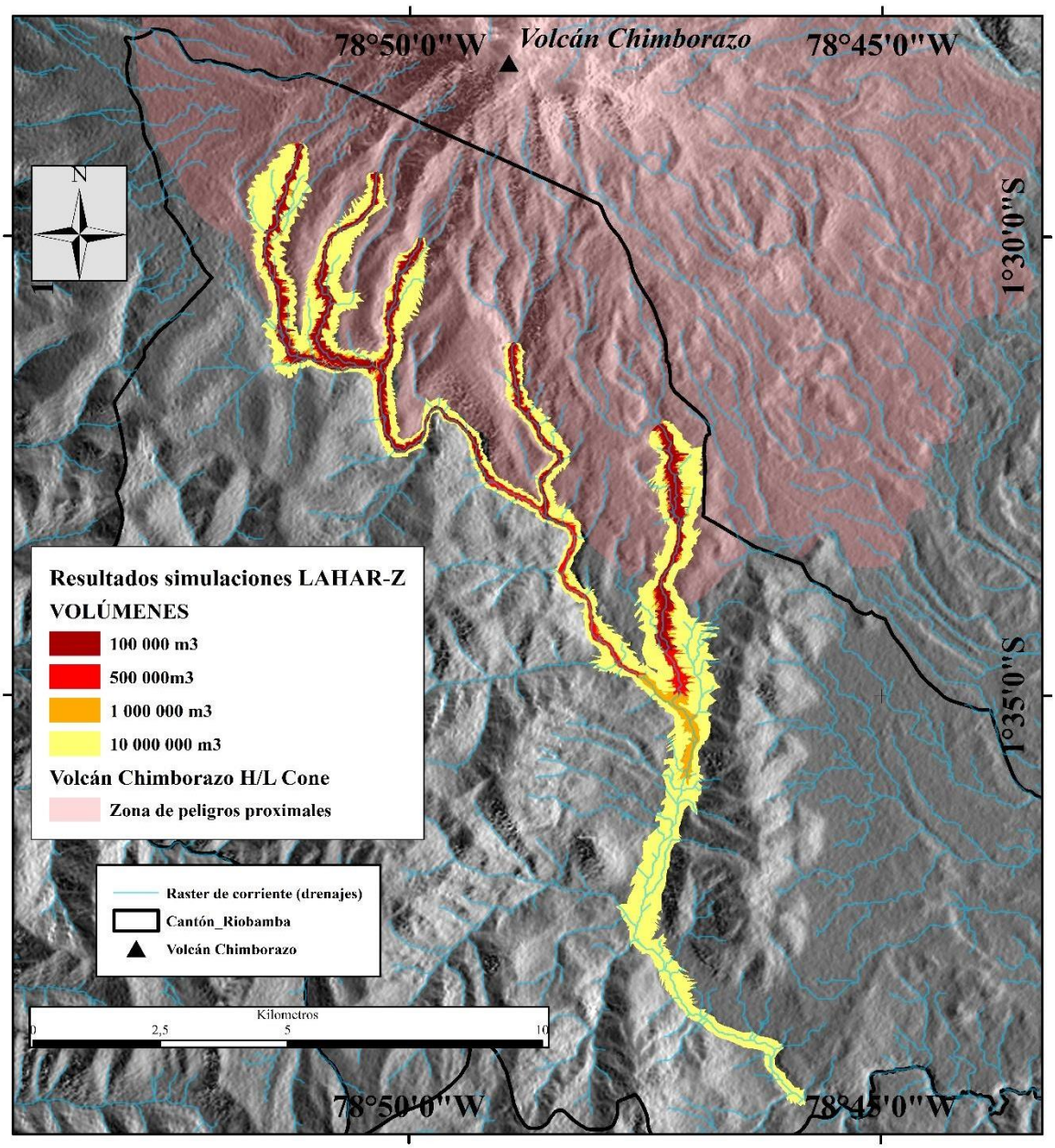


Gráfico N°31: Resultados de simulaciones de lahares en el cantón
Fuente: DEM Alos Palsar; Schilling (2014); IG-EPN (2017)
Elaborado por: Diego Moreta

A partir de las áreas delimitadas por el modelo matemático, se ha considerado la continuación de flujos hiperconcentrados, menos densos en su composición y más fluidos, que transportarían principalmente agua y material de gránulos pequeños, ya que la mayor parte del volumen de los hipotéticos lahares (rocas o gránulos más gruesos), sería depositado en las proximidades del volcán.

El área de afectación de estos últimos flujos ha sido llamada *"área de inundación distal"* y recorrería todo el cauce del río Chibunga por sus partes más bajas, aún después de su desembocadura en el río Chambo y seguiría su avance hasta salir de los límites del cantón, donde

los flujos ya no tendrían afectación por lo encañonado del río Chambo y lo poco habitado del sector.

Se ha previsto que estos flujos puedan alcanzar unos 2 metros de altura sobre el río Chibunga, en las partes planas y 4 metros, en las partes donde el cauce del río sea encañonado. El área fue delimitada, utilizando una cobertura de ríos, extraída desde ortofotografías proporcionadas por SIGTIERRAS, y curvas de nivel cada 2 metros extraído desde el DEM Alos Palsar.

Los flujos en el *"área de inundación distal"* pueden ser ocasionados después de ocurridos los hipotéticos lahares, debido a que el material de los flujos principales tardaría en depositarse y el agua transportada desde el glaciar, seguiría su curso por acción de gravedad. También pueden ser ocasionados por re movilizaciones de material o por fuertes precipitaciones.

Se ha considerado esto debido a que, el estudio hecho por el IG-EPN, acerca de los lahares secundarios del volcán Chimborazo ocurridos en el cantón Guano entre 2015 y 2016, demostró que estos flujos tienen estas características: "*En las zonas altas (proximales al volcán) se identificaron depósitos del tipo flujo granular, rico en materiales gruesos y sedimentos con clastos de tamaños desde milimétricos hasta más de un metro de diámetro. Por otra parte, en las zonas más distales el flujo pierde mucho de su material, volviéndose más acuoso con partículas finas dándole una característica de hiperconcentrado".* (Vascones et al., 2016)

Las infraestructuras (hormigonera Chimborazo, viveros, puentes, casas, etc. y poblados (San Luis, ciudad de Riobamba) situados a pocos metros del cauce, podrían sufrir daños por este hipotético fenómeno. El *área de inundación distal* forma parte del Mapa de Amenaza por Lahares y Flujos de Lodo del Cantón Riobamba. (Anexo N º 12)

El Anexo N°12 muestra la amenaza por lahares del cantón Riobamba, resultante de este proceso cartográfico. En el mismo se ha incluido: los resultados de las simulaciones realizadas con la herramienta LAHAR-Z (lahares secundarios y un lahar primario), el *área de inundación distal (*continuación distal o removilizaciones de lahares secundarios), y escenario de *mayor peligro (*lahar primario), propuesto por Beate et al. (1990).

3.6.3 Escenarios de amenaza por lahares secundarios (flujos de lodo) y por lahares ardientes.

Basado en el conocimiento geológico del volcán (Barba, 2006) (Beate et al., 1990) y el de la cartografía de los lahares recientes del volcán (Vascones et al., 2016), se ha propuesto: tres escenarios de ocurrencia de lahares secundarios y dos de lahares ardientes (primarios).

Pero se hace énfasis en potenciales lahares secundarios, debido a la contingencia de los ya ocurridos entre 2015 y 2017, un kilómetro al este del cantón Riobamba y debido a las similitudes geológicas y climáticas encontradas en el flanco sureste del volcán Chimborazo, en los cantones Guano y Riobamba.

La magnitud de los eventuales lahares secundarios está en función de la cantidad de material acumulado en las partes altas del volcán (glaciares actuales, glaciares fósiles) que esté propenso a colapsar, por gravedad o después de fuertes precipitaciones.

Los lahares secundarios de mayor volumen podrían ser generados por el colapso de la parte frontal de un glaciar fósil (Vascones et al., 2016), ya que estas estructuras poseen un considerable volumen (hasta 100 metros de altura aprox.), mientras que los lahares de menor volumen podrían estar relacionados, con el mismo fenómeno, pero en menor intensidad o con el arrastre de detritos acumulados en quebradas, después de fuertes precipitaciones. Pueden ser generados después de la ocurrencia de sismos en las cercanías del volcán.

Los escenarios de lahares ardientes (primarios), han sido considerados debido a la catalogación del volcán como “Potencialmente Activo” (IG-EPN, 2017) y al registro de continuas erupciones explosivas durante el Holoceno (Barba et al., 2008), y han sido definidos en base a una comparación volumétrica con los *lahares rojos* y en base al Mapa de Peligros realizado por Beate et al., (1990).

2.6.3.1 Escenarios de potenciales lahares secundarios o flujos de lodo

***Escenario 1: Lahar pequeño o flujo de lodo*: ALTA POSIBILIDAD**

Generado por el colapso de la parte frontal de un glaciar fósil o por arrastre de material después de fuertes precipitaciones. Su posibilidad es alta debido a las anomalías de temperatura registradas por el INHAMI, a las fuertes precipitaciones registradas en los últimos años (Vascones et al., 2016), a la presencia de lagunas sobre los glaciares fósiles y a las condiciones geológicas y topográficas del volcán (fuerte inclinación de los flancos). Su depósito podría llegar hasta unos 10 kilómetros hacia el sur del volcán hasta una cota de 3600 *msnm*, por el valle del río Chibunga. Podría afectar una extensión de entre 40 a 180 metros en el ancho del valle del río, con una altura del depósito de hasta 10 metros en las partes más encañonadas y al menos 1 a 2 metros en partes donde el valle del río es ancho. Tendría un volumen total de hasta 100 000 m^3.

***Escenario 2: Lahar mediano:* MEDIANA POSIBILIDAD**

Podría ser generado por el colapso de la parte frontal de un glaciar fósil, afectaría hasta unos 13 kilómetros hacia el sur del volcán hasta una cota de 3500 *msnm*, por el valle río Chibunga. Con una posible afectación de entre 50 a 250 metros en el ancho del valle del río, una altura del depósito de hasta 20 metros en las partes más encañonadas y de hasta 3 metros en partes donde el valle del río es ancho. Tendría un volumen total de hasta 500 000 m^3.

***Escenario 3: Lahar grande:* BAJA POSIBILIDAD**

Escenario generado por un colapso de gran volumen desde la parte frontal de un glaciar fósil o más de uno (caso de la quebrada Cóndor Palta). Este flujo avanzaría hasta unos 20 kilómetros hacia el sur del volcán hasta una cota de 3300 *msnm*, por el valle del río Chibunga, con una posible afectación de entre 60 a 400 metros en el ancho del valle del río, con una altura del depósito de hasta 25 metros en las partes más encañonadas y de al menos 4 metros en partes donde el valle del río es ancho. Tendría un volumen total de hasta 1 000 000 m^3.

Estos tres escenarios de potencial afectación por lahares secundarios o flujos de lodo pueden ser provocados después de fuertes precipitaciones o de la ocurrencia de sismos, por el colapso parcial del edificio del volcán Chimborazo o por el desprendimiento de masas glaciares. Además, pueden ser generados después de presentarse actividad volcánica poco explosiva y poco voluminosa.

2.6.4 Escenarios de potenciales lahares ardientes

Escenario 4: Lahar muy grande: **MUY BAJA POSIBILIDAD**

Escenario generado por el contacto entre flujos piroclásticos y el glaciar durante una erupción de carácter explosivo, desde el cráter del cono actual del volcán (CH-III), la cual tendría un Índice de explosividad bajo, similar a la actividad Holocénica estudiada por Barba et al. (2008). Este escenario ha sido considerado en relación con los *lahares rojos (ardientes),* ocurridos entre los años 10.000 A.P. y 5. 000 A.P. (Barba, 2006). Los depósitos de estos lahares se encuentran principalmente al norte del volcán, pero también pueden presentarse al sur, dentro de los límites del cantón Riobamba. El volumen considerado para este escenario es de 10.000 000 m^3. Tendría una afectación de entre 200 a más de 1. 000 metros en el ancho del valle del río, con una altura del depósito de hasta 50 metros en las partes más encañonadas y al menos 10 metros en partes donde el valle del río es ancho.

Este escenario puede darse debido al colapso parcial del edificio del volcán, como lo ocurrido en la quebrada Río Colorado (Vascones et al., 2008). En el flanco sur del volcán, en la quebrada Yanasacha, se observa un perfil escarpado en el edificio del volcán, que puede corresponder a una superficie dejada por un colapso estructural del edificio, lo cual demostraría la susceptibilidad del edificio a sufrir colapsos, que luego generarían lahares.

Escenario 5: Lahar extremadamente grande: **CASI NULA POSIBILIDAD**

Este escenario es planteado como de *"mayor peligro"* en el "Mapa de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo" (Beate et al., 1990), y probablemente fue propuesto en base a extrapolaciones realizadas por el autor, a partir de los depósitos que el autor identificó para realizar el mapa. (Barba, 2006). Podría ser generado por el contacto entre poderosos flujos piroclásticos y el glaciar, en una erupción explosiva muy voluminosa, desde un punto del edificio del volcán. Actividad como esta se dio durante el Pleistoceno Superior, entre los 100. 000 A.P. y los 40000 A.P., en la primera y segunda fase de desarrollo del volcán, en el CH-I (depósito *Cóndor Palta,* al sur del volcán) y CH-II (depósito *Río Blanco y* flujo piroclástico *Aucacán),* ambos al sur del volcán.

La posibilidad de ocurrencia de este escenario es casi nula, debido a que la actividad reciente del volcán ha sido explosiva pero poco voluminosa, como para generar grandes flujos piroclásticos (Barba et al., 2008). Beate et al., (1990), no especifica un volumen para este

escenario, pero realiza una delimitación del área afectada, considerando una posible inundación de hasta 80 metros sobre el fondo del valle del río.

Los 5 escenarios de potencial afectación por lahares están cartografiados en el Anexo N°12.

Se debe aclarar que los límites de las zonas de peligro representan una transición entre dos escenarios con diferente grado de amenaza, y estos límites son solo aproximados y no constituyen límites absolutos. Esto se debe a que los fenómenos volcánicos pueden variar en su magnitud, alcance y volumen, y por lo tanto en su extensión lateral y longitudinal.

2.7 Niveles de amenaza

El Mapa de Amenaza (Anexo N°12) muestra las áreas de afectación de potenciales lahares, este mapa fue utilizado para cartografiar los niveles de amenaza a nivel parroquial. Los niveles de amenaza (Gráfico N ° 32) han sido planteados para cada unidad territorial, conforme a su exposición a los diferentes escenarios y fenómenos potenciales. Así se tiene áreas de vulnerabilidad: Muy alto, Alto, Media, Bajo y Muy bajo. (Gráfico N°32), en los asentamientos humanos aglomerados. Estos resultados están cartografiados en el Anexo N°13.

Escenario n° 1 Zona de peligro proximal	**Muy alto**
Escenario n° 1	**Alto**
Zona de peligro proximal	**Alto**
Escenario n° 2	**Medio**
Escenario n° 3	**Bajo**
Escenario n° 4	**Muy bajo**
Area de inundación distal	**Muy bajo**
Escenario n° 5	**Ninguno**

Gráfico N°32: Niveles de amenaza ante lahares del área de estudio
Elaborado por: Diego Moreta

La parroquia de San Juan es la que mayor nivel de amenaza y vulnerabilidad presenta por la exposición de los asentamientos humanos aglomerados presenta, la cual es *"*Muy alta" en un 30 % de su territorio (80 km² aproximadamente). Parroquias como Calpi, Licán, San Luis y la cabecera cantonal Riobamba, presentan una amenaza "muy baja", ya que únicamente están amenazadas por el *área de inundación distal* y la afectación en esta área se reduciría a las infraestructuras situadas a pocos metros del cauce del río Chibunga. Las parroquias de Cubijies y Quimiag, también son atravesadas por el *área de inundación distal*, pero en estas parroquias el río Chambo es encañonado y no existiría afectación alguna, ya que no existen infraestructuras en los márgenes del río.

CAPÍTULO 4: VULNERABILIDAD ANTE EVENTOS LAHÁRICOS Y FLUJOS DE LODO EN EL CANTÓN RIOBAMBA

Para esta parte del estudio se redujo el área de estudio, debido a que la amenaza se presenta principalmente en la parroquia de San Juan y en menor extensión en la parroquia de Calpi, en las proximidades del volcán. (Anexo N°12)

4.1 Metodología de elaboración del Mapa de Vulnerabilidad

Primera fase: Se realizó una compilación de información geográfica en el área de estudio, en lo referente a: ubicación de edificaciones y estructuras, cobertura vial (MTOP), acceso uso del suelo (MAGAP), acceso a telefonía celular (ARCOTEL). También se usaron ortofotografías proporcionadas por SIGTIERRAS y una imagen satelital Sentinel 2-B, para la identificación de los elementos presentes en el área de estudio, tales como: poblamientos, vías, líneas de distribución eléctricas.

En base a toda esta información obtenida se pudo crear el Mapa de Elementos Esenciales.

Segunda fase: A partir del Mapa de Elementos Esenciales, se procedió a aplicar el análisis multicriterio y a valorar cada variable a través de ponderaciones, por la importancia sociocultural y económica.

Se obtiene la vulnerabilidad territorial a través de las variables expuestas en el Gráfico N°32, y además se procedió a dar un peso ponderado a estas variables (Tabla N°16).

La vulnerabilidad poblacional corresponde al 50 % de la estimación, debido a que este análisis se enfoca en la salvaguardia de la integridad física de los pobladores y de sus viviendas, ya que los lahares son eventos destructivos, que han perjudicado poblaciones y que han demostrado ser fatales en diversas partes del mundo.

La vulnerabilidad estructural (vías, puentes, redes y torres eléctrica y otros) tiene un peso ponderado de 30 % debido a que estos elementos son indispensables para el transporte y la comunicación, y pueden ser dañados (puentes, vías) incluso por flujos de volumen pequeño.

Gráfico N°33: Variables para estimación de vulnerabilidad Territorial por exposición del área de estudio
Elaborado por: Diego Moreta

Variables	Peso Ponderado
Vulnerabilidad Poblacional	**50%**
Vulnerabilidad Estructural	**30%**
Vulnerabilidad de patrimonio cultural y Natural	**10%**
Vulnerabilidad Económica	**10%**

Tabla N°16: Peso ponderado de los componentes para estimación de vulnerabilidad
Elaborado por: Diego Moreta

La vulnerabilidad de Patrimonio cultural y natural tiene un peso ponderado de 10 %, ya que elementos de interés arqueológicos o natural se encuentran en el área de estudio y constituyen una potencialidad para el territorio.

La vulnerabilidad económica fue estimada en base al uso del suelo en el área de estudio, debido a que el porcentaje de la población en las parroquias de San Juan y Calpi, dedicadas a actividades agropecuarias corresponde a 42 % y 45 % respectivamente, además de que el uso de suelo en actividades agropecuarias (cultivos, pastizales) cubre un 60 % del área de estudio. Estas actividades constituyen una fuente de ingreso económico o de subsistencia para los pobladores. Los lahares originados en el volcán Chimborazo han destruido zonas de cultivos (Vascones et al., 2016), reduciendo la funcionalidad económica del territorio.

4.2 Vulnerabilidad de las variables territoriales

A continuación, se detallan los elementos de cada uno de los componentes de vulnerabilidad

4.2.1 Vulnerabilidad poblacional

Para la evaluación de vulnerabilidad poblacional, se tomó en cuenta la condición de exposición de los centros poblados del área de estudio, se define exposición como: "l*a condición de desventaja debido a la ubicación, posición o localización de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza"* (UNISDR, 2009). Mediante fotointerpretación sobre ortofotografías y a una interpretación de imagen satelital se pudo determinar diferentes tipos de poblamientos considerando la concentración de viviendas, su extensión y la densidad poblacional. (Tabla N°17)

Se estimó un número de aproximado de viviendas dentro de cada poblamiento, según su extensión y se consideró el promedio de habitantes por cada vivienda a nivel parroquial, el cual es de 2,7 habitantes / vivienda para San juan y de 2,5 habitantes / vivienda para Calpi (INEC, 2010). Así se obtuvo una población aproximada por hectárea de cada uno de los poblamientos, lo que sirvió para la clasificación de estos y para identificar el nivel de vulnerabilidad de cada uno de estos poblamientos, según el grado de concentración de la población.

Así se pudo obtener una clasificación de los poblamientos rurales en 5 categorías (Tabla N°17). El resultado cartográfico de este proceso se encuentra en el Mapa de Tipos de Poblamiento Rural. (Anexo N°14)

Tipo de poblamiento	Densidad poblacional
Mayor concentración y Mayor extensión	120 hab / hc
Mayor concentración y Menor extensión	120 hab / hc
Menor concentración y Mayor extensión	50 hab / hc
Menor concentración y Menor extensión	50 hab / hc
Viviendas y construcciones aisladas	< 5 hab / hc

Tabla N°17: Tipos de poblamiento rural y densidad poblacional
Elaborado por: Diego Moreta

Los poblamientos de "Mayor concentración y Mayor extensión" corresponden a los centros poblados con aglomeración de viviendas y con un mejor equipamiento de servicios y albergan poblaciones numerosas, que sobrepasan los 750 habitantes. Entre estas están las cabeceras parroquiales San Juan, Calpi y Licán, además de los poblados de Cachipamba, Shoboll, y Guabug. Estas poblaciones concentran a un 50 % de la población de población del área de estudio aproximadamente.

Los poblamientos de "Mayor concentración y menor extensión", corresponden a centros de viviendas aglomeradas, pero de menor extensión. Se han reconocido 27 centros poblados para esta categoría, las cuales albergan a alrededor del 20 % de la población.

Los poblamientos de "Menor concentración y mayor extensión", corresponden a centros poblados con viviendas poco concentradas en una amplia área, sin una morfología urbana. Se han reconocido 31 centros de esta categoría, alberga a alrededor del 15 % de la población.

Los poblamientos de "Menor concentración y menor extensión", contienen viviendas poco concentradas en una pequeña área, las cuales están pobladas por decenas de personas. Se han reconocido 54 centros de esta categoría y albergan a alrededor del 10 % de la población.

Las "Viviendas y construcciones aisladas" son estructuras aisladas de los centros poblados y pueden estar habitadas por una sola familia. Se han reconocido 67 poblamientos de esta categoría, algunos de los cuales están situadas en las partes más bajas del río Chibunga, aumentando su situación de vulnerabilidad por la exposición a la amenaza. Estas edificaciones concentran al porcentaje restante de la población del área de estudio (5% de la población).

En base a estos patrones de poblamiento se ha determinado una ponderación de niveles de vulnerabilidad para cada categoría de poblamiento, considerando el grado de concentración de la población en cada uno de estos centros poblados como el principal indicador para determinar su vulnerabilidad. Los poblados con mayor concentración de población fueron valorados con una vulnerabilidad más alta, debido a que ante un evento adverso estos presentaran una afectación más significativa. (Tabla N°18)

Tipo de poblamiento	Vulnerabilidad
Mayor concentración y Mayor extensión	Muy alta
Mayor concentración y Menor extensión	Alta
Menor concentración y Mayor extensión	Media
Menor concentración y Menor extensión	Baja
Viviendas y construcciones aisladas	Muy baja

Tabla N°18: Vulnerabilidad de los asentamientos poblados
Elaborado por: Diego Moreta

Las cabeceras parroquiales San Juan, Calpi, Licán; y los poblados de Cachipamba, Shoboll, y Guabug, presentan una vulnerabilidad poblacional muy alta debido a su concentración de población. Poblados con vulnerabilidad Alta y Media se encuentran en las proximidades del volcán y tienen mayor posibilidad de ser afectadas.

El Mapa de Vulnerabilidad de los Poblamientos Rurales se encuentra en el Anexo Nº15.

4.2.2 Vulnerabilidad estructural y de servicios

Las redes de vialidad y servicios: *"son infraestructuras esenciales para el desenvolvimiento normal de una población y, en caso de desastres, son primordiales para garantizar el funcionamiento normal, la atención de emergencias, la pronta recuperación y rehabilitación del territorio".* (SNGR, 2011).

a) Red vial: La red vial del área de estudio fue obtenida a partir de ortofotografías e interpretación de imagen satelital, y se las ha clasificado de acuerdo al catálogo de objetos de SENPLADES (SENPLADES, 2013) en: Vías asfaltadas de dos carriles, Vías asfaltadas de un carril y vía lastradas. (Anexo N º 16)

La vía asfaltada de dos carriles del área de estudio corresponde a la vía Riobamba – Guaranda, la cual está trazada por las partes bajas del valle aluvial del río Chibunga, es la vía de mayor importancia en el área de estudio, debido a que es la que conecta a los poblados rurales, con la parte urbana del cantón y otros centros poblados. Las vías asfaltadas de un carril conectan a algunos centros de densidad media, mientras que las vías lastradas conectan las zonas agropecuarias con los centros poblados de mayor importancia. Las dos últimas categorías son

ramificaciones de la vía asfaltada de dos carriles, y se concentran principalmente en las partes bajas del valle del río Chibunga.

La vulnerabilidad de las vías se ha ponderado en cuanto a la importancia territorial de las mismas. (Tabla N °19)

Vías	Vulnerabilidad
Vías asfaltadas de dos carriles	Alta
Vías asfaltadas de un carril	Media
Vías lastradas	Baja

Tabla N°19: Vulnerabilidad de la red vial
Elaborado por: Diego Moreta

La exposición de estos elementos ante la amenaza de lahares puede derivar en la obstrucción o pérdida de tramos de carreteras, dificultando la accesibilidad en el territorio.

Estructuras de drenajes: Sobre el curso del río Chibunga se han reconocido 31 estructuras de drenaje de aguas, de las cuales 11 son puentes y 20 son alcantarillas. Estos pueden resultar destruidos en caso de que uno de los escenarios llegue a darse, dificultando la accesibilidad en el territorio. Debido a las características de construcción de estas infraestructuras, los puentes tienen una valoración de vulnerabilidad más alta, debido al tiempo y costo de reconstrucción ante un evento adverso. (Tabla N°20)

Estructuras de drenaje	Vulnerabilidad
Puentes	Muy Alta
Alcantarillas	Alta

Tabla N°20: Vulnerabilidad de las estructuras de drenaje
Elaborado por: Diego Moreta

Línea Férrea: Una línea férrea atraviesa el área de estudio en el sur de las parroquias de Licán y Calpi, y atraviesa el río Chibunga. Su vulnerabilidad es Muy alta, debido a que es la única vía férrea que atraviesa de Norte a Sur la región Sierra, tiene un valor patrimonial y conecta varios lugares de interés turístico. El Anexo N°16 muestra la red vial del área de estudio.

b) Infraestructura eléctrica: En el área de estudio existe una central generadora hidráulica y tres líneas de trasmisión eléctrica, las cuales están situadas en los márgenes del río Chibunga. Además, existen líneas eléctricas de transmisión de 230 kilovoltios y subtransmisión

de 69 kilovoltios, las cuales atraviesan el cantón en dirección Oeste – Este. La línea de transmisión de 230 kilovoltios está trazada de Norte a sur, sobre áreas cercanas al volcán Chimborazo y en los márgenes del río Chibunga. Se ha podido determinar la ubicación de sus torres de transmisión de manera remota, a través de la imagen satelital Sentinel – 2. Todos estos elementos se encuentran representados en el Anexo N°17.

Se ha considerado que estos elementos tienen una vulnerabilidad por su grado de importancia territorial (Tabla N°21), debido a que son muy esenciales para el abastecimiento de electricidad, no solamente en el área de estudio.

Infraestructuras eléctricas	Vulnerabilidad
Central generadora eléctrica	**Muy alta**
Redes eléctricas	**Alta**
Torres eléctricas	**Alta**
Subestaciones eléctricas	**Alta**

Tabla N°21: Vulnerabilidad de las estructuras eléctricas
Elaborado por: Diego Moreta

c) Cobertura de telefonía celular

La cobertura de telefonía celular es un factor importante dentro de un escenario de vulnerabilidad, ya que permite la comunicación en el territorio en un momento de crisis. Se usó tres capas temáticas raster de cobertura de telefonía celular de las operadoras: Claro, Movistar y CNT; las cuales poseen tres niveles de señal: Bueno, Medio y Bajo. A través de la superposición de las capas de cobertura de las operadoras, se estimó un nivel de acceso a telefonía celular (Bueno, Medio y Bajo). (Tabla N ° 22)

La vulnerabilidad territorial por accesibilidad a telefonía celular es inversamente proporcional a la accesibilidad a este servicio en el territorio, es decir, que la vulnerabilidad es Alta, donde el nivel de acceso es Bajo y viceversa. (Tabla N º 22)

Nivel de señal de operadora	Valor
Bueno	3
Medio	2
Bajo	1

Nivel de señal por operadora			Σ	Σ/3	Acceso del territorio a telefonía	Vulnerabilidad
3	3	3	9	3,0	Bueno	Baja
3	3	2	8	2,7		
3	2	2	7	2,3		
2	2	2	6	2,0	Medio	Media
2	2	1	5	1,7		
2	1	1	4	1,3		
1	1	1	3	1,0	Malo	Alta
1	1	0	2	0,7		
1	0	0	1	0,3		

Tabla N ° 22: Estimación de acceso territorial a telefonía celular y vulnerabilidad por accesibilidad a telefonía celular
Fuente: ARCOTEL, 2017
Elaborado por: Diego Moreta

Para esta estimación no se tomó en cuenta, el acceso a telefonía fija, ya que esta información se encuentra a nivel parroquial, y no tiene la especificidad requerida para la estimación. Sin embargo, el acceso a teléfono convencional en las parroquias del área de estudio es muy limitado, ya que el déficit de este servicio es de 79% en San Juan, 77 % en Calpi (INEC, 2010).

El área de estudio presenta mayoritariamente una Vulnerabilidad Alta, en la parroquia San Juan y una Vulnerabilidad Media, en las parroquias de Calpi y Licán, las cuales se encuentran más cercanas a la cabecera cantonal, donde el acceso a telefonía es bueno. El Mapa de Vulnerabilidad por Acceso a Telefonía es el Anexo N°18.

d) Infraestructura de servicios sociales para la población

Las infraestructuras de servicios como: centros de salud y centros educativos constituyen elementos esenciales dentro de la funcionalidad del territorio, y concentran a la población que necesita de estos servicios. En el área de estudio (parroquias San Juan y Calpi) existen 2 centros de salud y 19 instituciones educativas fiscales. Se valoró su vulnerabilidad en función de su importancia dentro de la funcionalidad del territorio. (Tabla N°23) (Anexo N ° 19)

Infraestructura de servicio	Vulnerabilidad
Centros de salud	**Muy alta**
Instituciones educativas fiscales	**Alta**

Tabla N ° 23: Vulnerabilidad de infraestructuras de servicios
Fuente: MSP, Ministerio de educación, 2015
Elaborado por: Diego Moreta

e) Cobertura de servicios básicos

"Las redes de agua potable, alcantarillado…son infraestructuras esenciales para el desenvolvimiento normal de una población y, en caso de desastres, son primordiales para garantizar el funcionamiento normal, la atención de emergencias, la pronta recuperación y rehabilitación del territorio" (SNGR, 2011).

Se usó una cobertura elaborada por el Instituto Espacial Ecuatoriano, la cual califica la accesibilidad territorial (Tabla N°24) a servicios básicos (agua, electricidad, y recolección de residuos), a nivel de sectores censales y en base a los datos del Censo de Población y Vivienda (INEC,2010). Se consideró el nivel de vulnerabilidad territorial por acceso a servicios básicos, en base a la accesibilidad a estos, lo cual está representado en el Anexo N ° 20. (Tabla N ° 24)

Accesibilidad a servicios básicos	Vulnerabilidad
Alta	**Baja**
Media	**Media**
Baja	**Alta**
Muy baja	**Muy alta**

Tabla N ° 24: Vulnerabilidad por acceso a servicios básicos
Fuente: IEE, 2016
Elaborado por: Diego Moreta

f) Accesibilidad a vías de primer orden

La accesibilidad *"hace referencia a la interacción territorial, en donde generalmente las relaciones entre dos puntos aumentan en función de la disminución del coste de desplazamiento entre ellos, medido según la distancia o el tiempo consumido, o a partir de otros recursos empleados en establecer esa comunicación"* (MAGAP, 2015).

Para valorar la accesibilidad a vías de primer orden (vías asfaltadas de dos carriles), se usa una capa raster que toma en cuenta factores como la topografía, los costes de transporte y la distancia; para estimar la dificultad de acceso que tiene el territorio, hacia las vías principales. (MAGAP, 2015). De modo que todos estos factores inciden en el tiempo requerido para el acceso a los diferentes puntos del territorio (tabla N ° 25).

La vulnerabilidad ha sido planteada de acuerdo con la dificultad de acceso (Tabla N ° 25). De aquí se reconoce que las áreas de mayor dificultad de accesibilidad tienen una mayor vulnerabilidad, ya que, en una situación de crisis, el acceso a esas áreas demanda mayor esfuerzo y tiempo. El Mapa de Vulnerabilidad por Dificultad de Acceso a Vías de Primer Orden (Anexo N°21).

Accesibilidad	Minutos	Vulnerabilidad
Muy alta	0 - 5 minutos	**Muy baja**
Alta	5 - 15 minutos	**Baja**
Media	15 - 60 minutos	**Media**
Baja	1 - 3 horas	**Alta**
Muy baja	> 3 horas	**Muy alta**

Tabla N ° 25: Vulnerabilidad por dificultad de acceso a vías de primer orden
Fuente: MAGAP, 2015
Elaborado por: Diego Moreta

4.2.2.1 Mapa de vulnerabilidad estructural y de servicios

La Tabla N ° 26 resume las variables e indicadores usados para estimar la vulnerabilidad estructural y de servicios, así como su nivel de vulnerabilidad y su ponderación (Tabla N ° 27) (Anexo N°22).

Variables	Indicadores	Vulnerabilidad	Ponderación
Vías	Vías asfaltadas de dos carriles	Muy alta	5
	Vías asfaltadas de un carril	Media	3
	Vías lastradas	Baja	2
Estructuras de drenaje	Puentes	Muy Alta	5
	Alcantarillas	Alta	4
Línea férrea	Línea férrea	Muy Alta	5
Infraestructura eléctrica	Central generadora eléctrica	Muy Alta	5
	Redes eléctricas	Alta	4
	Torres eléctricas	Alta	4
	Subestaciones eléctricas	Alta	4
Acceso a telefonía celular	Mala	Alta	4
	Media	Media	3
	Buena	Baja	2
Infraestructuras de servicios	Centros de salud	Muy alta	5
	Instituciones educativas fiscales	Alta	4
Acceso a servicios básicos	Muy baja	Muy alta	5
	Baja	Alta	4
	Media	Media	3
	Alta	Baja	2
Accesibilidad a vías asfaltadas de dos carriles	Muy baja	Muy alta	5
	Baja	Alta	4
	Media	Media	3
	Alta	Baja	2
	Muy alta	Muy baja	1

Tabla N ° 26: Ponderación de variables e indicadores de Vulnerabilidad Estructural
Elaborado por: Diego Moreta, 2017

Rangos	Vulnerabilidad estructural y de servicios
17 - 20	Muy alta
13 - 16	Alta
9 - 12	Media
5 - 8	Baja
1 - 4	Muy baja

Tabla N ° 27: Síntesis de la Vulnerabilidad Estructural
Elaborado por: Diego Moreta, 2017

4.2.3 Vulnerabilidad del Patrimonio Cultural y Natural

El patrimonio cultural del área de estudio se constituye de puntos de interés arqueológico, el Capac Ñan, los bienes inmuebles patrimoniales y los refugios de montaña del volcán Chimborazo. Mientras que, el patrimonio natural está constituido por la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. (Anexo N°23) Estos elementos tienen relevancia en el territorio, ya que constituyen potencialidades y son elementos que deben ser protegidos, según lo ampara la Constitución de la República del Ecuador, en su artículo N ° 3.

Para el caso de los bienes inmuebles patrimoniales, los cuales son mayoritariamente viviendas, se ha procedido a clasificarlos en dos grupos, de acuerdo al grado de concentración de los bienes en territorio, para mejorar su interpretación visual en la cartografía. Son: 1) Área urbana patrimonial: polígono en el cual se aglomeran decenas de bienes inmuebles patrimoniales y 2) Bienes patrimoniales aislados. Las aglomeraciones de bienes patrimoniales se encuentran en el área amanzanada de las cabeceras parroquiales San Juan y Calpi.

La vulnerabilidad de estos elementos ha sido estimada fundamentalmente en la función que cumple el elemento en las actividades del territorio (Anexo N°24) (Tabla N°28). Así se tiene una mayor vulnerabilidad para los refugios, ya que constituyen estratégicos para diversas actividades y para el turismo. La tabla N°29, muestra una síntesis de la vulnerabilidad patrimonial y cultural.

Elemento		Función	Vulnerabilidad
Patrimonio Cultural	Refugios	Turismo, hospedaje, alimentación, punto estratégico de ubicación.	**Alta**
	Área urbana patrimonial	Interés patrimonial	**Alta**
	Capac Ñan	Interés patrimonial	**Media**
	Sitios arqueológicos	Interés arqueológico y patrimonial	**Media**
	Bienes inmuebles patrimoniales aislados	Interés patrimonial	**Media**
Patrimonio natural	Reserva de Producción Faunística Chimborazo	Área de protección	**Baja**

Tabla N°28: Vulnerabilidad de patrimonio cultural y natural
Fuente: MAGAP, INPC.
Elaborado por: Diego Moreta

Elemento		Vulnerabilidad	Valoración
Patrimonio Cultural	Refugios	**Alta**	**4**
	Área urbana patrimonial	**Alta**	**4**
	Capac ñan	**Media**	**3**
	Sitios arqueológicos	**Media**	**3**
	Bienes inmuebles patrimoniales aislados	**Media**	**3**
Patrimonio natural	Reserva de producción faunística Chimborazo	**Baja**	**2**

Rangos	Vulnerabilidad de patrimonio natural y cultural
9	Muy alta
6	Alta
4 – 5	Media
2 – 3	Baja

Tabla N°29: Síntesis de la vulnerabilidad de patrimonio natural y cultural
Elaborado por: Diego Moreta

4.2.4 Vulnerabilidad económica

Se ha tomado la cobertura y uso de suelo como variable para identificar la vulnerabilidad económica debido a que en el área de estudio prevalecen las actividades agropecuarias (70 % del territorio), y la mayor parte de la población se ocupa en estas actividades (San Juan 51 %, Calpi 51 %). Se ha clasificado el uso y cobertura del suelo, y se le ha asignado un grado de vulnerabilidad según la importancia económica del uso de suelo, ya que, en caso de un evento adverso, la pérdida de cultivos o pastizales se traduce en pérdidas económicas para la población. (Tabla N ° 30)

Cobertura y uso de suelo		Vulnerabilidad
Productivo	Cultivos	**Alta**
	Pastizales	**Media**
Natural	Vegetación no diferenciada	**No aplica**
	Glaciar y afloramientos rocosos	

Tabla N°30: Vulnerabilidad económica agropecuaria
Fuente: MAGAP **Elaborado por:** Diego Moreta, 2017

El Mapa de Vulnerabilidad Económica es el Anexo N °25.

4.3 Elaboración del Mapa de Vulnerabilidad Territorial

La cartografía está representada en escala de impresión de 1: 100.000

Se hizo una transformación de las entidades de Polilínea y Punto, a través de la herramienta *buffer*, la cual crea áreas de influencia de las entidades. Esto con el fin de representar la vulnerabilidad de estas entidades en el mapa, y debido a que estas entidades tienen una influencia metros alrededor de donde han sido ubicadas. La Tabla N °31 expone el área de influencia considerada para cada entidad.

	Variables	Indicadores	Tipo	Área de influencia
Vulnerabilidad estructural	Vías	Vías asfaltadas de dos carriles	Poli línea	50 m
		Vías asfaltadas de un carril	Poli línea	50 m
		Vías lastradas	Poli línea	50 m
	Estructuras de drenaje	Puentes	Punto	25 m
		Alcantarillas	Punto	25 m
	Línea férrea	Línea férrea	Poli línea	50 m
	Infraestructura eléctrica	Central generadora eléctrica	Punto	300 m
		Redes eléctricas	Punto	50 m
		Torres eléctricas	Punto	25 m
		Subestaciones eléctricas	Punto	25 m
	Infraestructuras de servicios	Centros de salud	Punto	250 m
		Instituciones educativas fiscales	Punto	250 m
Vulnerabilidad patrimonial	Patrimonio cultural	Refugios	Punto	300 m
		Capac Ñan	Poli línea	100 m
		Sitios de interés arqueológico	Punto	200 m
		Bienes inmuebles patrimoniales aislados	Punto	25 m

Tabla N°31: Áreas de influencia de las entidades de Polilínea y Punto.
Fuente: MAGAP, INPC
Elaborado por: Diego Moreta

Representación cartográfica de elementos de vulnerabilidad: Se realiza un cálculo de unidad mínima cartografiable. Esto se refiere a la unidad más pequeña de superficie que puede representarse en un mapa y corresponde de entre 4 a 5 mm² (López, 2012). Para este trabajo se considera que la unidad mínima distinguible por el ojo humano corresponde a 4 mm². Se la ha calculado de la siguiente manera.

Escala = 1:100.000

1 cm = 100 m

0.2 cm = 200 m

4 mm² = 40000 m² = 4 hectáreas = UNIDAD MINIMA CARTOGRAFIABLE

Sim embargo, esta UMC no se ajusta a los objetivos de este análisis, debido a que la representación de niveles de vulnerabilidad no se identifica de manera coherente. Se usó una UMC de 1 hectárea, para dar mayor especificad a la identificación de vulnerabilidad.

Los Mapas de Vulnerabilidad Poblacional, Estructural, Patrimonial y Económica (Anexos N°15, N°22, N°24, N°25), fueron realizados considerando esta unidad mínima cartografiable, ya que del proceso de álgebra de mapas resultaron polígonos que, por su tamaño dificultan su identificación visual.

Las capas SHP fueron convertidas a formato raster para poder obtener capas de información coherentes con la UMC (Gráfico N°34). El tamaño de celda usado fue de 0,6 mm x 0,6 mm, la cual resulta en área de una hectárea, con lo cual se generalizó las entidades, para mejorar su interpretación. Cada celda contiene la media de todos los valores contenidos dentro de la misma.

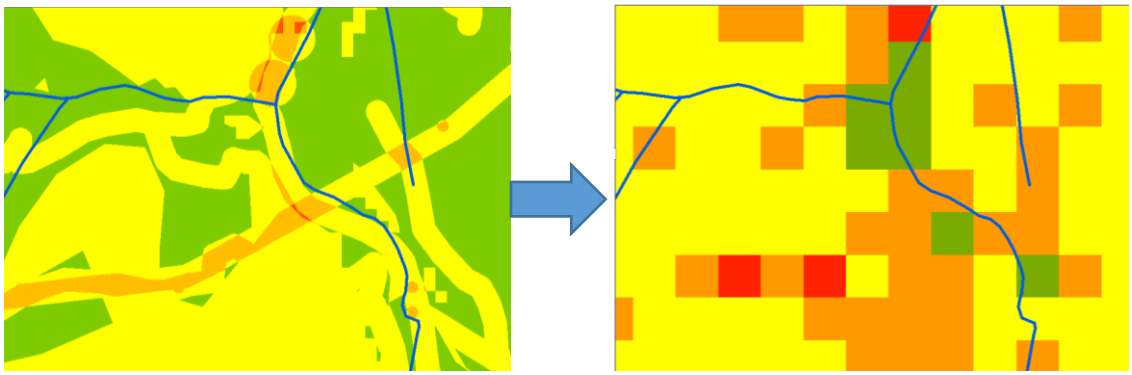


Gráfico N ° 34: Generalización de entidades en base a la UMC
Elaborado por: Diego Moreta

El Mapa de Vulnerabilidad Territorial se construyó en base a los Mapas de Vulnerabilidad Poblacional, Estructural, Patrimonial y Económica; y se consideró la ponderación dada para cada tipo de vulnerabilidad (Tabla N °16). La Tabla N°32 muestra una síntesis de la construcción del mapa. El proceso fue realizado mediante álgebra de mapas.

El Mapa de Vulnerabilidad Territorial es el Anexo N°26.

Variables	Vulnerabilidad	Valoración (A)	Peso ponderado de variable (B)	(A * B)
Vulnerabilidad poblacional	Muy alta	5	0,5	2,5
	Alta	4		2
	Media	3		1,5
	Baja	2		1
	Muy baja	1		0,5
Vulnerabilidad estructural	Muy alta	5	0,3	1,5
	Alta	4		1,2
	Media	3		0,9
	Baja	2		0,6
	Muy baja	1		0,3
Vulnerabilidad de patrimonio cultural y natural	Muy alta	5	0,1	0,5
	Alta	4		0,4
	Media	3		0,3
	Baja	2		0,2
Vulnerabilidad económica	**Alta**	4	0,1	0,4
	Media	3		0,3
	No aplica	0		0

Tabla N°32: Síntesis de la vulnerabilidad territorial
Elaborado por: Diego Moreta

En base a la tabla anterior y mediante una sumatoria de las capas raster de los cuatro tipos de vulnerabilidad, se obtuvo valores desde 0,3 hasta 4,4, los cuales fueron agrupados en cinco rangos, resultando así, en cinco niveles de vulnerabilidad territorial para el área de estudio (Tabla N ° 33).

	Rangos	Niveles
Vulnerabilidad Territorial	3,1 - 4,4	Muy alta
	1,9 - 3,0	Alta
	1,4 - 1,8	Media
	0,9 - 1,3	Baja
	0,3 - 0,8	Muy baja

Tabla N°33: Síntesis de los niveles de Vulnerabilidad Territorial
Elaborado por: Diego Moreta

4.4 Niveles de Vulnerabilidad Territorial

Vulnerabilidad Muy alta: En esta categoría, principalmente se incluyen asentamientos extensos con población concentrada, ubicados muy próximos al cauce del río Chibunga, tales como: Achigñan, Shobolpamba, Guabug, Pulingui, San Pablo y la cabecera parroquial San Juan. En estos poblados se encuentra ubicada la mayor parte de la población rural del área de estudio, aproximadamente un 60%, el equivalente a unas 8 000 personas; esta población presenta carencias en servicios de telecomunicaciones. Además, incluye áreas donde se encuentran elementos estructurales como infraestructuras eléctricas y la vía asfaltada de dos carriles.

Vulnerabilidad Alta: Esta categoría incluye principalmente asentamientos extensos, pero de poca concentración poblacional, albergando a un 25 % de la población del área de estudio, unas 3000 personas aproximadamente. Algunos de los poblados más importantes son: La Chorrera, La Delicia, Santa Teresita de Guabug, San José de Chacagúan, San Antonio de Rumipamba. Estos poblados tienen dificultad de acceso a telecomunicaciones y de accesibilidad a vías principales. Algunos de estos centros poblados se encuentran en las partes bajas de la cuenca del Río Chibunga.

Vulnerabilidad Media: En esta categoría se agrupan principalmente las áreas con presencia de infraestructura vial e infraestructura eléctrica, tales como vías asfaltadas de dos carriles, centrales eléctricas, etc. las cuales son esenciales en el área de estudio. Además, se encuentran pequeños poblados dispersos con escaso número de habitantes, pero que concentrarían a un 10 % de la población del cantón, es decir a unas 1 500 personas aproximadamente. Estos pequeños poblados se encuentran distribuidos por igual en casi la totalidad del área de estudio.

Vulnerabilidad Baja: En esta categoría es la más notoria en el área de estudio. Tienen escaso poblamiento y representa terrenos destinados a actividades agropecuarias (cultivos y

pastizales), de conservación pertenecientes a la Reserva de Producción Faunística Chimborazo con sus refugios. Cuentan con muy poco abastecimiento de servicios y se encuentran a grandes distancias de las vías asfaltadas. Esta categoría posee pocas viviendas aisladas donde habita el porcentaje restante de la población. Su importancia radica en que estos terrenos son fuente de ingresos económicos para la mayor parte de los pobladores del área de estudio.

Vulnerabilidad muy baja: Son áreas con vegetación natural o de conservación, con nula accesibilidad a telecomunicaciones y ubicadas a distancias muy considerables de las vías principales y con menor importancia en la funcionalidad territorial del área de estudio. Son áreas sin poblamiento, pero que son visitadas durante el día por los habitantes de los centros poblados, para realizar algunas de sus actividades.

CAPÍTULO 5: MAPEO DE RIESGOS ANTE LAHARES Y FLUJOS DE LODO EN EL CANTÓN RIOBAMBA

5.1 Metodología para la elaboración del Mapa de Riesgo

Una vez obtenidos los Mapas de Amenaza y Vulnerabilidad Territorial, se procedió a unir estas dos coberturas a través de la unión de las capas raster. En primer lugar, se evaluó el riesgo ante cada componente de vulnerabilidad, del cual se obtuvieron cuatro mapas de riesgo (Gráfico N °35) (Anexos N º 27 – 30), y finalmente se obtuvo un Mapa Síntesis de Riesgo (Gráfico N °36) (Anexo N ° 31)

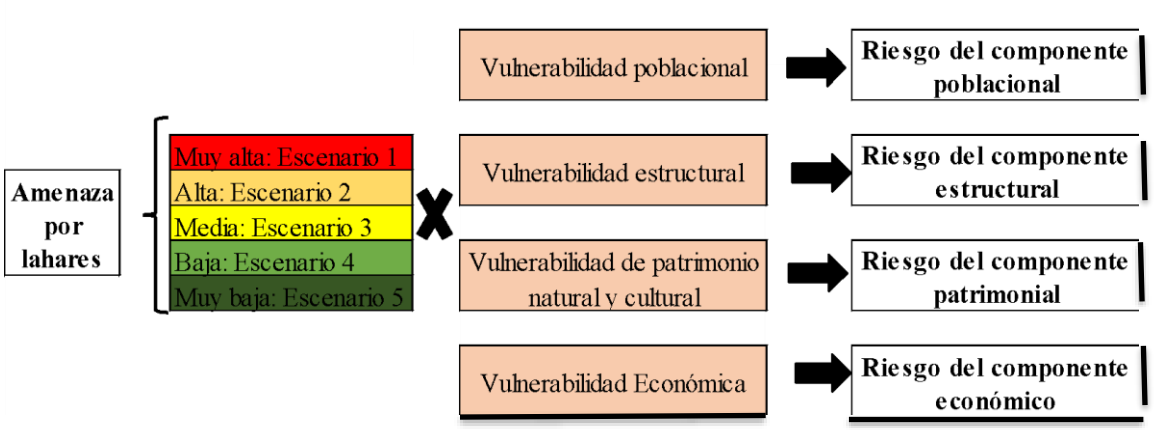


Gráfico N ° 35: Metodología para la generación de Mapas de Riesgo por componentes territoriales
Elaborado por: Diego Moreta

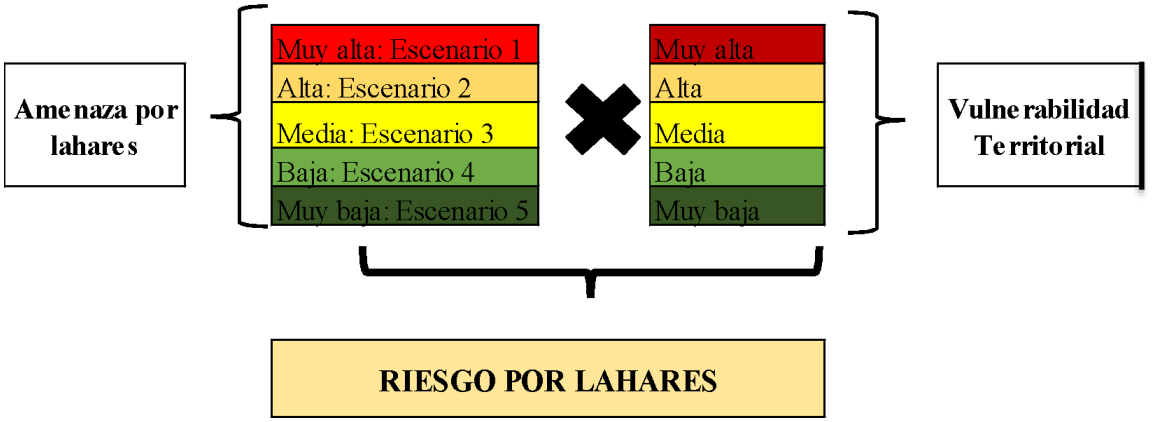


Gráfico N ° 36: Metodología para la generación del Mapa Síntesis de Riesgo
Elaborado por: Diego Moreta

5.2 Mapas de Riesgo

A continuación, se describe el nivel de riesgo por exposición de los componentes del área de estudio, para dar mayor especificidad a los resultados cartográficos. Estos elementos están contenidos en cuatro categorías: componente poblacional, estructural, patrimonial y componente económico.

5.2.1 Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Poblacional

Con la aplicación de la metodología descrita anteriormente, se obtuvo un Mapa de Riesgo del Componente Poblacional (Anexo N ° 26). Los elementos poblacionales del área de estudio son todos los centros poblados que fueron mostrados en el Mapa de Tipos de Poblamiento Rural (Anexo N °12) los cuales tienen su respectivo nivel de vulnerabilidad (Anexo N°14) y tienen una población total de 13.795 habitantes. El mapa muestra que un 60 % de los centros poblados del área de estudio tienen algún nivel de riesgo por exposición, los cuales suman un total de 124 hectáreas. Las poblaciones con mayor nivel de riesgo se encuentran en la parroquia San Juan.

En base al cálculo aproximado del número de habitantes por cada tipo de poblamiento rural (Tabla N ° 17), se pudo estimar un número aproximado de habitantes en situación de riesgo, el cual es de 8.100 (60 % de la población total); de entre los cuales 1700 se encontrarían habitando en áreas de con un nivel muy alto de riesgo (12 % de la población total). (Tabla N°34)

Riesgo	Rango	Extensión (ha)	Porcentaje del territorio	Número de habitantes en amenaza	% de habitantes en amenaza
Muy alto	9-oct	13,9	11,20%	1700	12,3
Alto	7-ago	16,7	13,50%	2100	15,2
Medio	5-jun	43,8	35,30%	2200	15,9
Bajo	3-abr	44,9	36,10%	2200	15,9
Muy bajo	1-feb	4,8	3,90%	50	0,4
		Total: 124,1	**100,00%**	**Total: 8250**	**Total: 59,8**

Tabla N°34: Resultados de Riesgo ante lahares del componente poblacional
Elaborado por: Diego Moreta

Riesgo Muy Alto

Rpresenta un área de 13,9 ha de los centros poblados, se encuentra principalmente en poblados que se encuentran ubicados en las partes bajas de la cuenca del río Chibunga, como Totorillas, Pulungui San Pablo, Santa Marianita de Tambohuasa y, partes de las poblaciones de Achigñan y Guabug, e involucra a unas 1700 personas aproximadamente. Este nivel de riesgo por exposición se caracteriza por la alta posibilidad de ocurrencia de lahares fríos o flujos de lodo, que, aun siendo pequeños (100.000 m^3), tendrían afectaciones en las áreas mencionadas.

Riesgo Alto

Este nivel representa un área de 16,7 ha, involucrando a unas 2100 personas aproximadamente. Se trata de poblaciones ubicadas en las partes bajas en las cercanías al cauce del río Chibunga, como: Chinihua, Santa Marianita de Tambohuasa, Comuna Chimborazo y, gran parte de las poblaciones de Achigñan, Guabug, Shobolpamba y la cabecera parroquial San Juan. Estas áreas se caracterizan por la posibilidad de ser afectadas por lahares fríos o flujos de lodo de tamaño pequeño (500.000 m^3), similares a los ocurrido al este del volcán Chimborazo, durante finales del 2015 (Vásconez et al., 2016).

Riesgo Medio

Cubre un área de 43,8 ha de los centros poblados ubicados en las partes bajas de la cuenca del río Chibunga, como Santa Teresita, Santa Isabel, Santa Teresita de Guabug, San Antonio de Rumipamba, y San José Chico, lugar donde se encuentra la Hormigonera Chimborazo. Este nivel involucra a unas 2200 personas aproximadamente. Y se caracteriza por estar en área de afectación de posibles flujos de lodo más voluminosos (1 000 000 m^3).

Riesgo Bajo

Este nivel cubre un área de 44,9 ha, involucrando a unas 2.200 personas aproximadamente. Se trata de centros poblados pequeños y población dispersa ubicada en las partes bajas de la cuenca del río Chibunga, principalmente en los sectores de Tambohuasa, Chachipamba, hacienda Shobol, y San Vicente. Tienen una posibilidad de afectación muy baja, debido a que solamente flujos con volúmenes muy grandes (10 000.000 m^3) alcanzarían estas áreas.

Riesgo Muy Bajo

Esta área cubre una superficie muy reducida, involucrando a muy pocas personas, en un escenario casi improbable, pero que consta dentro del Mapa de Peligros Volcánicos del Volcán Chimborazo (Beate et al., 1990).

5.2.2 Mapa de Riesgo ante Lahares del Componente Estructural y de Servicios

Con la aplicación de la metodología presentada en el Gráfico N°35, se obtuvo un Mapa de Riesgo de Elementos Estructurales (Anexo N°27). Los elementos estructurales del área de estudio son: red vial, infraestructura eléctrica, infraestructura de servicios sociales de salud y educación y accesibilidad a vías de primer orden. El mapa muestra cinco niveles de riesgo (Tabla N ° 35).

Riesgo	Rango	Extensión (ha)	Porcentaje del área de estudio
Muy alto	9-oct	44	0,46
Alto	7-ago	520	5,45
Medio	5-jun	740	7,7
Bajo	3-abr	8522	21,49
Muy bajo	1-feb	764	8,01
		Total:10589	**43,11**

Tabla N°35: Resultados de riesgo ante lahares del componente estructural
Elaborado por: Diego Moreta

Riesgo Muy Alto

Se restringe a las áreas ubicadas en las cercanías del cauce del río Chibunga, donde se encuentran centrales eléctricas y parte de la vía Riobamba – Guaranda. Estas áreas abarcan las comunidades de Pulingui San Pablo, Yanarumi. Tambohuasha, y el Resgón. Cubren un área de 44 hectáreas.

Riesgo Alto

Representa un área de 520 hectáreas, en las partes con menor cota de la cuenca del río Chibunga y de otras quebradas en las faldas del volcán Chimborazo, al noroeste del cantón Riobamba, donde se encuentran vías asfaltadas de dos carriles, el 60% de las estructuras de drenaje de la red vial, redes eléctricas y donde existe una vulnerabilidad alta por acceso a telecomunicaciones. Todos estos elementos expuestos ante la amenaza de lahares y flujos de lodo determinan un nivel de Riesgo Alto.

Riesgo Medio

Esta área de riesgo representa 740 hectáreas. Está ubicada en las partes bajas de la cuenca del río Chibunga, en donde existen vías de un solo carril o que no son asfaltadas, y donde los

servicios, como las telecomunicaciones son deficientes. Estas áreas ya no incluyen infraestructuras eléctricas.

Riesgo Bajo

Esta área de riesgo es la más representativa, ya que cubre 8522 hectáreas, es decir, el 80 % de las áreas de riesgo. Está caracterizada por no presentar infraestructuras, por presentar dificultad en el acceso a vías de primer orden y deficiencia en el servicio de telecomunicaciones. Son áreas destinadas a actividades agropecuarias, y que se encuentran lejos del cauce del río Chibunga.

Riesgo Muy Bajo

Representa áreas ubicadas en las áreas con mayor cota de las parroquias de San Juan y Calpi, donde existe poca posibilidad de afectación lahares. Son áreas que no poseen elementos esenciales y tienen buena accesibilidad a vías de primer orden y servicios.

5.2.3. Mapa de Riesgo ante Lahares del Componente Patrimonial

Con la aplicación de la metodología presentada en el Gráfico N ° 35, se obtuvo un Mapa de Riesgo de Elementos Patrimoniales, compuesto de 3 niveles (Anexo N ° 28). Los elementos patrimoniales del área de estudio son: Patrimonio cultural (sitios de interés turístico, arqueológico) y Patrimonio natural (Reserva de Producción Faunística Chimborazo).

Riesgo	Rango	Extensión	Porcentaje
Muy alto	6 - 7	219	5,57
Medio	4 - 5	149	3,79
Bajo	1 - 3	3564	90,64
		3932	

Tabla N ° 36: Resultados de riesgo ante lahares del componente patrimonial
Elaborado por: Diego Moreta

Riesgo Alto

Comprende el 5,6 % de las áreas patrimoniales en riesgo por exposición, es decir, 219 hectáreas. Comprende casi totalmente las áreas de la Reserva Faunística Chimborazo, en los fondos de las quebradas en el flanco sur del volcán, que se encuentran mayormente amenazadas ante eventuales lahares; también comprende sitios de interés arqueológico (Anexo N º 23)

Riesgo Medio

Esta área de riesgo cubre 149 hectáreas y comprende partes del fondo de las quebradas en flanco sur del volcán Chimborazo, además de sitios de interés arqueológicos, ubicados en la parte alta del volcán, sobre los 4500 *msnm*, además de los dos refugios de montaña, en la parte oeste del volcán.

Riesgo Bajo

Es el área de riesgo más representativa. Su nivel de riesgo es bajo, ya que consta primordialmente de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo que está expuesta a escenarios poco posible o que se encuentran dentro del área de amenaza del volcán Chimborazo. También se incluyen, las áreas patrimoniales en las cabeceras parroquiales de San Juan y Calpi, y el área de amenazada del Capac Ñan.

5.2.4. Mapa de Riesgo ante Lahares del Componente Económico

Con la aplicación de la metodología presentada en el gráfico N°35, se obtuvo un Mapa de Riesgo de Elementos Económicos, compuesto de 3 niveles (Anexo N°29). Los elementos económicos tienen que ver con el uso agrícola: cultivos y pastizales. Son elementos importantes ya que el área de estudio es rural y la mayor parte de sus pobladores se dedica a actividades agropecuarias. Un evento adverso podría generar pérdidas económicas a los pobladores.

Riesgo	Rango	Extensión (ha)	Porcentaje
Alto	8 – 9	256	5,69
Medio	6 – 7	993	22,06
Bajo	4 – 5	3253	72,25
		4502	100

Tabla N°37: Resultados de riesgo ante lahares del componente económico
Elaborado por: Diego Moreta

Riesgo Alto

Corresponde al área menos representativa, con 256 hectáreas de predominio de tierras cultivadas, las cuales se encuentran en las áreas con mayor amenaza ante lahares con alta posibilidad de ocurrencia. La ocurrencia de un lahar, por pequeño que sea, generaría pérdidas

económicas, ya que los cultivos se perderían, como sucedió en la parte este del volcán, donde estos flujos de lodo han destruido áreas de cultivo, desde 2015 (Vásconez et al., 2016).

Riesgo Medio

Esta área de riesgo se caracteriza por contener principalmente terrenos de cultivo y pastizales amenazados por escenarios menos posibles, con una alta posibilidad de ser afectadas por lahares o flujos de lodo pequeños, los cuales representan una pérdida económica menor, que los terrenos usados con actividades agro-productivas.

Riesgo Bajo

Constituye el área de riesgo más representativa, con un 72 % de la misma. Se caracteriza por contener tierras destinadas a cultivos y pastizales, las cuales se encuentran amenazadas por escenarios menos posibles (lahares grandes > 1 000.000 km^3) y son poco propensos a ser dañadas ante la ocurrencia este fenómeno.

5.2.5 Mapa Síntesis de Riesgo ante Lahares y Flujos de lodo

El Mapa Síntesis de riesgo se construyó en base a lo mencionado en la metodología (Gráfico N°36) (Anexo N°30); está compuesto en base al mapa de amenaza y al mapa de vulnerabilidad territorial.

Riesgo	Rango	Extensión (ha)	Porcentaje
Muy alto	9-oct	13,6	0,13
Alto	7-ago	477	4,59
Medio	5-jun	1767	17,01
Bajo	3-abr	6575	63,28
Muy bajo	2	1557	14,99
		Total =10389,6	**100**

Tabla N°38: Resultados de riesgo territorial por exposición ante lahares y flujos de lodo
Elaborado por: Diego Moreta

5.2.6 Niveles de riesgo ante lahares y flujos de lodo

Riesgo Muy Alto

Esta categoría de riesgo representa un área de 13,6 ha y se encuentra situada en centros poblados ubicados en las cercanías del volcán, en la parte más cercana al cauce del río Chibunga y de las quebradas en el flanco sur del volcán, hasta una distancia máxima de 13 kilómetros desde la cima del volcán.

Esta área se caracteriza por tener una alta posibilidad de ser afectada por lahares pequeños, cuya posibilidad de ocurrencia es muy alta y corresponde exclusivamente a centros poblados como: Pulingui San Pablo, Santa Marianita de Tambohuasa, el Resgón y parte del poblado de Achigñan.

Riesgo Alto

Constituye un área de riesgo por exposición, de 477 hectáreas, ubicada exclusivamente en las partes bajas de la cuenca del río Chibunga y de las quebradas en el flanco sur del volcán Chimborazo. Incluye a los poblados de: Achigñan, Chinihua, Comuna Chimborazo, Guabug, parte de Shobolpamba. Esta categoría incluye áreas donde se encuentran infraestructuras viales como parte de la vía Riobamba – Guaranda, y las principales vías entre los poblados, las cuales son esenciales para la movilización y el acceso en el territorio. También se incluyen aquí, áreas donde se localizan infraestructuras eléctricas como subestaciones eléctricas, torres y redes de transmisión.

Esta categoría se encuentra ubicada exclusivamente sobre las áreas altamente amenazadas ante la posibilidad de ocurrencia de lahares, los cuales, no necesitarían ser muy voluminosos para causar daños en los elementos del territorio, como los ya ocurrido en el este del volcán Chimborazo (Anexo N°28).

Riesgo Medio

El área de riesgo medio tiene una extensión de 1767 hectáreas del territorio del área de estudio. Incluye a la cabecera parroquial San Juan, San Antonio de Rumipam, Shobolpamba, La Merced de Guiltus, San Juan Chico, lugar donde se encuentra la hormigonera Chimborazo, además de una parte de la cabecera parroquial Calpi. Se encuentran también varios centros poblados de pequeña extensión, en la parte baja de la cuenca del río Chibunga.

Esta categoría se localiza sobre áreas donde existen vías secundarias e infraestructuras eléctricas como torres y redes de transmisión. También se caracteriza por tener dificultades de acceso a telecomunicaciones y de acceso a las vías de primer orden. Se incluyen también áreas destinadas a cultivos, los cuales son fuente de ingresos para los habitantes del área de estudio, ya que la mayoría de sus habitantes se dedica a las actividades agropecuarias. Estos pueden ser afectados por estos flujos similares a los ya ocurridos desde 2015 en adelante (Anexo N°29).

Riesgo Bajo

Esta categoría de riesgo por exposición es la más representativa, ya que engloba el 63 % del territorio en situación de riesgo, con una extensión de 6575 hectáreas. Representa terrenos usados principalmente para los cultivos y pastizales, y se encuentran ubicados, a pocos metros del cauce del río Chibunga, por lo que es poco posible que un lahar afecte a estos terrenos, ya que su riesgo está asociado a un escenario de afectación grande, que es poco posible.

Este nivel de riesgo cubre, además, la mayor parte de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, además de áreas con poca dificultad de acceso a telecomunicaciones y de acceso a vías de primer orden.

Estas áreas contienen algunos centros poblados de pequeña extensión y viviendas aisladas. No contienen elemento estructural alguno, que sea esencial para el funcionamiento del territorial.

Existen unos pocos elementos del cantón (infraestructuras aisladas, puentes y alcantarillas que conectan vías lastradas, ubicadas en los márgenes del río Chibunga) que fueron excluidos del área de estudio su bajo nivel de exposición, ya que podrían ser afectados, por re movilizaciones de los depósitos de lahar desde las partes más cercanas al volcán y se encuentran alejados del volcán (> 30 km de distancia), por lo tanto, su nivel de riesgo es bajo.

Riesgo Muy Bajo

Constituye una categoría con una extensión de 1557 hectáreas, y se encuentra ubicada principalmente a partir de una distancia de 18 km desde el volcán. Esta caracterizada por cubrir áreas amenazadas por un escenario de casi nula posibilidad de ocurrencia, pero que, sin embargo, se encuentra representada en el Mapa de Peligros Volcánicos del Chimborazo (Beate et al.,1990). Es un área con pocos centros poblados de pequeña extensión y viviendas aisladas.

A pesar de ser excluida del área de estudio, la cabecera provincial y cantonal Riobamba, se considera con un nivel de riesgo muy bajo, debido a que está amenazada por un escenario

relacionado a la generación de grandes lahares ardientes en una erupción pliniana muy grande. No se tiene registro geológico de un evento similar en el volcán Chimborazo. Sin embargo, este escenario se contempla en el Mapa de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo (Beate et al., 1990).

CONCLUSIONES

- El área de estudio se localiza en la parte oriental del cantón Riobamba, en los flancos del volcán Chimborazo, el cual puede ser considerado relativamente como un volcán Potencialmente Activo, debido a que su última erupción ocurrió hace ~ 1450 A.P., según IG-EPN. Durante el Holoceno se han producido erupciones sub-plinianas y vulcanianas de manera periódica (cada 1000 años aproximadamente), que en algunos de los casos han provocado voluminosos lahares ardientes sobre los flancos norte, oeste y sur del volcán. Una posible reactivación del volcán podría desembocar en la generación de lahares ardientes.
- La amenaza de potenciales lahares y flujos de lodo, que se forman después de lluvias torrenciales, diagnosticados en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Riobamba, especialmente en las parroquias de San Juan y Calpi. Esta amenaza ha sido mapeada a través de cinco escenarios de posible afectación, los cuales varían en su extensión, en función de su posibilidad de ocurrencia, el volumen de los flujos y de los efectos generadores de los mismos.
- El río Chibunga es el drenaje por el cual se trasladarían los lahares y flujos de lodo. Este río atraviesa poblaciones rurales asentadas en las partes bajas del valle aluvial por el cual este se traslada. Poblaciones como: Santa Marianita de Tambohuasa, El Resgón, Achigñan y Guabug, presentan un mayor nivel de amenaza, debido a su ubicación próxima al cauce del río Chibunga y por su cercanía al volcán Chimborazo. Las cabeceras parroquiales San Juan y Calpi, y la cabecera cantonal Riobamba, presentan un nivel de amenaza muy bajo.
- La variabilidad climática en la temperatura y en la precipitación en los alrededores del volcán, en los últimos años, puede ser considerada como posible causa del descenso de lahares fríos.
- La herramienta Laharz ha mostrado resultados favorables en el área de estudio, demarcando adecuadamente los escenarios de amenaza, tanto de lahares ardientes (primarios), como de lahares fríos (secundarios). Sin embargo, el Mapa de Amenazas por Lahares y Flujos de Lodo puede ser mejorado, en función de su exactitud y su escala, mediante el uso de Modelos digitales de elevación más precisos y, el uso de software más especializado, que permitan realizar mejores simulaciones para evaluar la amenaza. Estos recursos no se usaron debido a que representan costos altos. Sin embargo, en este estudio

se establecen escenarios de potenciales lahares o flujos de lodo, precisando la posibilidad de ocurrencia.

- Mediante el uso de imágenes satelitales y ortofotografías se logró identificar y clasificar las poblaciones rurales en cinco categorías en base a su concentración poblacional y extensión, para luego estimar su vulnerabilidad en función del número de pobladores. Poblaciones como: Achigñan, Shobolpamba, Guabug, Pulingui, San Pablo y la cabecera parroquial San Juan, presentan un nivel de vulnerabilidad muy alto, debido a que concentran a un 60 % de la población rural de las parroquias San Juan y Calpi, además concentran infraestructuras y elementos esenciales del territorio. Para las áreas identificadas con una vulnerabilidad muy alta se llegó a estimar un aproximado de 8000 habitantes, los cuales viven bajo esta condición de vulnerabilidad.
- La población ubicada sobre las áreas con mayor amenaza (San Juan y Calpi), es mayoritariamente indígena, y además es vulnerable por sus condiciones socioeconómicas (altos índices de pobreza).
- Mediante el uso herramientas informáticas, del SIG, y del procesamiento de información pertinente, se logra cartografiar niveles de vulnerabilidad, en base a una ponderación de los elementos esenciales del territorio en función de la importancia de estos, partiendo del criterio de exposición y sus posibles afectaciones territoriales. Así se obtuvo cuatro mapas temáticos de vulnerabilidad y el Mapa Síntesis de vulnerabilidad territorial.
- Considerando los cinco escenarios de posible afectación, en función de la posibilidad de ocurrencia y el volumen de los flujos, y diferentes niveles de vulnerabilidad territorial, se genera cuatro mapas de riesgo temático, mediante los cuales se logró identificar distintos niveles de riesgo respecto a los componentes vulnerables del territorio. Se llegó a estimar niveles de riesgo respecto de los centros poblados y poblamientos en general, las infraestructuras esenciales, las actividades económicas y los elementos patrimoniales, lo cual permite una interpretación específica del riesgo y estimar la extensión territorial del riesgo a diferentes niveles.
- Finalmente se genera el Mapa Síntesis de Riesgo ante Potenciales Lahares y Flujos de Lodo del Cantón Riobamba, que muestra el riesgo de manera integral en el cantón.
- Se identificó una extensión de territorio de aproximadamente 500 hectáreas con un nivel de riesgo alto, y corresponde a las áreas donde se encuentran poblaciones rurales ubicadas en las partes bajas del valle aluvial del río Chibunga y que se encuentran en las cercanías del volcán Chimborazo. Poblaciones como: Pulingui San Pablo, Chinihua, Comuna

Chimborazo, Shobolpamba, Santa Marianita de Tambohuasa, El Resgón y parte del poblado de Achigñan, se encuentran bajo esta condición de riesgo. En esta área también se encuentran infraestructuras y elementos patrimoniales, que son esenciales para el territorio.

- Los mapas de riesgo sirven para el mejoramiento de la formulación de Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantonal, ya que cumplen las características establecidas por la SENPLADES Y SNGR, contribuyendo a mejorar la gestión de riesgo ante futuros eventos adversos.
- Se han identificado áreas habitadas con un alto nivel de amenaza, las cuales requieren de intervención inmediata por parte del GAD cantonal, y otras entidades competentes.

5.4 Recomendaciones para las Estrategias de Gestión ante los riesgos por lahares y de flujos de lodo del cantón Riobamba.

5.4.1 Las **estrategias de prevención de desastres** propuestas son las siguientes:

1) *Fortalecimiento de la gestión de riesgo en el GAD del cantón Riobamba:* Se pretende mejorar la Gestión de Riesgo del GAD, para que pueda responder de manera eficiente, en el caso de que uno de los escenarios propuestos llegara a presentarse y de esta manera se pueda dar cumplimiento a lo expresado en la Constitución de la República del Ecuador, sobre todo mediante la prevención ante el riesgo y la minimización de la condición de vulnerabilidad.

2) Es necesario *disponer en la estructura organizacional del municipio de una unidad de Gestión de Riesgos*, y este deberá:

- Estudiar, evaluar y utilizar inmediatamente los mapas que muestran el riesgo de manera integral en el cantón:
- Mapa de Amenaza por Lahares y Flujos de Lodo del Volcán Chimborazo,
- Mapas de Vulnerabilidades, y
- Mapa Síntesis de Riesgo ante Potenciales Lahares y Flujos de Lodo del Cantón Riobamba,
- Incorporar estos mapas, dentro de la actualización del PDOT, para tener un conocimiento específico y más completo sobre las amenazas, vulnerabilidades y riesgos, y sus implicaciones territoriales.
- Mejorar el equipo técnico, incorporando profesionales que manejen información cartográfica, con el fin de monitorear de manera precisa los escenarios de posibles desastres y su gestión.

3) *Realizar investigación apoyada en otras instituciones*, para mejorar el conocimiento de la amenaza presente en el cantón y establecer diferentes mecanismos de respuesta ante desastres: talleres, capacitaciones, simulacros, sistemas de aletas, entre otros. Así mismo se recomienda realizar estudios especializados que permitan esclarecer las causales de estos flujos, para lo cual se necesita de un monitoreo del clima, con la red de estaciones meteorológicas ubicadas estratégicamente y en funcionamiento.

4) *Preparar los planes de contingencia* ante posibles eventos que puedan afectar a la población y a las infraestructuras presentes en el área, con la creación de una mancomunidad entre los GAD cantonales que presenten la amenaza de lahares del volcán Chimborazo. Esta

estrategia se presenta con el fin de mejorar la gestión de la competencia a través del trabajo conjunto. Acciones como la prestación de servicios de manera complementaria, el intercambio de información, la subsidiariedad, pueden ayudar a cohesionar estos territorios, de modo que las áreas bajo situación de amenaza puedan ser tratadas de manera integral. Además, esto ayudaría a que la problemática tenga mayor incidencia política frente al gobierno provincial y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, y también, frente a organismos internacionales y demás instituciones, que puedan estar interesados en ayudar a tratar la problemática. Una posibilidad de mancomunidad es la de los cantones Riobamba y Guano, los cuales son adyacentes y se encuentran en similar situación de amenaza.

5) *Fomentar la participación de los ciudadanos en la prevención de desastres* para informar acerca de la problemática e involucrarles. Se pueden implementar acciones específicas, con el apoyo de diversas instituciones, para promover las capacidades locales desde su organización comunitaria.

5.4.2 Las **estrategias de reacción** ante desastres están orientadas a gestionar los elementos del territorio, en un momento de crisis por la ocurrencia de un desastre.

1) *Activación del Comité de Operaciones de Emergencia:* el cual se mantiene en sesión permanente, para poner en acción a los elementos que permitan asegurar y dar atención a la población afectada en caso de presentarse un desastre, protegiendo la vida humana y las necesidades básicas de las personas afectadas, a través de la operación de planes de contingencia que puedan existir. El COE deberá disponer y utilizar de la información y los resultados del presente estudio, y la SNGR, podrá declarar el nivel de alerta, en función de cómo evolucione la amenaza.

2) *Generación de información actualizada sobre la evolución de la amenaza:* La institución científica – técnica encargada del monitoreo de volcanes (IG-EPN) deberá considerar este estudio y continuamente actualizar la información pertinente, sobre el estado de la amenaza.

5.4.3. Las **estrategias de mitigación** de riesgos naturales están orientadas a reducir el nivel de riesgo en el territorio.

1) *Capacitación de la ciudadanía:* respecto a la amenaza a la que están expuestos, para concientizar el riesgo en el territorio y para que puedan actuar según los planes ya realizados, en respuesta a una posible emergencia, utilizando los recursos y protocolos ya establecidos. Esta

capacitación puede darse mediante visitas de equipos técnicos, a través del desarrollo de proyectos específicos, la realización de talleres, etc.

2) *Construcción de infraestructuras para mitigar afectación física:* Los flujos de lodo pequeños y concentrados, pueden ser controlados en su trayectoria, para evitar daños en viviendas, torres de transmisión o áreas de cultivos, a través de la construcción de gaviones, o estructuras similares, en las áreas donde la amenaza sea más latente. Esto depende de un estudio detallado a una escala menor.

5.4.4. Las **estrategias de reconstrucción** ante desastres comprenden medidas dirigidas a: "*el restablecimiento y al mejoramiento de los servicios públicos dañados por un evento adverso, evitando que se repitan las condiciones de vulnerabilidad, o que se construyan nuevos factores de riesgo" (SNGR, 2014)*.

1) Inicialmente es necesario para evaluar los elementos afectados, y reestablecer la funcionalidad de estos, para que el territorio regresa a funcionalidad habitual, en el menor tiempo posible. Esto estará realizado por el COE cantonal.

BIBLIOGRAFIA

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). 2002." *Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales en el ámbito municipal de Nicaragua: Guía para el especialista".*Managua. NI. Tomado de: http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc14893/doc14893.htm

Aguilar, P & Robayo, N. (2013): "*Análisis de riesgos naturales en el cantón Tulcán*". Disertación de grado. Pontificia Universidad Católica del ecuador. Tomado de: http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/5747

Alcaraz, S., Bernard, B., Eissen., J. Leyrit., H. Robin., C. Samaniego, P., Le Pennee, J., Barba, D., (2005): "The *debris avalanche of Chimborazo, Ecuador".* 6th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2005, Barcelona), Extended Abstracts: 29-32. Tomado de: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010040161.pdf

Ayala, C. & Olcina. (2002). "*Riesgos Naturales*". Barcelona. Ed. Ariel, S.A.

Barba, D. (2006): "*Estudio vulcanológico del complejo volcánico Chimborazo-Ecuador"*. EPN. Disponible en: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/144.

Barba, D. Robin, C. Samaniego, S. Eissen J-P. (2008): *"Holocene recurrent explosive activity at Chimborazo volcano (Ecuador)".* Journal of Volcanology and Geothermal Research. Research 176 (2008) 27–35. Disponible en: www.elsevier.com/locate/jvolgeores.

Beate, B., Minard H., (1989): "Informe *Final de vulcanología; Tunguragua, Cotopaxi, Chimborazo.* INECEL – Consultora San Francisco. No publicado.

Beate, B., Von Hillebrandt, C., Hall, M. L. (1990): *""Mapa de Peligros Potenciales Asociados al Complejo Volcánico Chimborazo*". Escala 1: 50 000. Instituto Geofísico, EPN, Quito. Tomado de: http://www.igepn.edu.ec/publicaciones-vulcanologia/mapas-de-peligros/12880-mapa-de-peligros-chimborazo

Cáceres, B. (2010): "*Actualización del inventario de tres casquetes glaciares del Ecuador".* Université Nice Sophia Antopolis. Tesis de maestría. tomado de: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/010052702.pdf

Chardon, A. & Gonzales, J. (2002): "*Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre, Mitigación, Prevención…*" Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. Instituto de Estudios Ambientales. BID.

Clapperton, Ch. (1990): "Glacial *and Volcanic Geomorphology of the Chimborazo – Carihuayrazo – Ecuadorean Andes".* Transactions of the royal society of Edinburg. Earth Science. Vol. 81.

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) (R.O.#303), 19 de octubre del 2010. Ultima modificación: 16-ene. -2015. Tomado de: http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf

Constitución de la República del Ecuador (R.O. #449), 20 de octubre del 2008.

Cortéz, M, Becerra, P. (2006): "*Geografía de los riesgos una propuesta pedagógica para el municipio de yumbo".* Universidad del valle, Facultad de humanidades Departamento de geografía.

Coussot, P., Laigle, D., Arattano, M., Deganutti, A. & Marchi, L. 1998. "*Direct determination of rheological characteristics of debris flow".* Journal of Hydraulic Engineering 124: 865-868.

D'Ercole, R. (1998): "*Approches de la vulnérabilité et perspectives pour une meilleure logique de réduction des risques."* Pangea. n°29-30, p.20-28.

D'Ercole, R et Trujillo, M. (2003): *"Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgos en el Ecuador: los desastres un reto para el desarrollo",* Quito, COOPI-Oxfam GB-IRD.

FAO. (2009). *"El Ecuador: Un país con elevada vulnerabilidad."* FAO. Unidad de Tenencia y Manejo De tierras. Tomado de: http://www.fao.org/docrep/013/i1255b/i1255b02.pdf

GAD Chimborazo, (2014): "Plan *de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chimborazo 2015 - 2019".*

GAD Riobamba, (2015): *"Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial" 2015-2019.*

Hall, M.L., Mothes, P., (2008). *"The rhyolitic–andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador).* Bulletin of Volcanology 70, 675–702. Tomado de: https://link.springer.com/article/10.1007/s00445-007-0161-2

Humbolt. (2004). "El *ABC de los Riesgos*". Primera edición.

Instituto Geofísico EPN (2016). *Entrega oficial del "Mapa de Amenazas Potenciales por Lahares Secundarios Quebrada Yambo Rumi del Volcán Chimborazo" - Instituto Geofísico - EPN*. Tomado de: http://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1372-aproximadamente-1000-habitantes-serian-afectados-por-los-lahares-secundarios-del-chimborazo

Instituto Geofísico EPN (2017). "*Clasificación de volcanes en el Ecuador".* Tomado de: http://www.igepn.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig

Instituto Nacional de Estadística y Censo, INEC. (2010). *"Vll Censo de población y vivienda 2010*". Dirección de Información Cartográfica Estadística. Quito, Autor, 2010.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INHAMI. (2006): "*Mapa de Climas del Ecuador*". Escala 1: 1 000 000.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INHAMI. (2011): *"Mapa de Precipitación Media Multianual (1965 - 1999)".* Escala 1: 1 000 000.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INHAMI. (2011): *"Mapa de Temperatura Media Multianual (1965 - 1999)".* Escala 1: 1 000 000.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INHAMI. (2011): "*Registro de datos meteorológicos de la estación Guaslán M133".*

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INHAMI. (2011): *"Registro de datos meteorológicos de la estación San Juan – Chimborazo M393"*

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INHAMI. (2011): *"Registro de datos meteorológicos de la estación Guano M408"*

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INHAMI. (2011): *"Registro de datos meteorológicos de la estación Riobamba- Politécnica ESPOCH M 1036"*

Inter-agency Task Force On Disaster Reduction (ISDR), 2001: "*Marco de acción, para la aplicación de la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres (EIRD)"*. UNIDRS.

Le Pennec, J.L., Jaya, D., Samaniego, P., Ramón, P., Moreno, S., Egred, J., van der Plicht, J., (2008). "*The AD 1300–1700 eruptive periods at Tungurahua volcano, Ecuador, revealed by historical narratives, stratigraphy and radiocarbon dating*". Journal of Volcanology and Geothermal Research 176, 70–81. Tomado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377027308002850

Lugo Hubp, J. (1989): "*Diccionario Geomorfológico":* Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ciudad de México.

McCourt W.J., Duque P., Pilatasig L.F., Villag6mez R., (1997). "*Mapa Geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 1° - 2° S".* escala 1: 200000, CODIGEM-BGS.

Marskey, A. (1998): "*La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en américa latina"*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Tomado de: http://www.desenredando.org/public/libros/1998/neb/neb_cap02-LA_nov-09-2002.pdf

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2014): "*Mapa de Uso y Cobertura del suelo del Ecuador Continental Año 2013 – 2014".* Escala 1: 1 000 000. Proyecto de generación del Mapa de Uso y Cobertura del suelo del Ecuador continental Año 2013 – 2014.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2015): "Metodología accesibilidad". proyecto: "Levantamiento de cartografía temática". escala 1:25 000, lote 2" tomado de: http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Metodologia_Accesibilidad_16122015.pdf

Ministerio de Educación. (2017): "*Catálogo de instituciones educativas Ecuador".* Tomado de: http://geoportal.educacion.gob.ec/

Ministerio de Salud Pública. (2017): "*Catálogo de centros de salud Ecuador".* Tomado de: https://geosalud.msp.gob.ec/

Myers, Brantley, Stauffer, y Hendley II, 1998: "*What are Volcano Hazards?".* USGS. Tomado de: https://pubs.usgs.gov/fs/1997/0002/report.pdf.

Naciones-Unidas. (2014): "*Obtenido de Objetivos de desarrollo del milenio":* Tomado de: http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/

Narvaez, L. Lavell, A. Perez, V. (2009): *"La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos"*. Secretaría General de la Comunidad Andina. Lima, Perú.

Ocaña, C. Y Galacho, F. B. (2002): "*Un modelo de aplicación de SIG y evaluación multicriterio, al análisis de la capacidad del territorio en relación a funciones turísticas en TURITEC'2002".* IV Congreso Nacional de Turismo y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, pp. 235-253. Ed. Escuela Universitaria de Turismo. Tomado de: http://files.especializacion-tig.webnode.com/200001011-4e5304f4e8/EMC%20y%20funciones%20tur%C3%ADsticas.pdf

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2011): "*Mapa de Diseño Dísmico".* Escala 1:1 000 000.

Rivera, A., Bown, F., Bravo, C., Carrión, D., Casassa, G., Flores, C., López, P., Rada, C., Vivero, S., Zenteno, P., (2009). "*Estrategia Nacional de Glaciares"*. SIT Nº 205. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago de Chile. Tomado de: http://documentos.dga.cl/GLA5194v1.pdf

Romero, H. (2011). "*La Geografía de los Riesgos naturales y el terremoto del 27 de febrero del 2010".* Santiago de Chile: Centro de Investigación en Vulnerabilidades y Desastres Naturales. Proyecto Milenio.Recuperado de: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/645/romero.pdf

Samaniego, P. Robin, C. Michel F. Bernard, B. (2012) "*Eruptive history of Chimborazo volcano (Ecuador): A large, ice-capped and hazardous compound volcano in the Northern Andes"*. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 221–222 (2012) 33–51. Disponible en: www.elsevier.com/locate/jvolgeores.

Schilling, S.P., 2014, Laharz_py—GIS tools for automated mapping of lahar inundation hazard zones: U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1073, 78 p., Tomado de: https://dx.doi.org/10.3133/ofr20141073.

Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos. (2012). "Propuesta *metodológica. análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal".* Quito. Recuperado de: file:///C:/Users/estudiantes/Downloads/Metodologia%20Analisis%20Vulnerabilidades.pdf

Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos. (2015). "*Glosario de términos y abreviaturas".* MN-REA-01. Tomado de: http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Manual-del-Proceso-de-Registro-de-Eventos-Adversos.pdf

SENPLADES, (2014): "*Guía de contenidos y procesos para la formulación de Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Gobiernos autónomos descentralizados"*. Versión preliminar 1.0.

SENPLADES. (2013): "*Catálogo Nacional de Objetos Geográficos Versión 2.0*". Primera edición. Quito. IGM. Tomado de: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/Catalago-Nacional-de-objetos-geogr%C3%A1ficos.pdf

SUBDERE, S. d. (2011). "Guía *análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial. centro de documentación y publicaciones"*. CEDOC-SUBDERE. Tomado de: http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/libro_guia_de_analisis_de_riesgos_naturales_para_el_ordenamiento_territorial_.pdf

Unidad de Investigación, Desarrollo y Extensión y Transferencia Gestión Ambiental (UIDET GA). (2014): "*Vulnerabilidad de la población de la ciudad de plata (argentina) a precipitaciones extraordinarias".* Aqua-LAC - Vol. 6 - Nº 2 - Sep. 2014. pp. 11 – 20. Tomado de: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/44275

USGS, (2009): *"¿Cuáles son las Amenazas o Peligros Volcánicos?"* Servicio geológico de los estados unidos. Reduciendo el riesgo de los peligros volcánicos. Traducido por USAID. (2009). Tomado de: https://pubs.usgs.gov/fs/fs144-00/fs144-00.pdf

Vascones, R., Hall, M., Mothes, P., (2011). "*Devastadores flujos de lodo disparados en el volcan Carihuayrazo por el terremoto del 20 de junio de 1698".* Escuela Politécnica Nacional. Tomado de: http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5629/1/V%C3%A1sconez-Roberto.pdf

Vascones, R., Maisincho, L., Cáceres, B., Mothes, P., (2016): "*Mapa de Amenazas Potenciales por Lahares Secundarios Quebrada Yambo Rumi - Volcán Chimborazo". E*scuela Politécnica Nacional - Instituto Geofísico, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Tomado de: https://www.researchgate.net/publication/310480740_Mapa_de_amenazas_potenciales_por_lahares_secundarios_quebrada_Yambo_Rumi_-_volcan_Chimborazo

Vásconez, F., Maisincho, L., Cáceres, B., Telenchana, E., Argoti, C., Marrero, J., Almeida S., (2016): "*Glacier Hazard: the case of secondary lahars in Yambo Rumi ravine at Chimborazo volcano (Ecuador)*". Cities on Volcanoes 9. November 20-25, 2016. Puerto Varas, Chile. Understanding volcanoes and society: the key for risk mitigation.

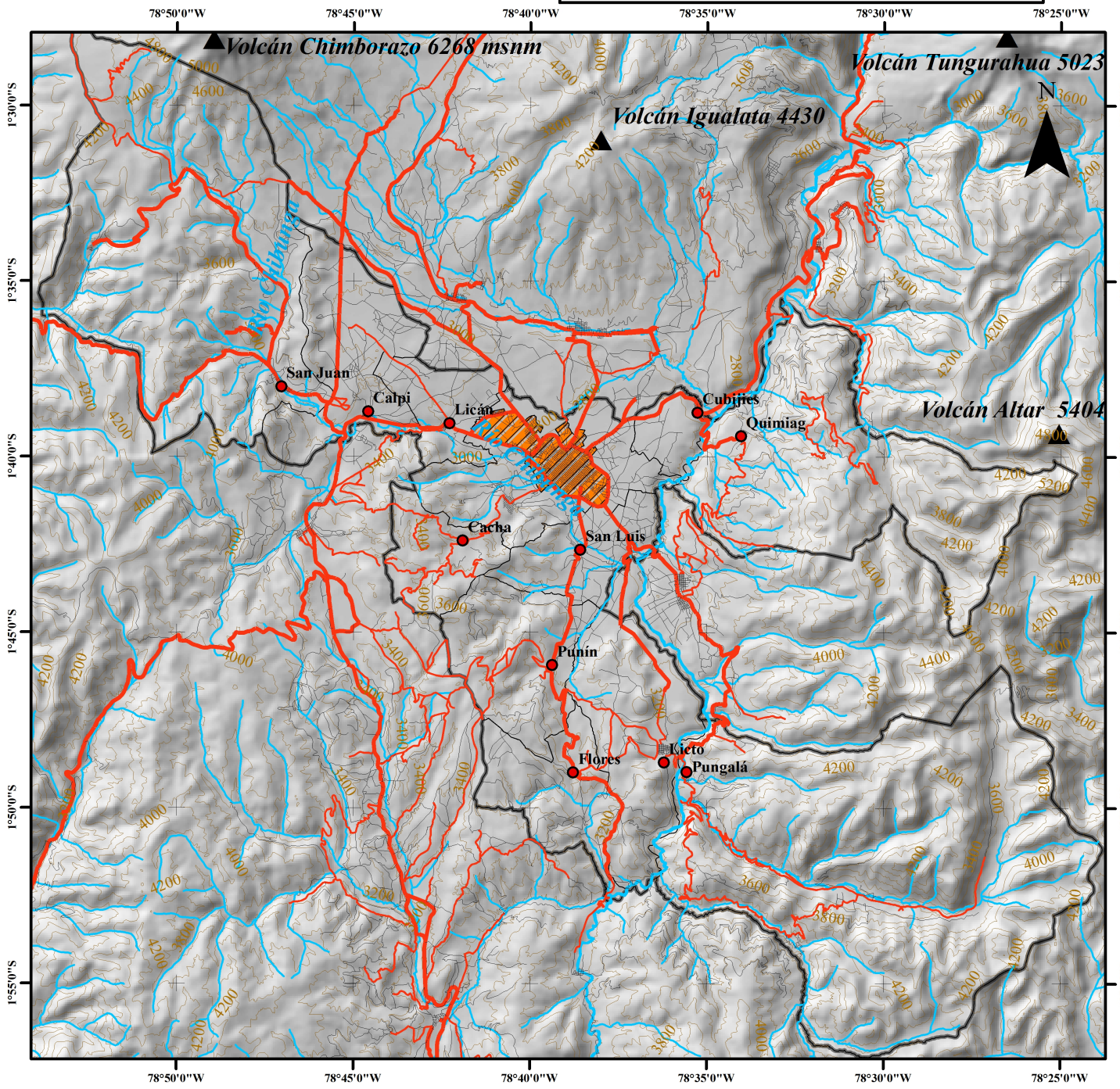
Winckell, A., Zebrowski, C., Sourdat, M. (1997): *"Los paisajes naturales del Ecuador. Las regionales y paisajes del Ecuador"*. Geografía Básica del Ecuador. Tomo IV Volumen 2 Geografía física. Centro Ecuatoriano de investigación Geográfica.

Zavgorodniaya, S. Costales, A. Enríquez, F. (2016): "*Percepción y adaptabilidad de la población de los Andes ecuatorianos a la variabilidad climática.".* Centro de Publicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.

ANEXOS

ANEXO N ° 1
ECUADOR - ESCALA 1:300 000

Mapa Base del Cantón Riobamba



Simbología

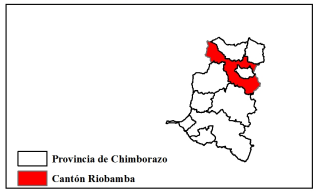
- Cabecera cantonal Riobamba
- Cabeceras parroquiales

Tipo de vía

- Ruta primaria
- Ruta secundaria
- Ruta local
- Límite Cantón Riobamba
- Límites Parroquias rurales
- Ríos
- Curvas de nivel
- Volcanes

Kilometros
0 2,5 5 10

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRAFICAS
CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

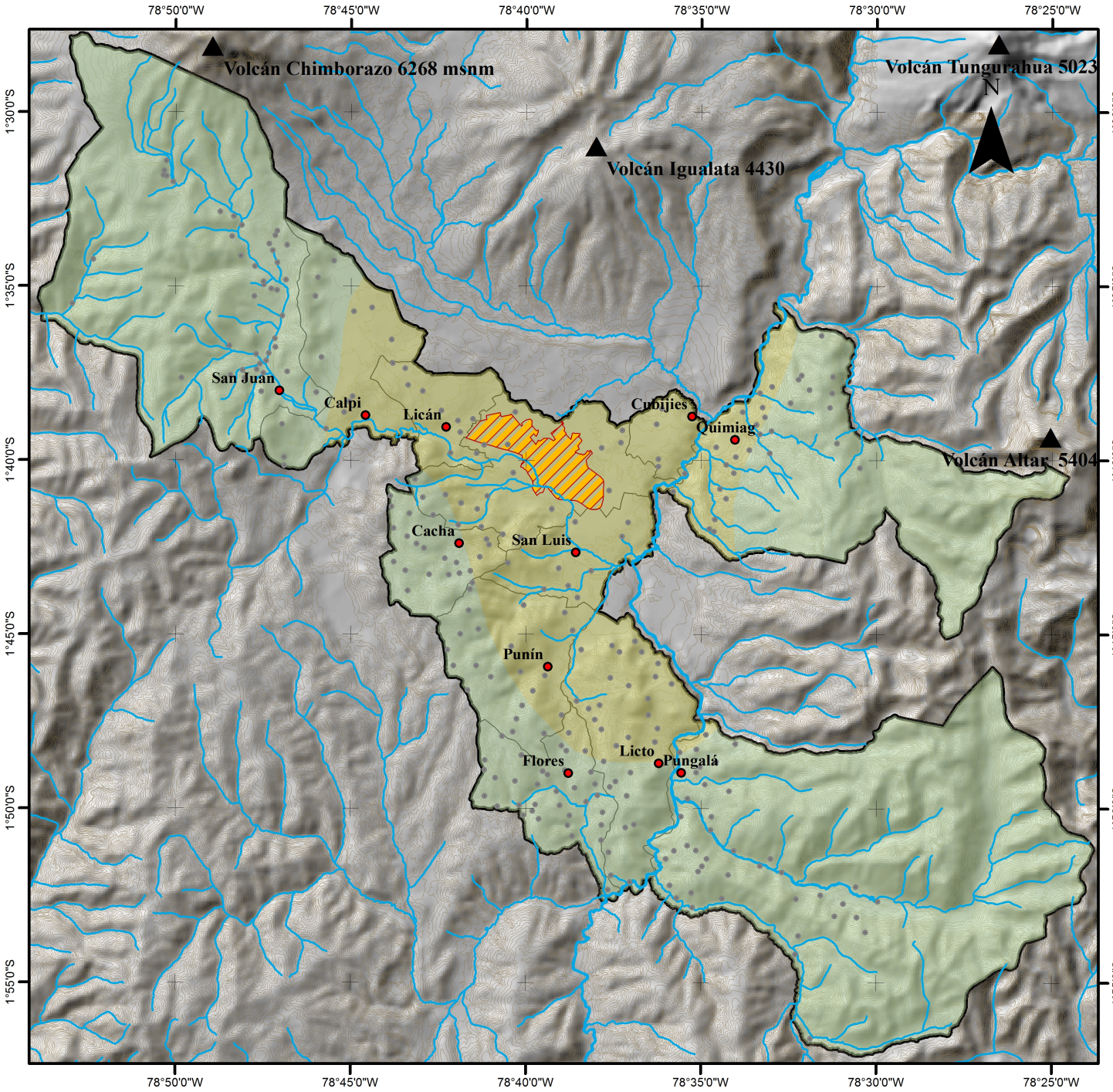
MAPA BASE DEL CANTÓN RIOBAMBA

:REALIZADO POR:	REVISADO POR
DIEGO MORETA	PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA
:LUGAR Y FECHA:	FUENTE
QUITO, ENERO 2018	IGM, MTOP
ZONA: 17 S.	DATUM: WGS 84
ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N°2

ECUADOR - ESCALA 1:300 000

Mapa de Climas del Cantón Riobamba



Leyenda

Tipo de Clima

- Clima Subhúmedo con pequeño déficit de agua, Mesotérmico templado frío
- Clima seco sin exceso de agua, Mesotérmico templado frío

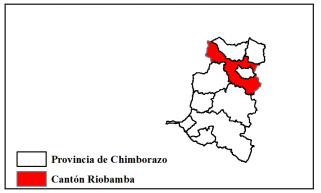
Simbología

- Cabecera Cantonal Riobamba
- Cabeceras parroquiales
- Límite Parroquias rurales
- Límite Cantón Riobamba
- Ríos
- Curvas de nivel
- Volcanes

Kilometros

0 2,5 5 10

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRAFICAS
CIENCIAS GEOGRAFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

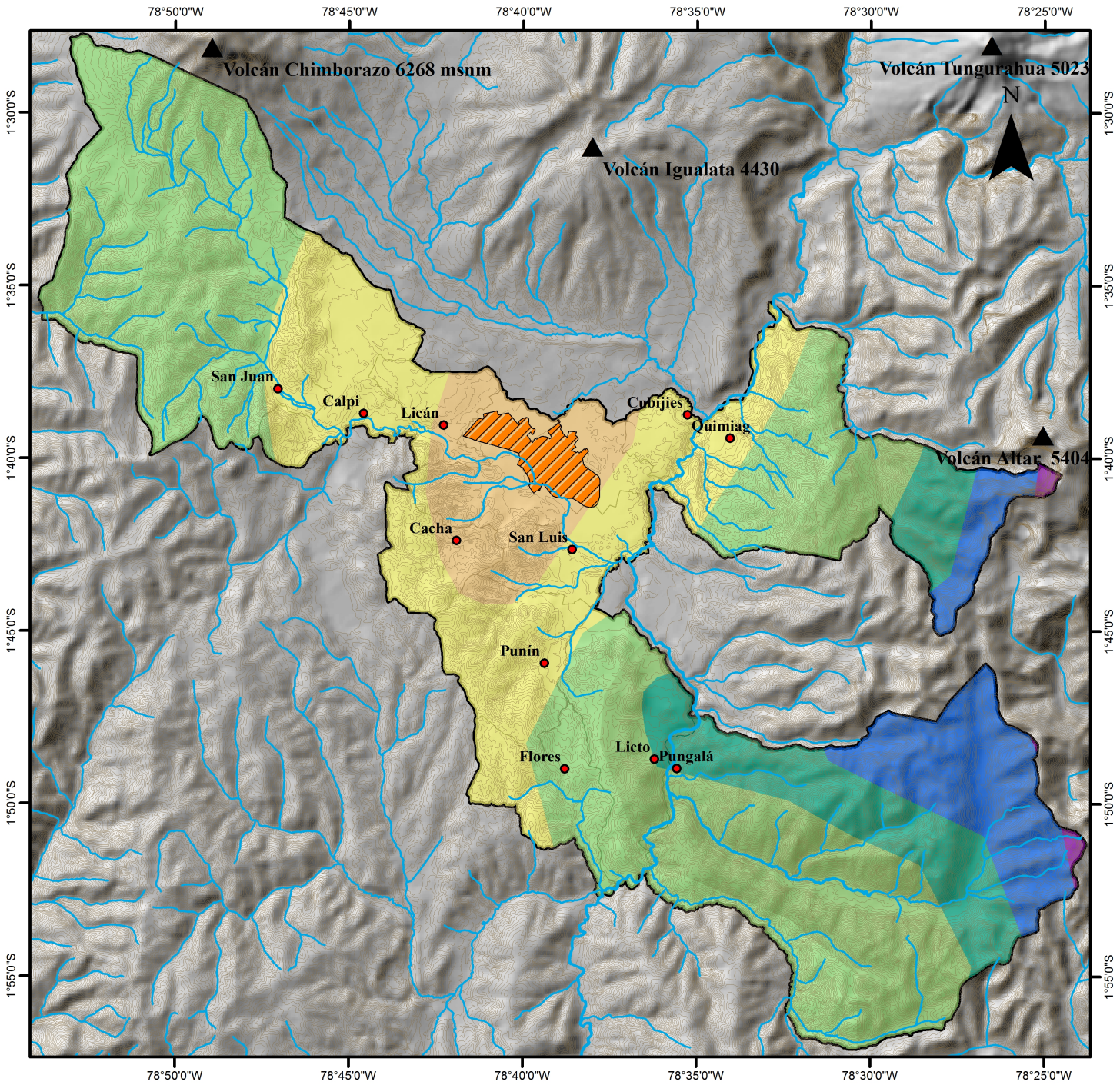
MAPA DE CLIMAS DEL CANTÓN RIOBAMBA

:REALIZADO POR:	REVISADO POR
DIEGO MORETA	PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA
:LUGAR Y FECHA:	FUENTE
QUITO, ENERO 2018	IGM, INHAMI
ZONA: 17 S.	DATUM: WGS 84
ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N°3

ECUADOR - ESCALA 1:300 000

Mapa de Isoyetas de Precipitación Anual del Cantón Riobamba



Leyenda

PRECIPITACION (mm)

- 0-500
- 500-750
- 750-1000
- 1000-1250
- 1250-1500
- 1500-1750
- 1750-2000

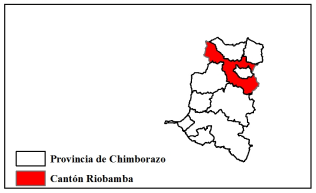
Simbología

- Cabecera Cantonal Riobamba
- Cabeceras parroquiales
- Límite Parroquias Rurales
- Límite Cantón Riobamba
- Ríos
- Curvas de nivel
- Volcanes

Kilometros

0 2,5 5 10

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo

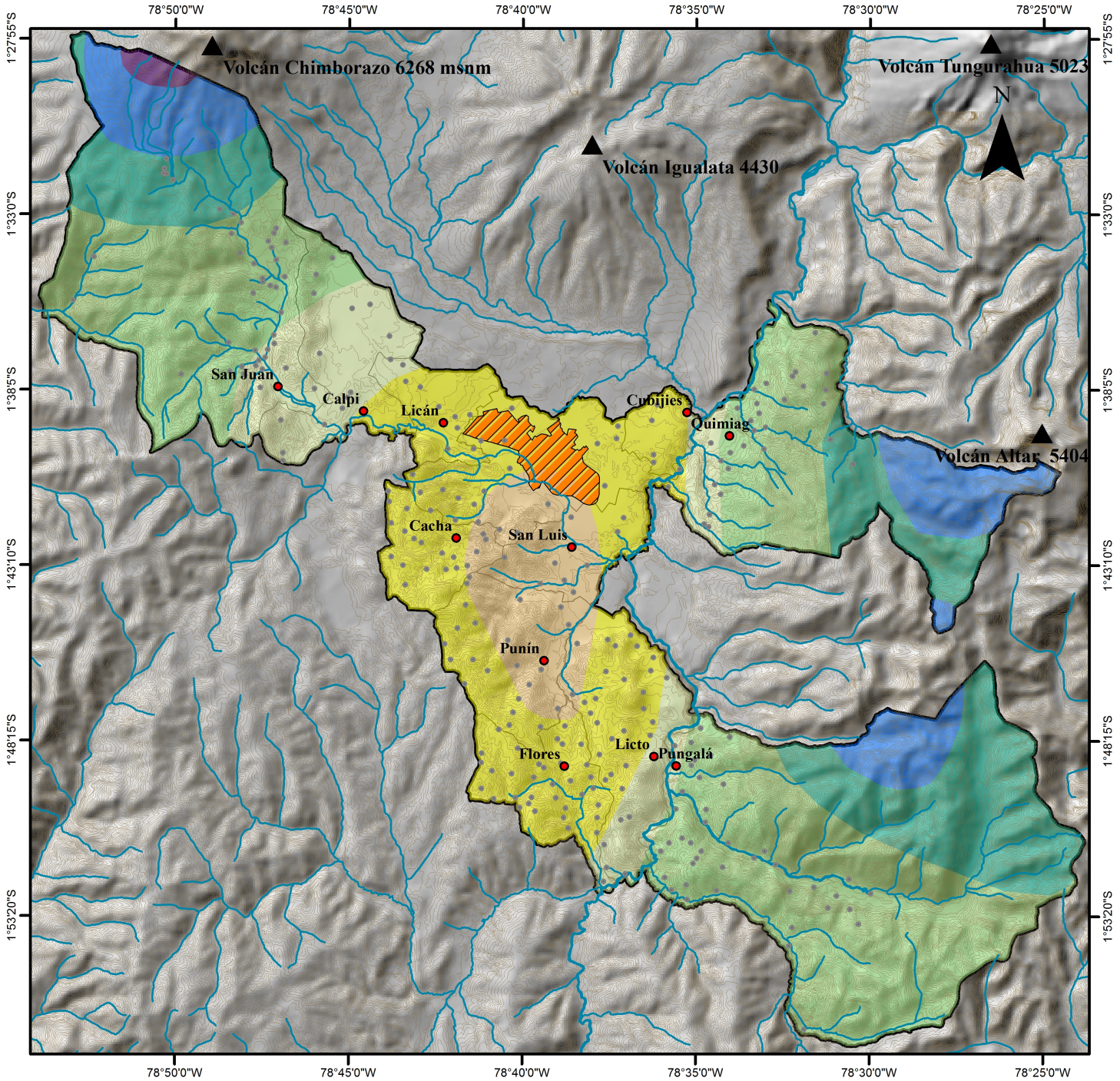


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	
MAPA DE ISOYETAS DE PRECIPITACIÓN ANUAL DEL CANTÓN RIOBAMBA	
:REALIZADO POR: DIEGO MORETA	REVISADO POR PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA
:LUGAR Y FECHA: QUITO, ENERO 2018	FUENTE IGM, INHAMI
ZONA: 17 S.	DATUM: WGS 84
ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N°4

ECUADOR - ESCALA 1:300 000

Mapa de Isotermas de Temperatura Anual del Cantón Riobamba



Leyenda

TEMPERATURA MEDIA °C

- 0-2
- 2-4
- 4-6
- 6-8
- 8-10
- 10-12
- 12-14
- 14-16

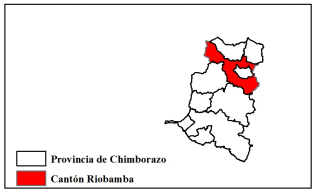
Simbología

- Cabecera Cantonal Riobamba
- Cabeceras parroquiales
- Límite Parroquias Rurales
- Límite Cantón Riobamba
- Ríos
- Curvas de nivel
- Volcanes

Kilometros

0 2,5 5 10

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo

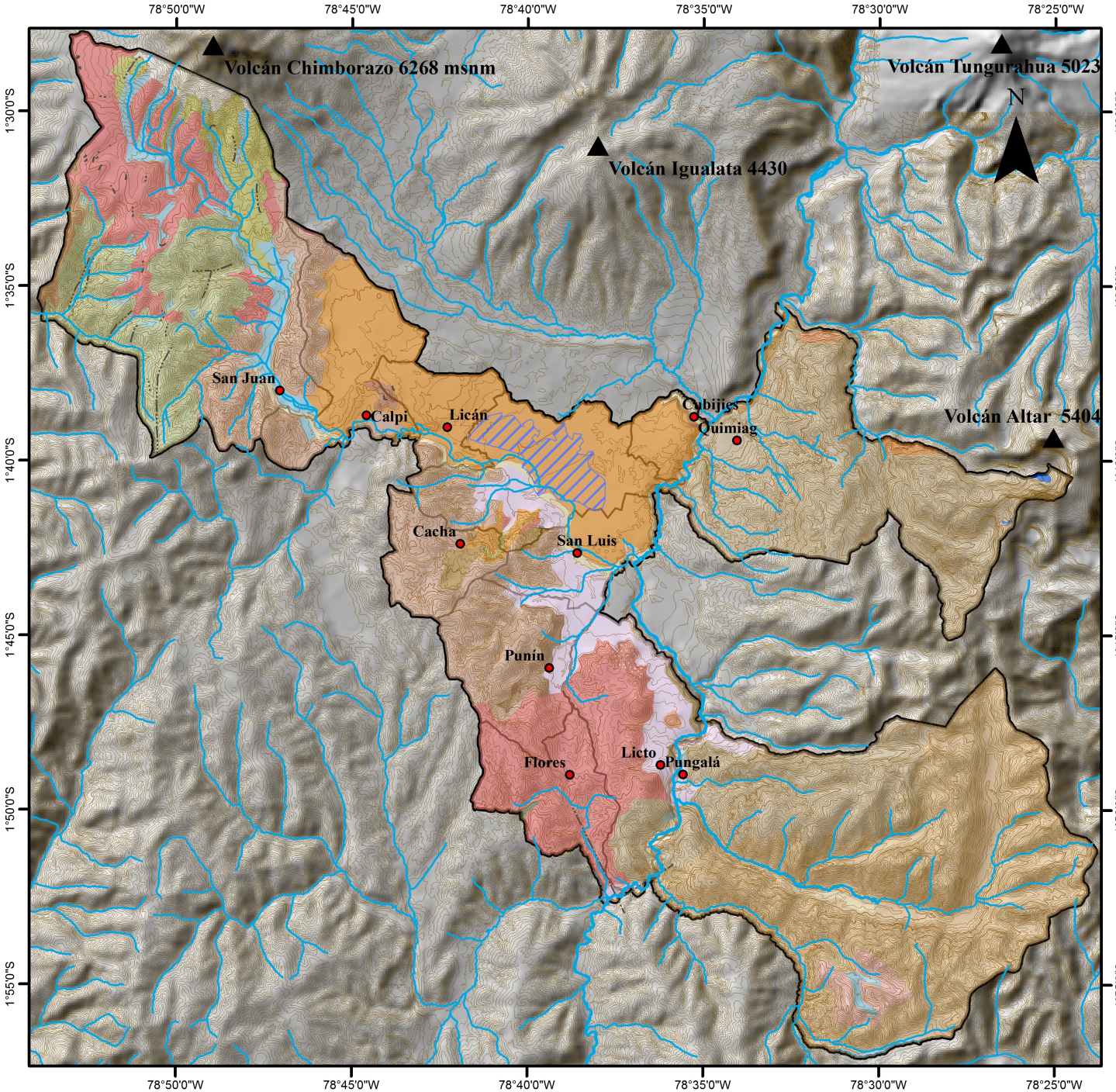


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	
MAPA DE ISOTERMAS DE PRECIPITACIÓN ANUAL DEL CANTÓN RIOBAMBA	
:REALIZADO POR: DIEGO MORETA	REVISADO POR PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA
:LUGAR Y FECHA: QUITO, ENERO 2018	FUENTE IGM, INHAMI
ZONA: 17 S.	DATUM: WGS 84
ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N° 5

ECUADOR - ESCALA 1:300 000

Mapa Geológico del Cantón Riobamba



Leyenda

GEOLOGIA

LITOLOGIA

- GLACIAR
- ANDESITA
- ANDESITA AGLOMERADO
- ARCILLA, LIMO
- ARCILLA,ARENISCA,...
- BASALTO,TOBA
- CONGLOMERADO
- CUARCITA,,ESQUISIT... VOLCANICA,FILITA,M... VOLCANICA
- DEPOSITO ALUVIAL
- DEPOSITOS GLACIARES
- DERRUMBE
- FILITA META VOLCANICA,CUARCITA
- FILITA,ESQUISITO GRAFICO,METAVOLC...
- FILITA,ESQUISTO,GN...
- FILITA,META VOLCANICA,CUARCITA
- FLUJOS DE LAVA,TOBA,ANDESITA, AGLOMERADO,PIROC...
- GRANODIORITA
- LAGUNA
- LUTITA,CHERT,CONG... CALIZA,GRAUVACA Y CONGLOMERADO,AN...
- PIROCLASTICAS
- PIROCLASTICAS,TOBA
- TERRAZAS (1-3)
- TERRAZAS ALUVIALES
- TOBAS
- TOBAS, AGLOMERADOS, ANDESITAS
- TOBAS, ANDESITAS

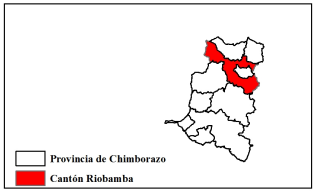
Simbología

- Cabecera Cantonal
- Cabeceras parroquiales
- Límite Parroquias Rurales
- Límite Cantón Riobamba
- Ríos
- Curvas de nivel
- Volcanes

Kilometros

0 2,5 5 10

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS
CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

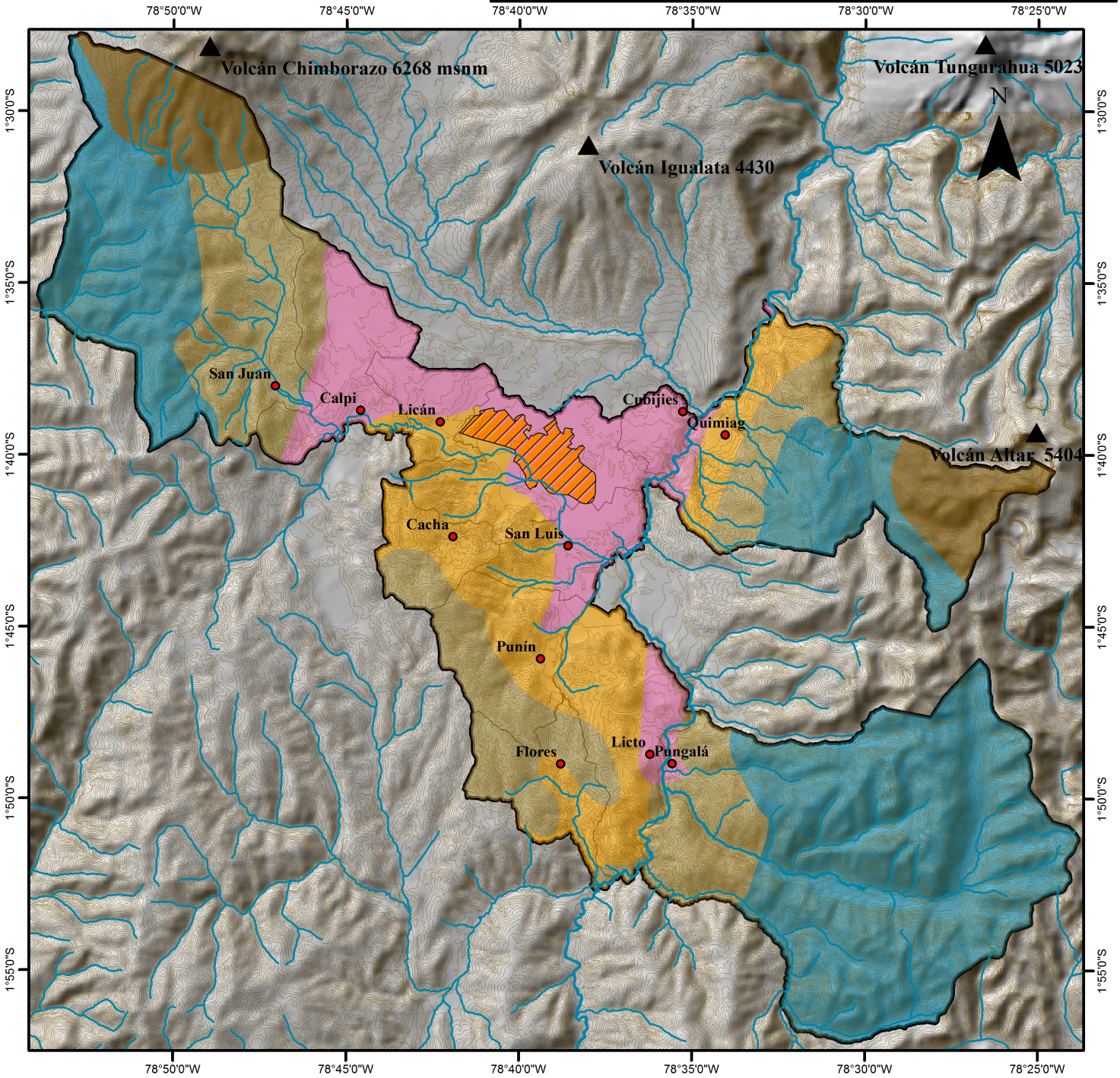
MAPA GEOLÓGICO DEL CANTÓN RIOBAMBA

:REALIZADO POR:	REVISADO POR
DIEGO MORETA	PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA
:LUGAR Y FECHA:	FUENTE
QUITO, ENERO 2018	IGM, MAGAP
ZONA: 17 S.	DATUM: WGS 84
ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N° 6

ECUADOR - ESCALA 1:300 000

Mapa Geomorfológico del Cantón Riobamba



Leyenda

- Estratovolcán
- Formas heredadas paleo-glaciares
- Relieves de los fondos de cuencas
- Vertientes inferiores y relieves de las cuencas interandinas
- Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas

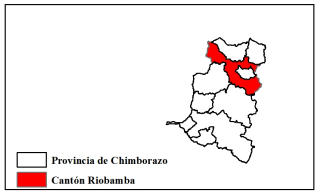
Simbología

- Cabecera Cantonal
- Cabeceras parroquiales
- Límite Parroquias Rurales
- Límite Cantón Riobamba
- Ríos
- Curvas de nivel
- Volcanes

Kilometros

0 2,5 5 10

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRAFICAS
CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

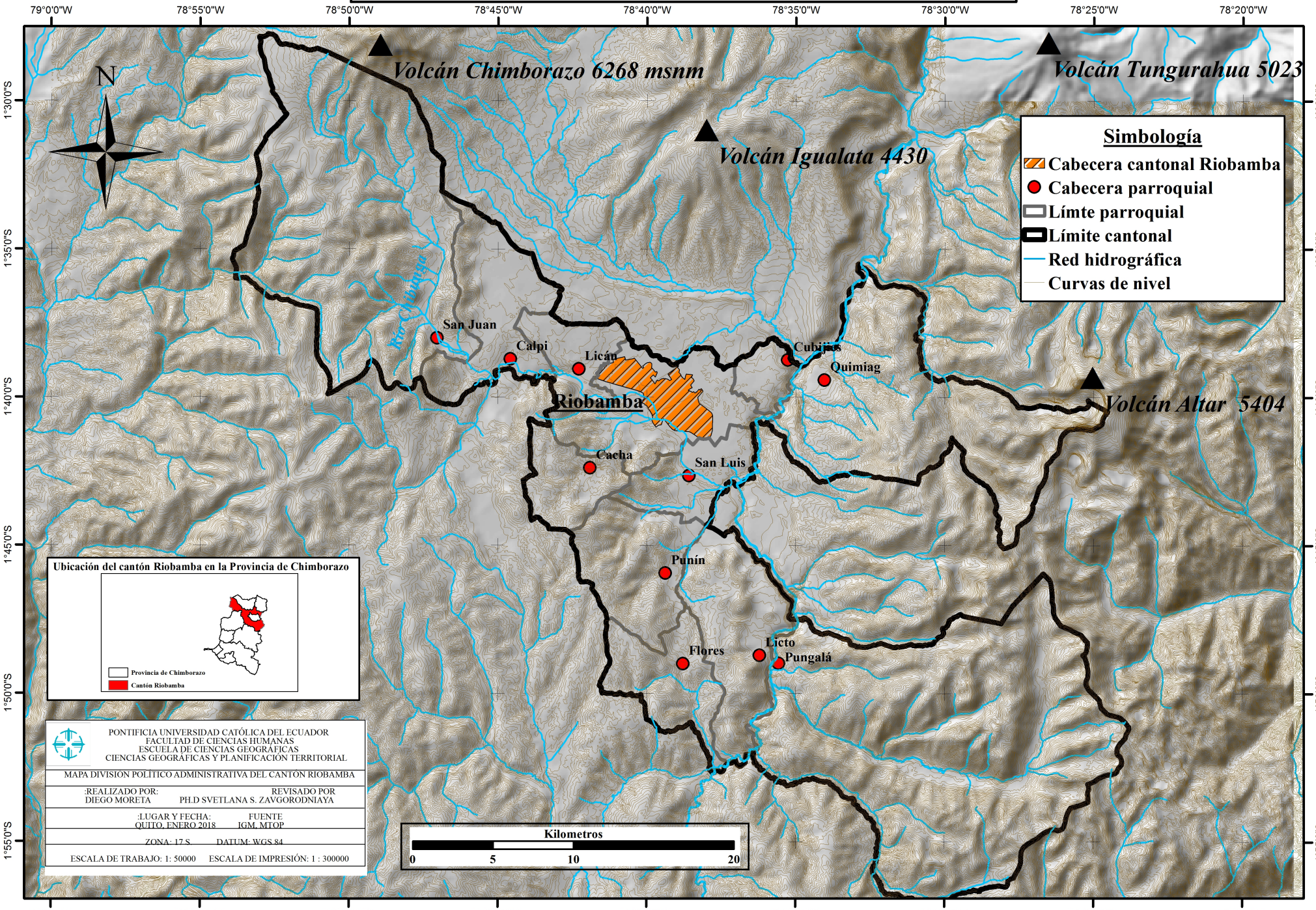
MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL CANTÓN RIOBAMBA

:REALIZADO POR:	REVISADO POR
DIEGO MORETA	PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA
:LUGAR Y FECHA:	FUENTE
QUITO, ENERO 2018	IGM, PROMSA
ZONA: 17 S.	DATUM: WGS 84
ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N° 7

Mapa de División Político Administrativa del Cantón Riobamba

ECUADOR - ESCALA 1:300 000



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS
CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

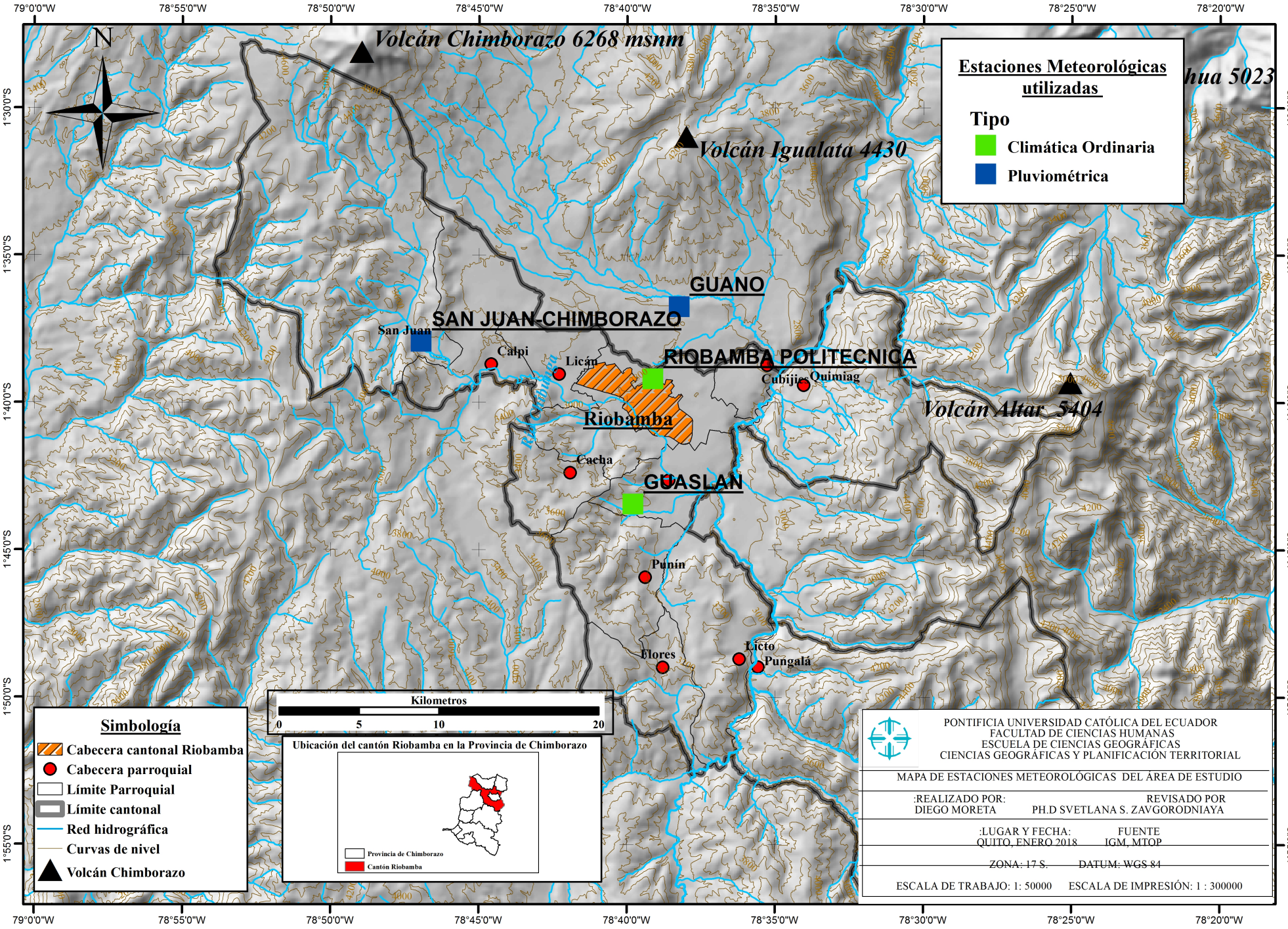
MAPA DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVA DEL CANTON RIOBAMBA

:REALIZADO POR: DIEGO MORETA	REVISADO POR PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA
:LUGAR Y FECHA: QUITO, ENERO 2018	FUENTE IGM, MTOP
ZONA: 17 S	DATUM: WGS 84
ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N° 8

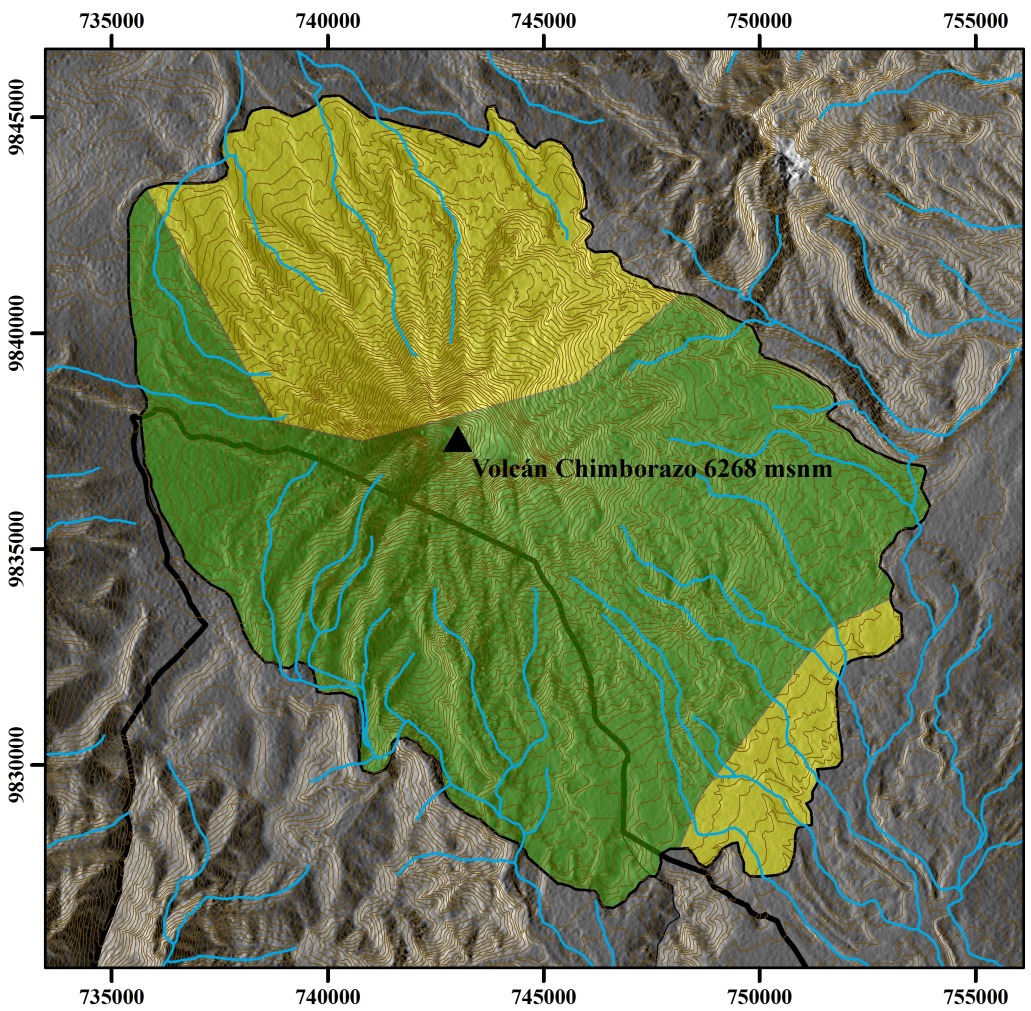
Mapa de Estaciones Meteorológicas Utilizadas

ECUADOR - ESCALA 1:300 000

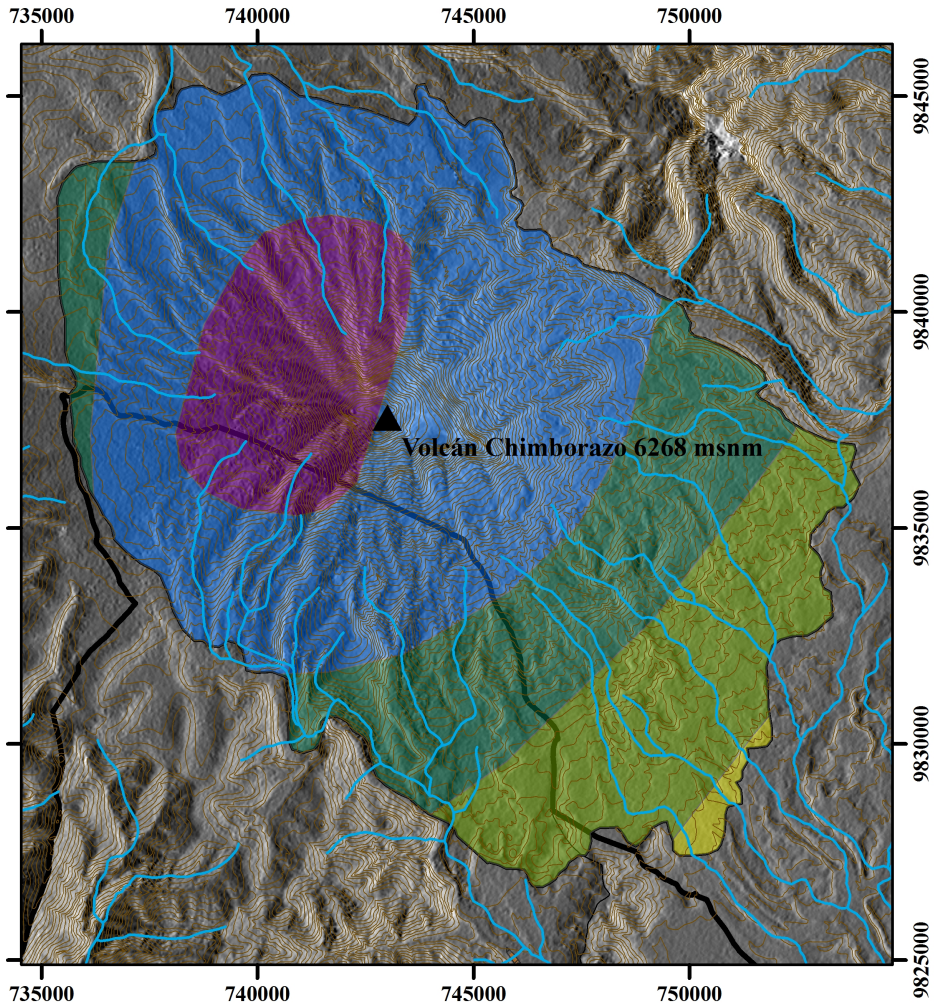


Anexo N°9
ECUADOR
ESCALA 1:175000

Isoyetas del Volcán Chimborazo



Isotermas del Volcán Chimborazo



Leyenda

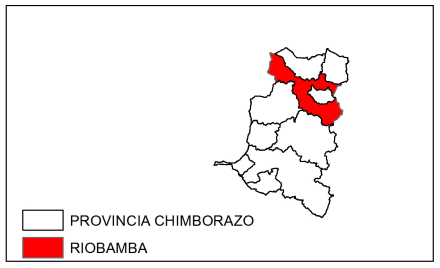
Isoyetas (mm)	Isoyetas (° C)
500-750	0-2
750-1000	2-4
	4-6
	6-8
	8-10
	10-12

Simbología

- Volcán Chimborazo
- Límite Cantón Riobamba
- Ríos
- Curvas de nivel
- Volcanes

Kilometros
0 1,25 2,5 5

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS
CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

MAPA DE ISOYETAS E ISOTERMAS DEL V. CHIMBORAZO

:REALIZADO POR: DIEGO MORETA
REVISADO POR PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA

:LUGAR Y FECHA: QUITO, ENERO 2018
FUENTE IGM, MTOP

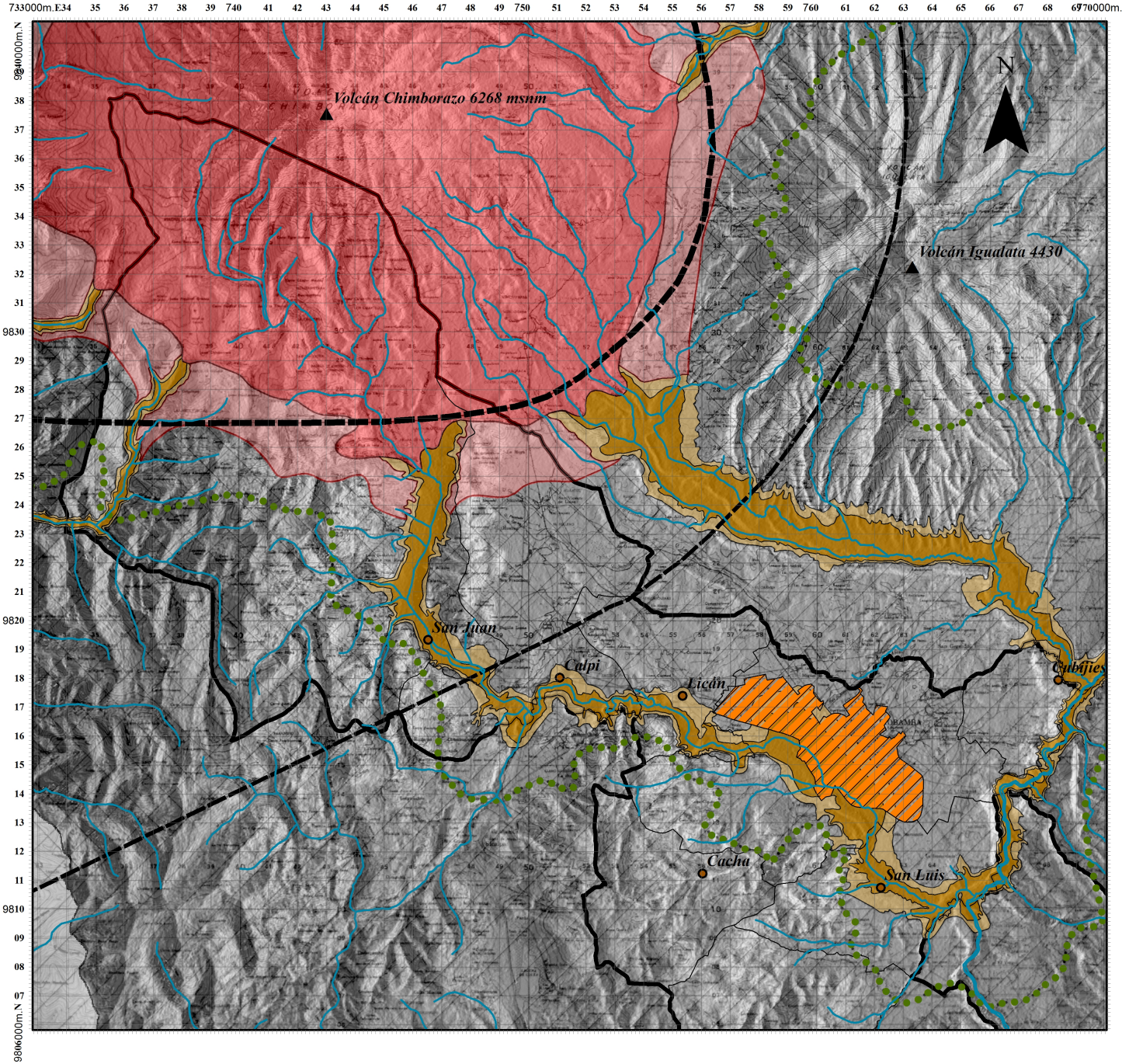
ZONA: 17 S. DATUM: WGS 84

ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N° 10

ECUADOR - ESCALA 1:200 000

Mapa de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo Digitalizado (Beate et al., 1990)



Leyenda

Caídas de piroclástos

- Caídas de piroclástos >25 cm.
- Caídas de piroclástos >5 cm.

Avalancha de escombros

- Zona de afectación

Lahares

- Mayor Peligro
- Menor Peligro

Flujos piroclásticos, flujos de lava y lahares

- Mayor Peligro
- Menor Peligro

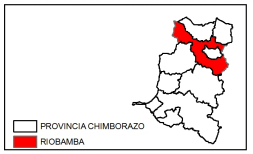
Simbología

- Cabecera cantonal
- Cabeceras Parroquiales
- Límite parroquial
- Límite Cantonal
- Ríos
- Volcanes

Kilometros

0 2,5 5 10

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS
CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

MAPA DE PELIGROS ASOCIADOS AL VOLCÁN CHIMBORAZO

:REALIZADO POR: DIEGO MORETA

REVISADO POR PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA

:LUGAR Y FECHA: QUITO, ENERO 2018

FUENTE IGM, MTOP

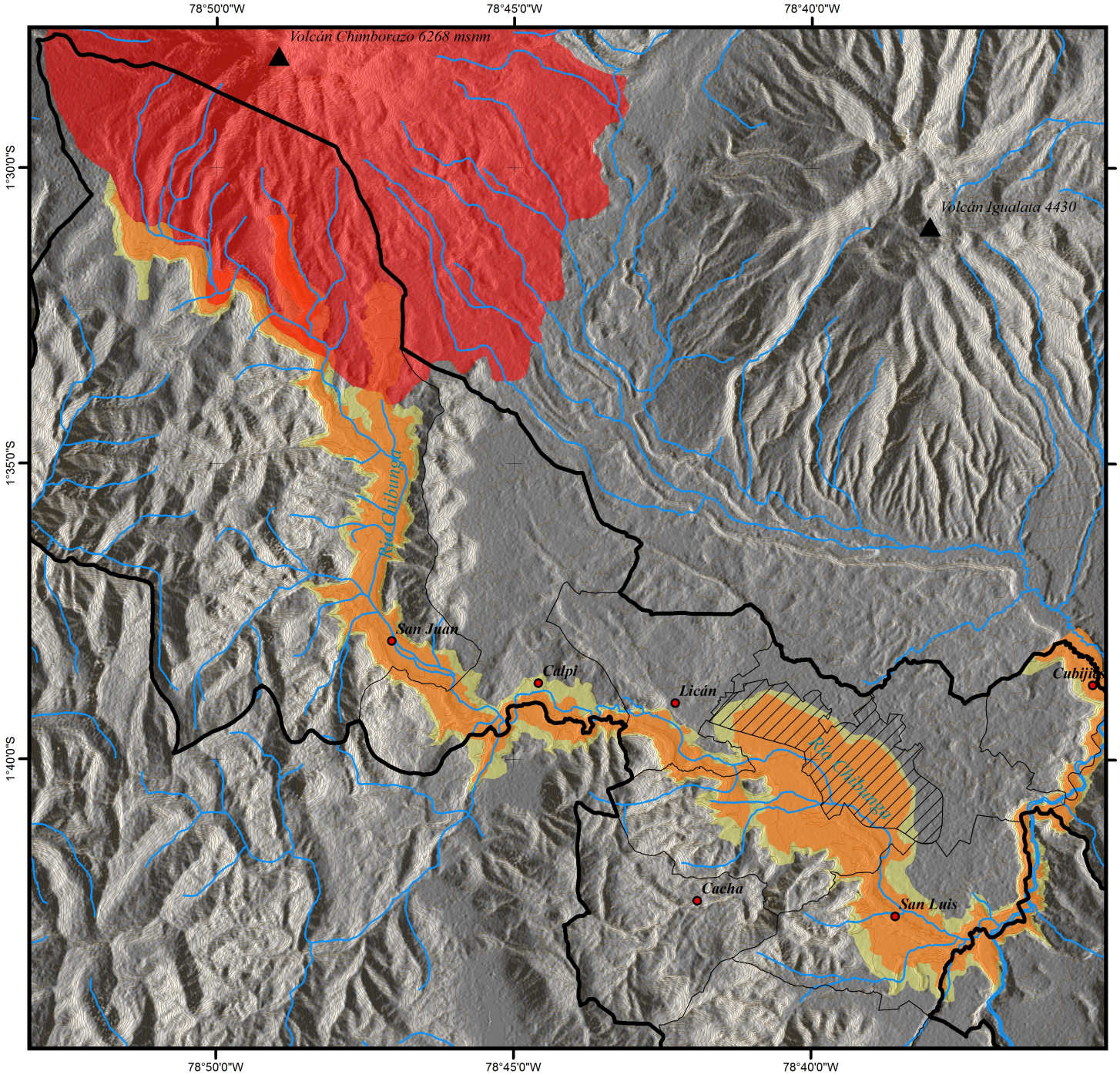
ZONA: 17 S. DATUM: WGS 84

ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 300000

Anexo N° 11

ECUADOR ESCALA 1:175000

Mapa Actualizado de Peligros Asociados al Volcán Chimborazo



Peligros volcánicos

Peligros proximales

- Lahares, Flujos piroclásticos, etc.

Peligros distales

- Lahares Mayor peligro
- Lahares Menor peligro

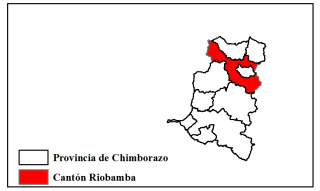
Simbología

- Cabeceras Parroquiales
- Volcanes
- Cabecera Cantonal Riobamba
- Límite Parroquial
- Límite cantonal
- Ríos
- Curvas de nivel

Kilometros

0 2,5 5 10

Ubicación del cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS
CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

MAPA ACTUALIZADO DE PELIGROS ASOCIADOS AL VOLCÁN CHIMBORAZO

:REALIZADO POR: DIEGO MORETA — REVISADO POR PH.D SVETLANA S. ZAVGORODNIAYA

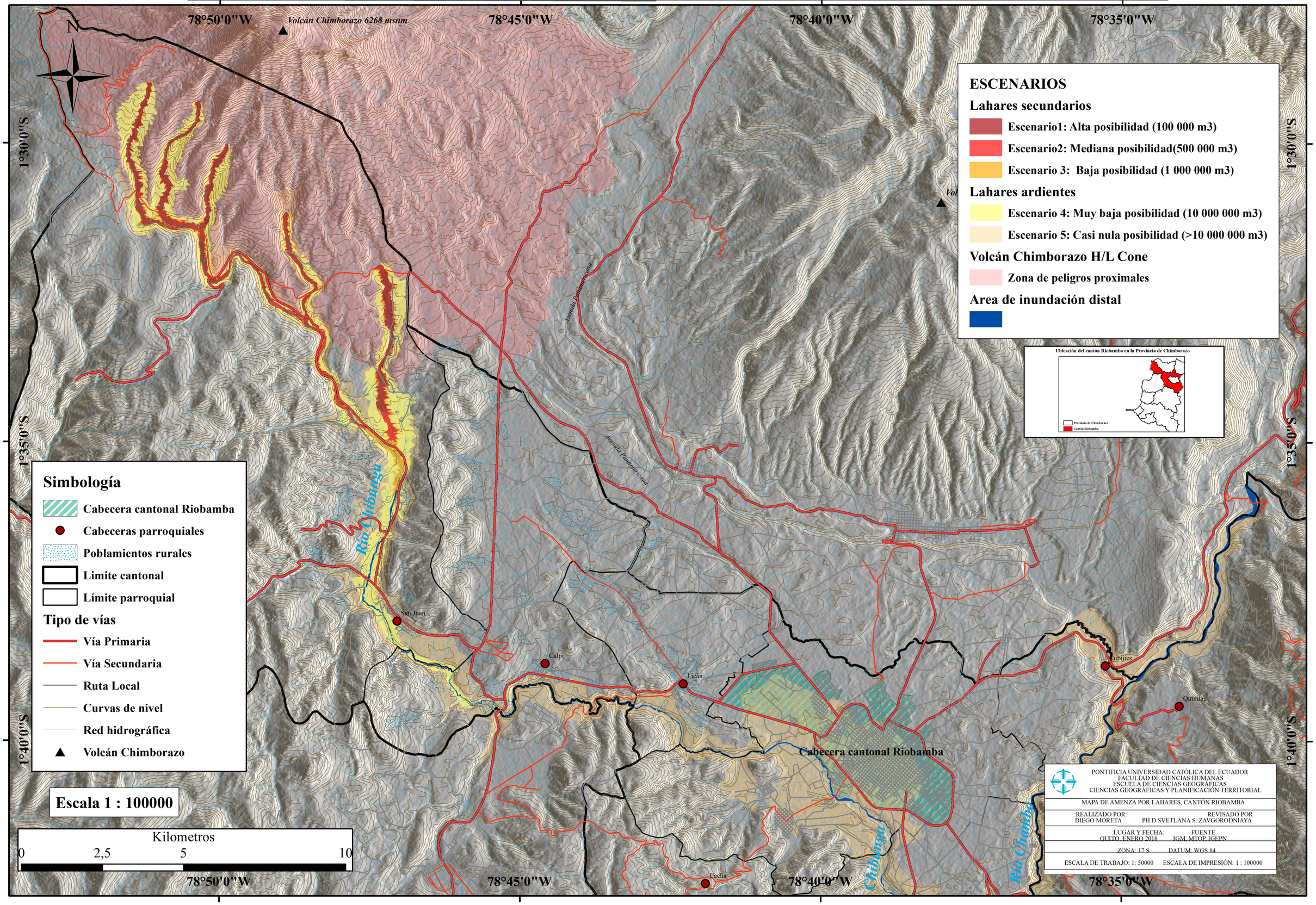
:LUGAR Y FECHA: QUITO, ENERO 2018 — FUENTE IGM, IGEPN

ZONA: 17 S. — DATUM: WGS 84

ESCALA DE TRABAJO: 1: 50000 — ESCALA DE IMPRESIÓN: 1 : 175000

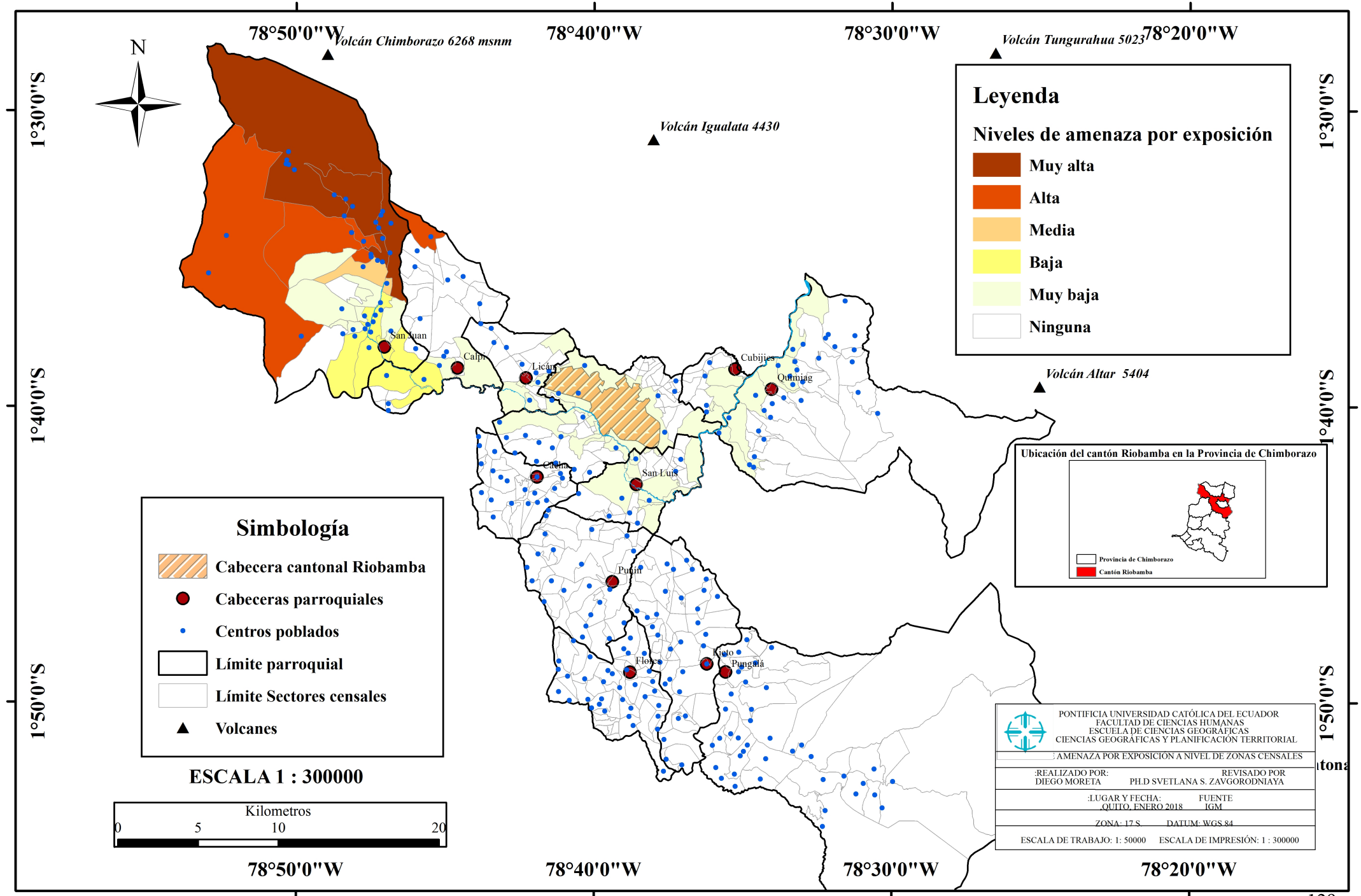
Anexo N° 12

MAPA DE AMENAZA POR LAHARES DEL VOLCÁN CHIMBORAZO , CANTÓN RIOBAMBA



Anexo N° 13

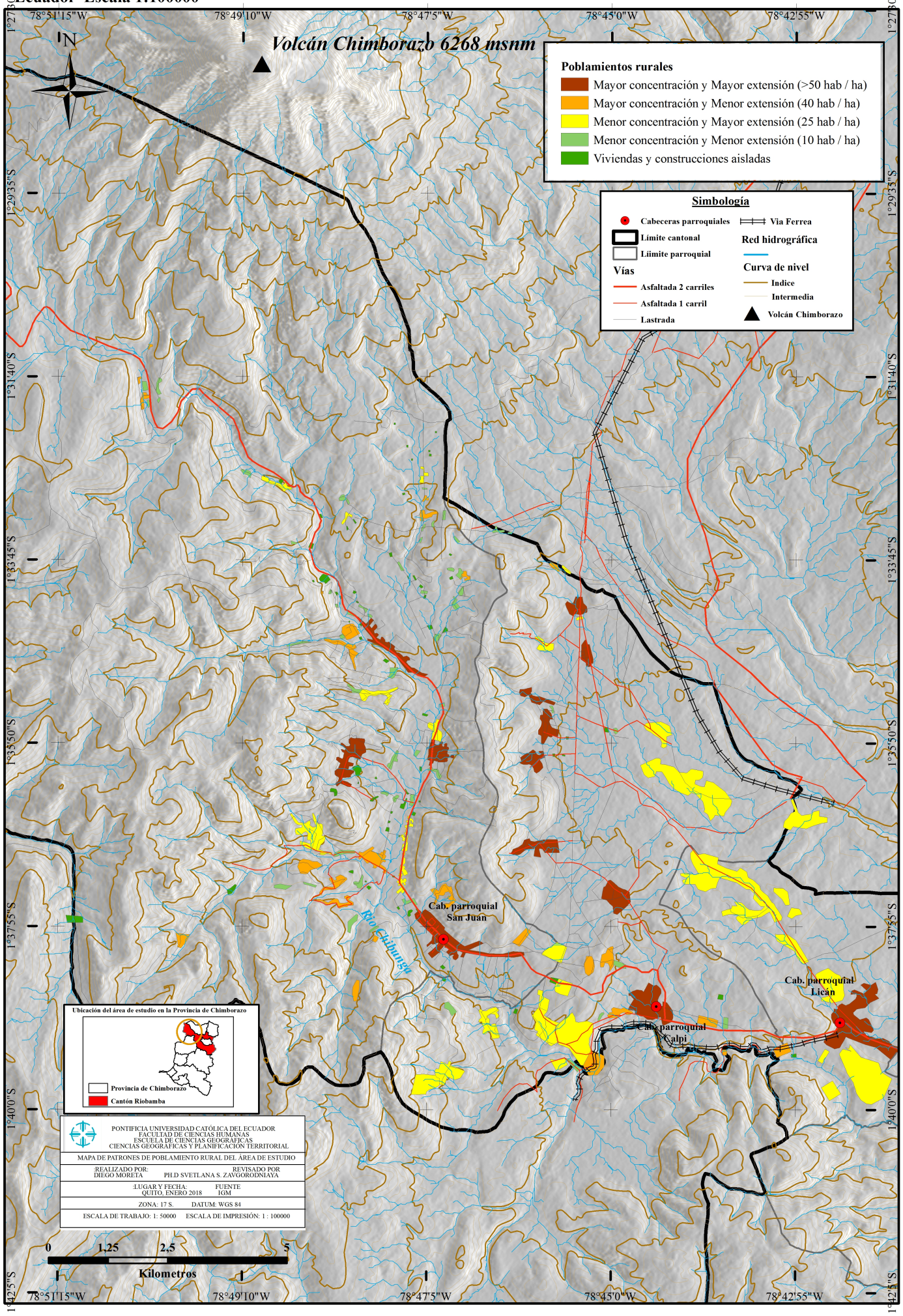
Mapa de Amenaza por Exposición



Anexo N° 14

Mapa de Tipos de poblamiento rural

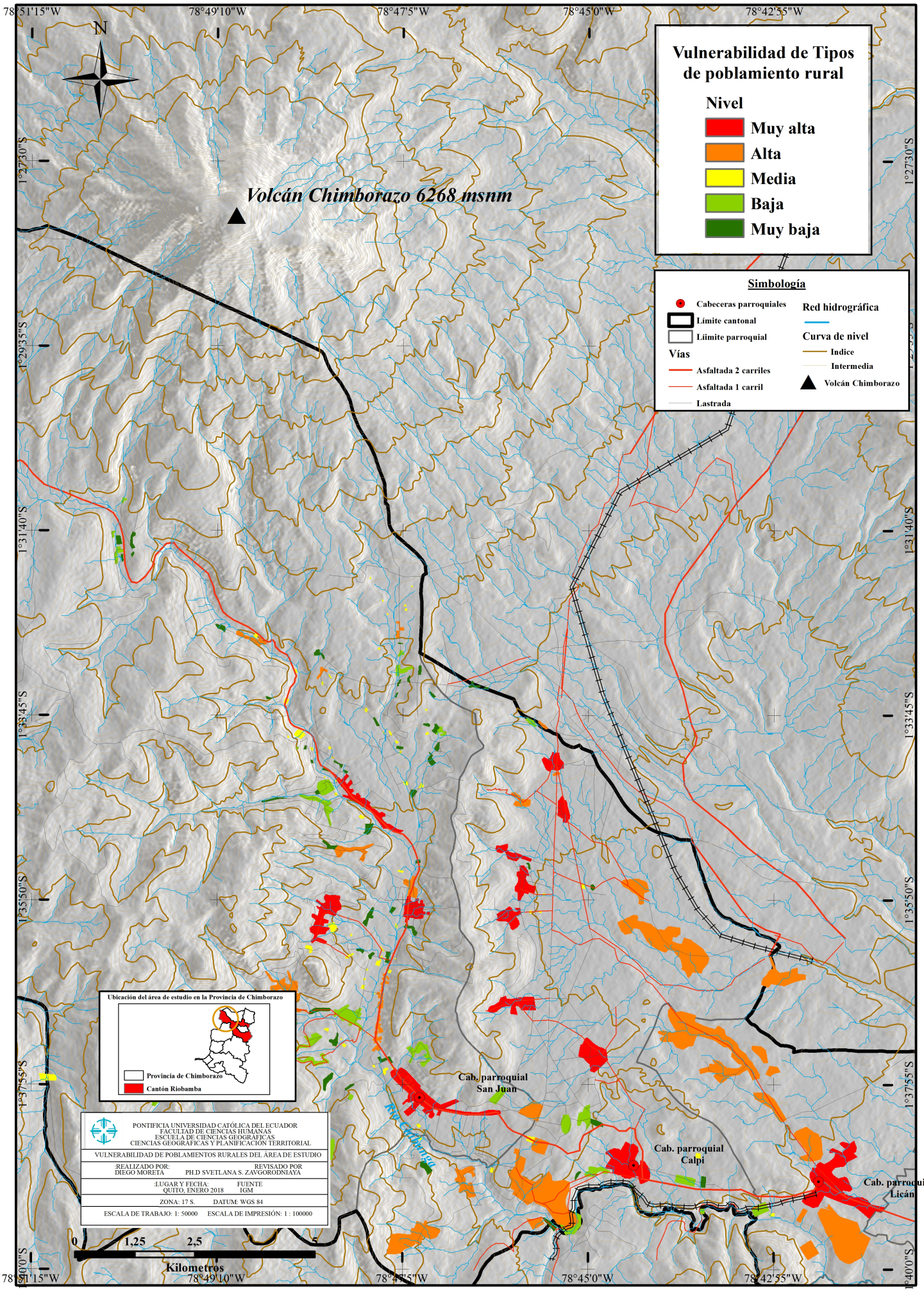
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 15

Ecuador Escala 1:100000

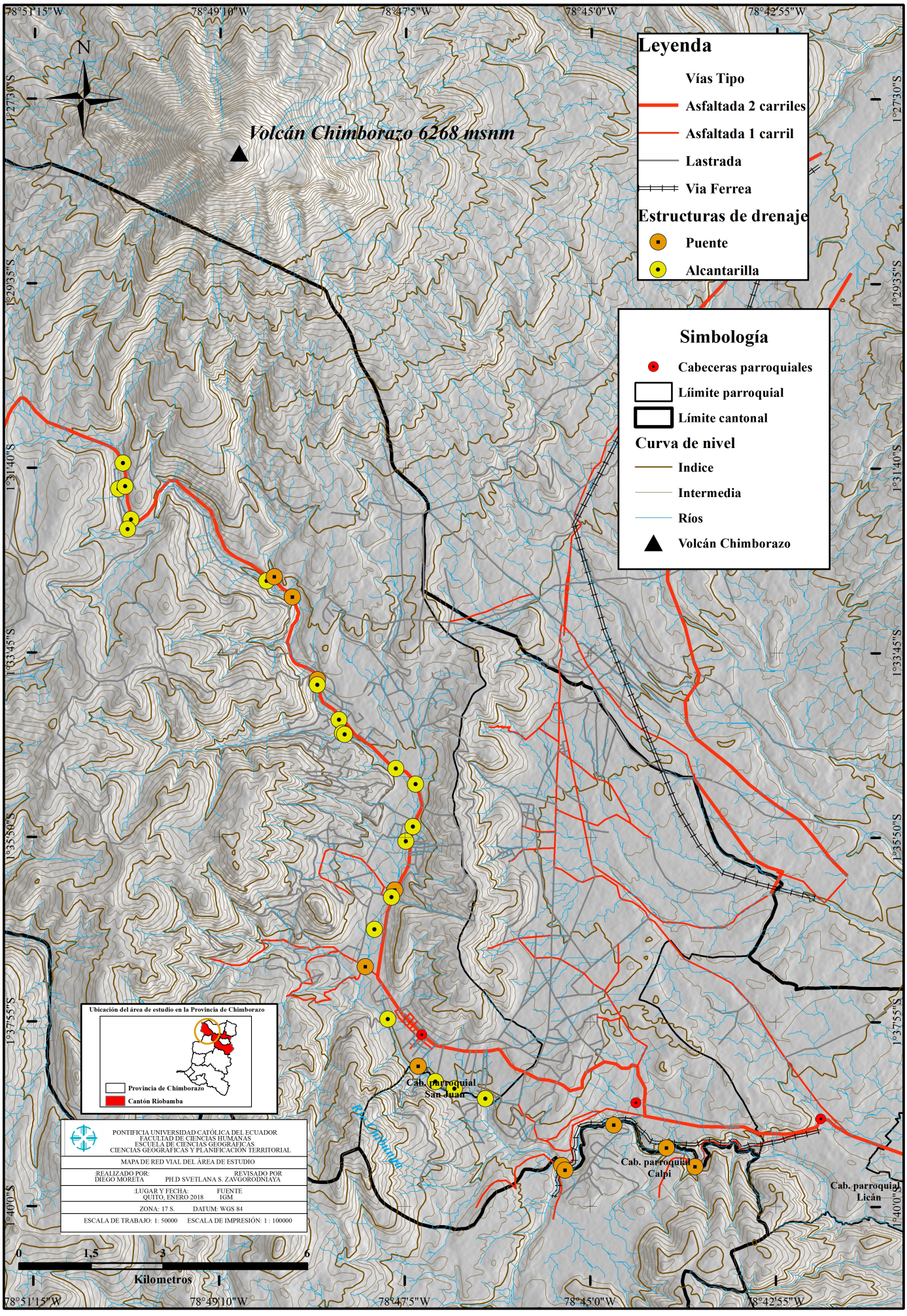
Mapa de vulnerabilidad de Poblamientos Rurales



Anexo N° 16

Mapa de Red Vial

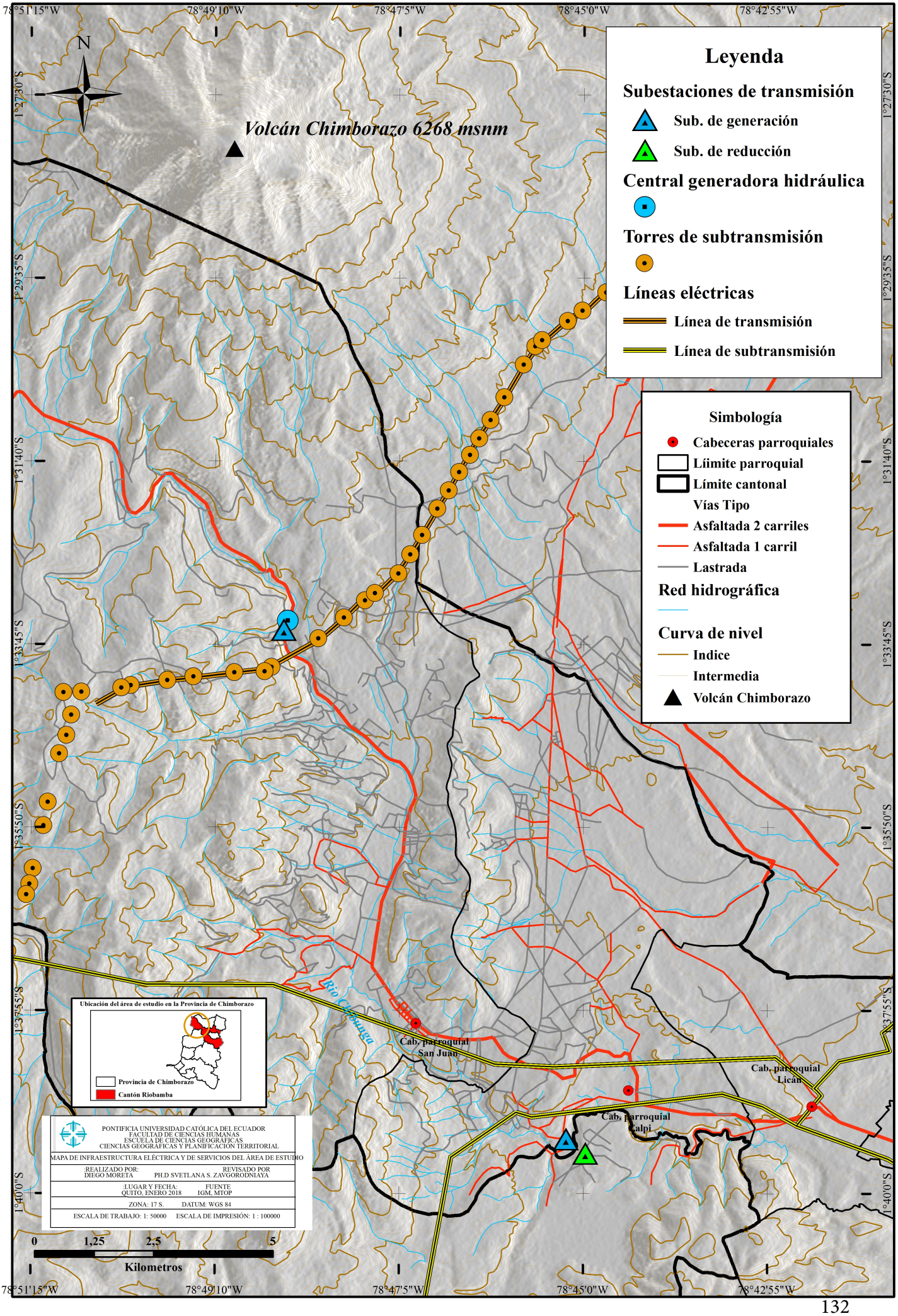
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 17

Mapa de Infraestructura Eléctrica y de Servicios

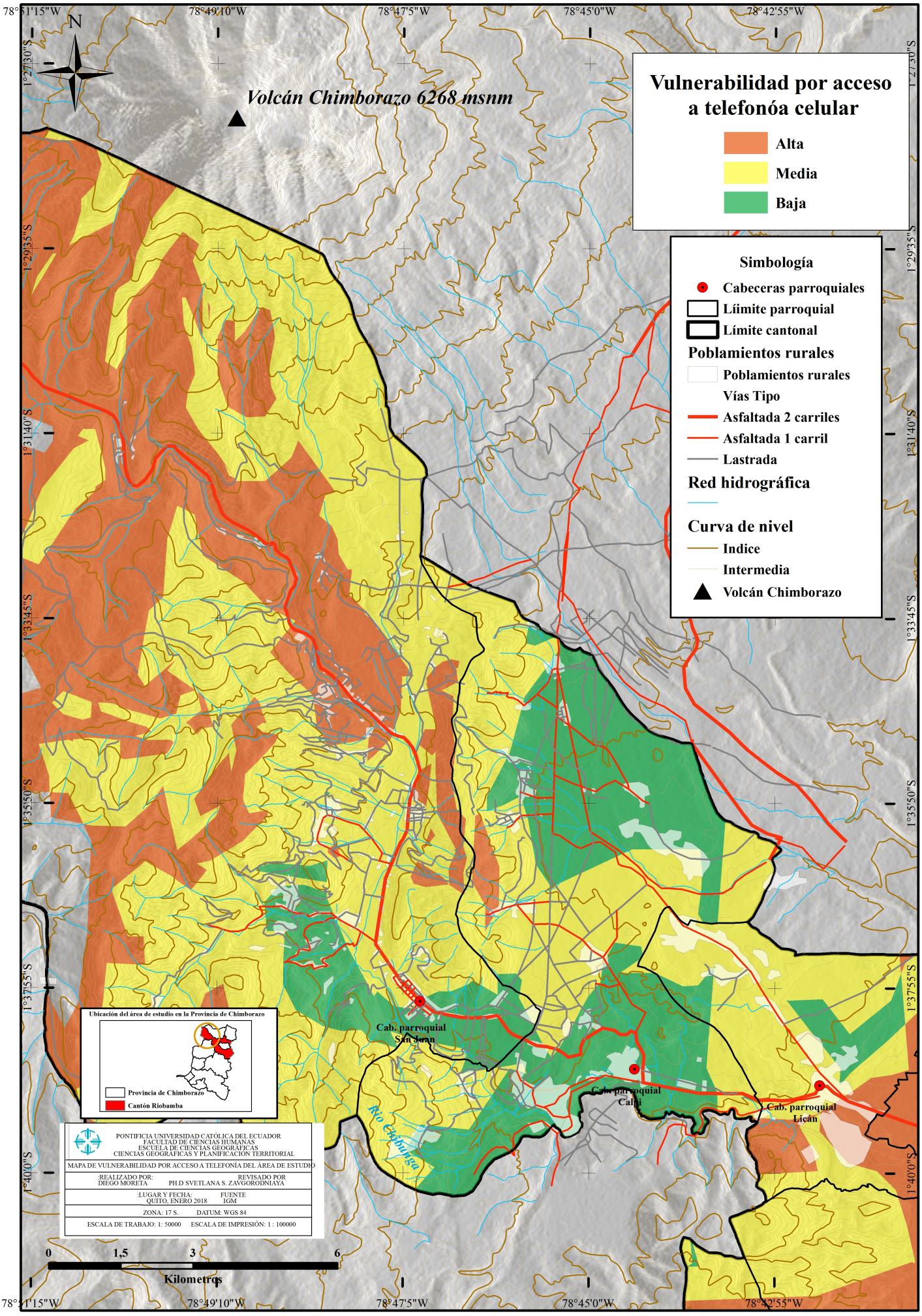
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 18

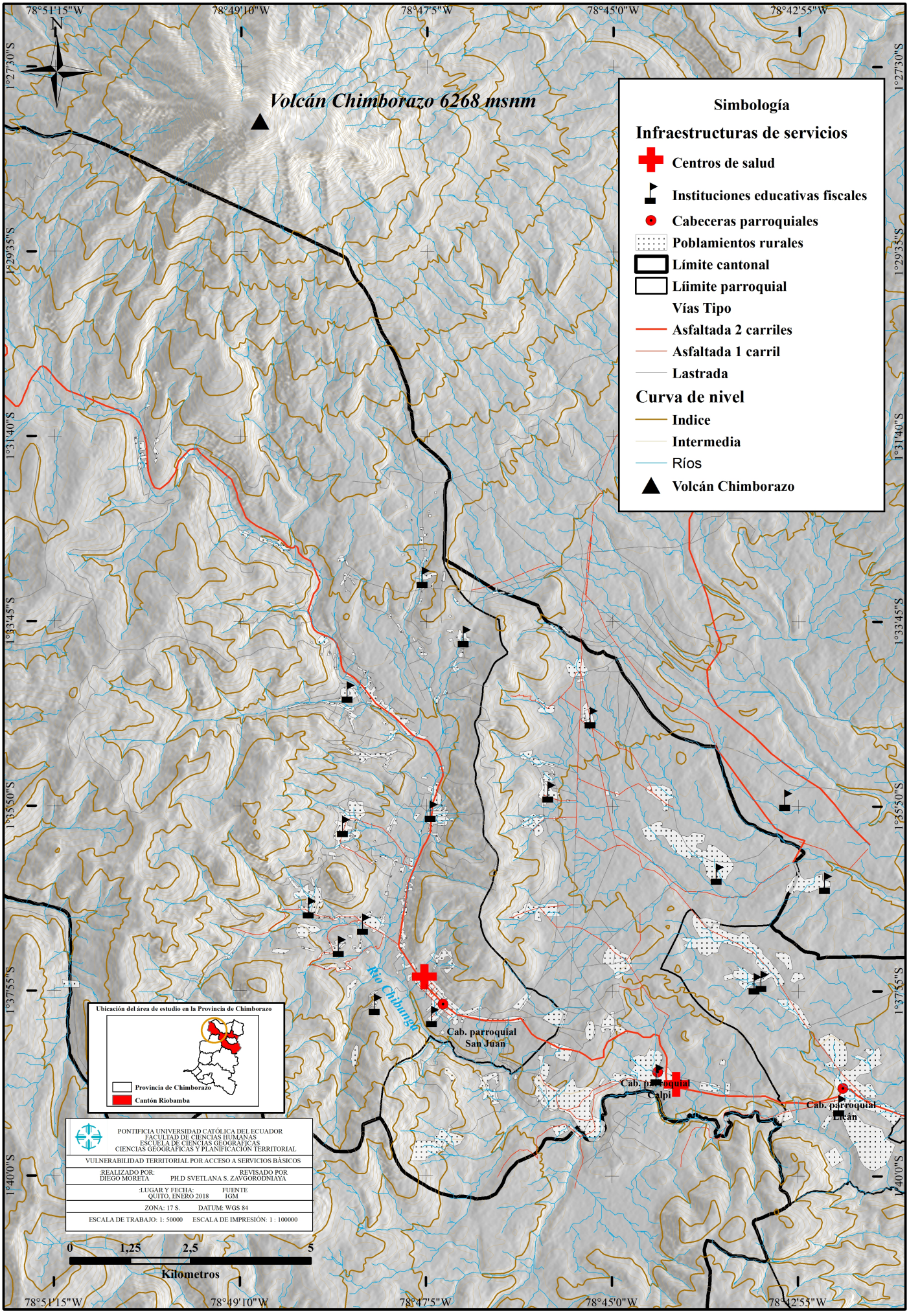
Mapa de Vulnerabilidad por Acceso a Telefonía

Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 19 **Mapa de Infraestructura de Servicios Para la Población**

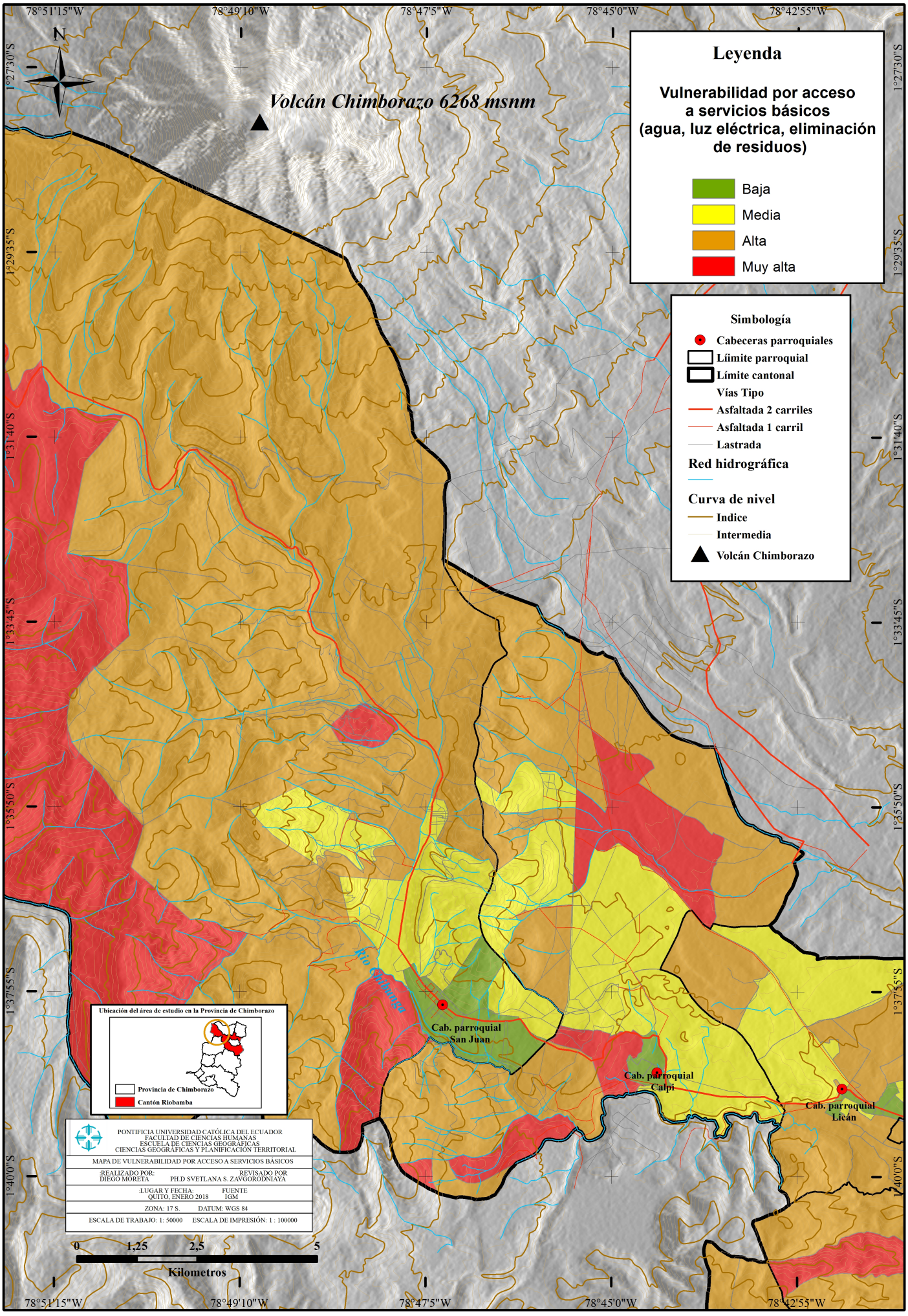
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 20

Mapa de Vulnerabilidad por Acceso a Servicios Básicos

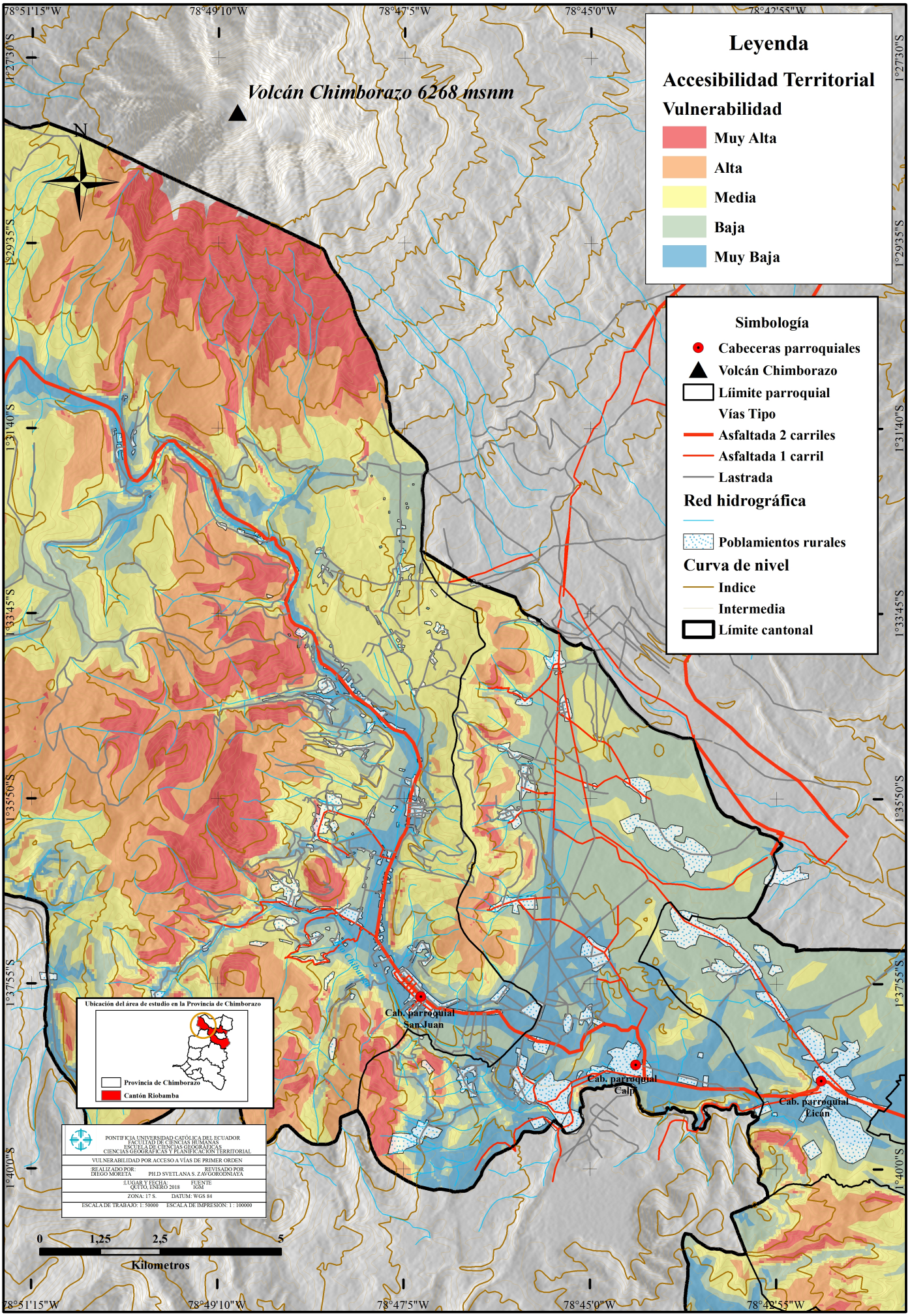
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 21

Ecuador Escala 1:100000

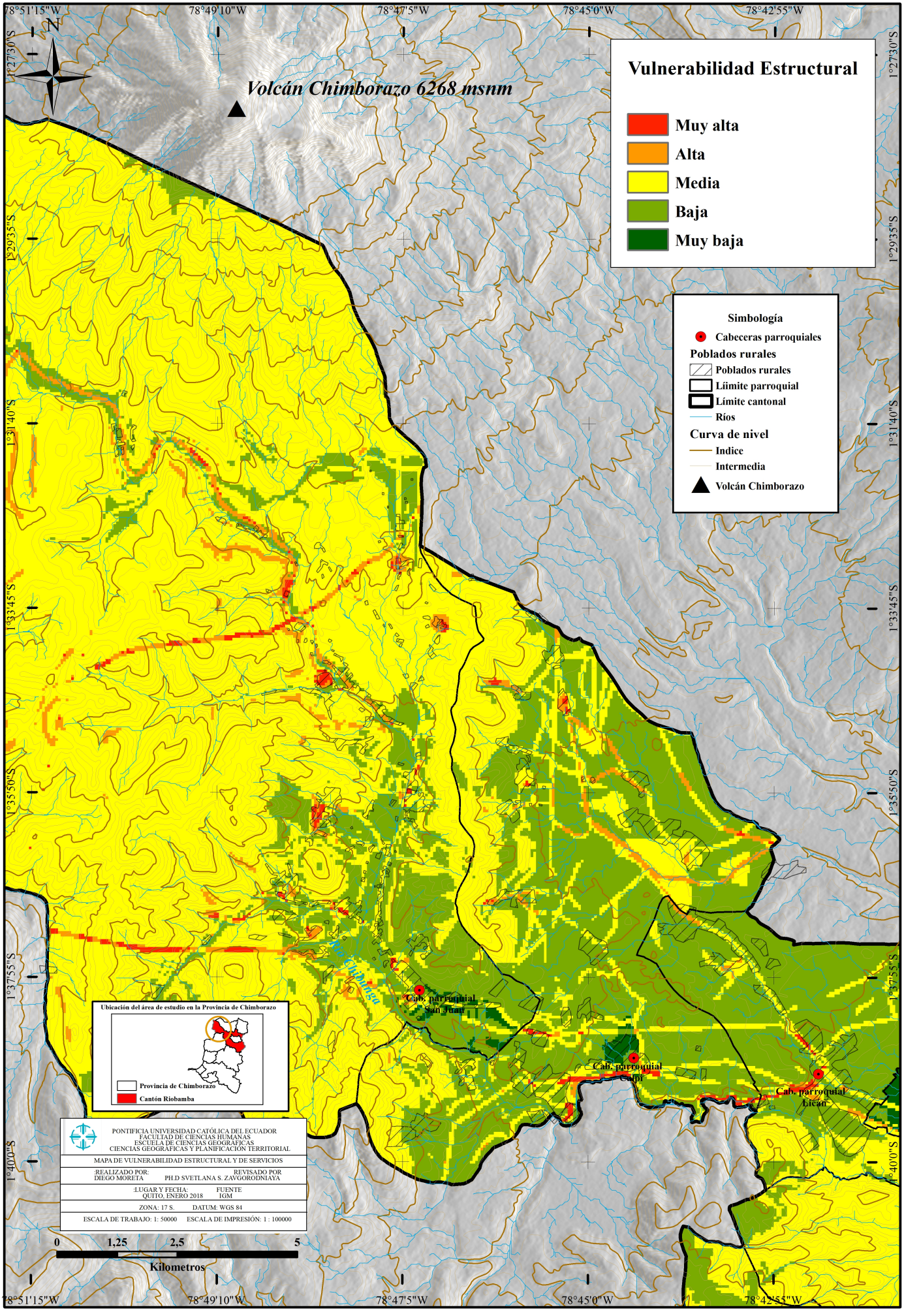
Mapa de Vulnerabilidad por Acceso a Vías de Primer Orden



Anexo N° 22

Ecuador Escala 1:100000

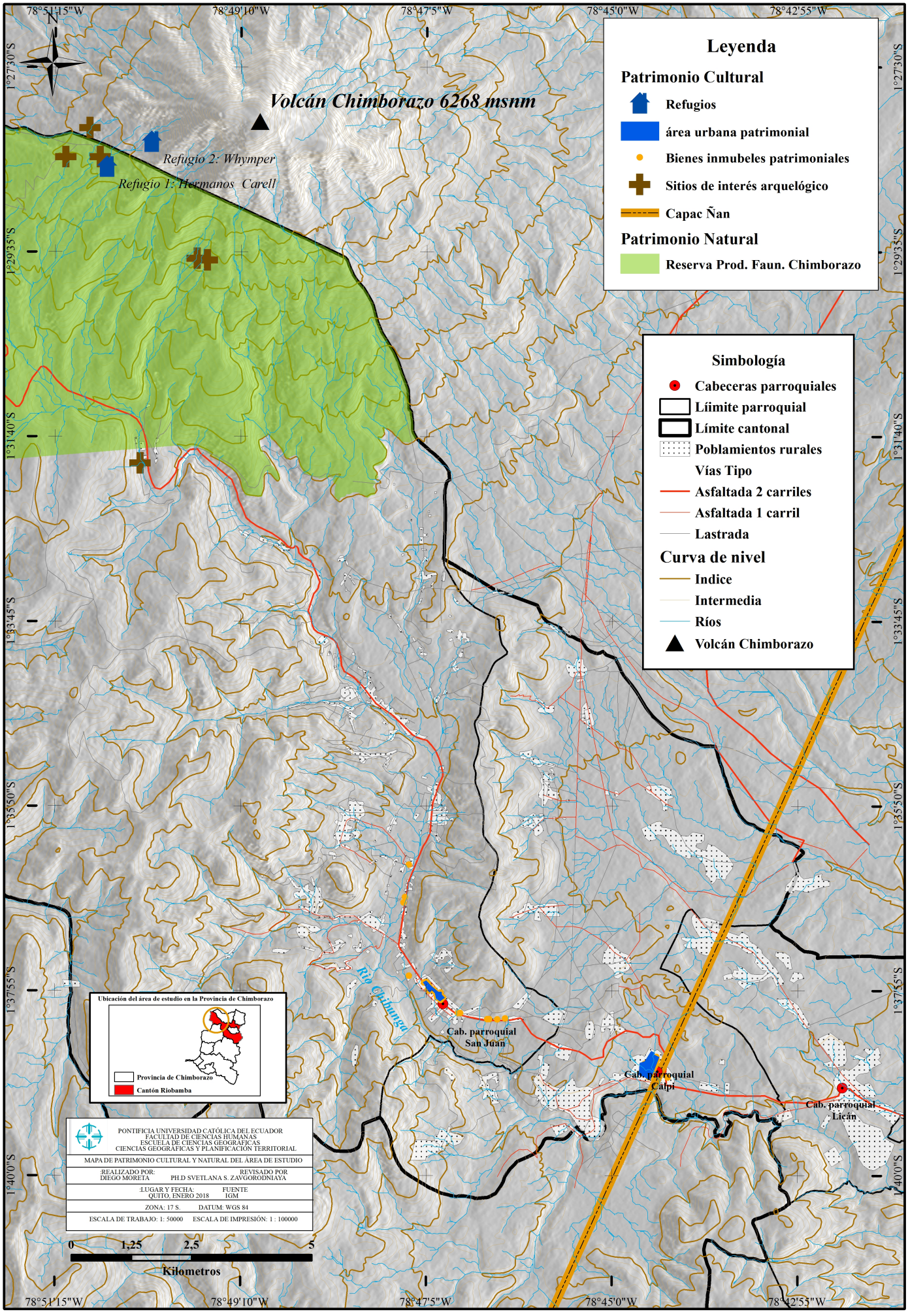
Mapa de Vulnerabilidad Estructural y de Servicios



Anexo N° 23

Mapa de Patrimonio Cultural y Natural

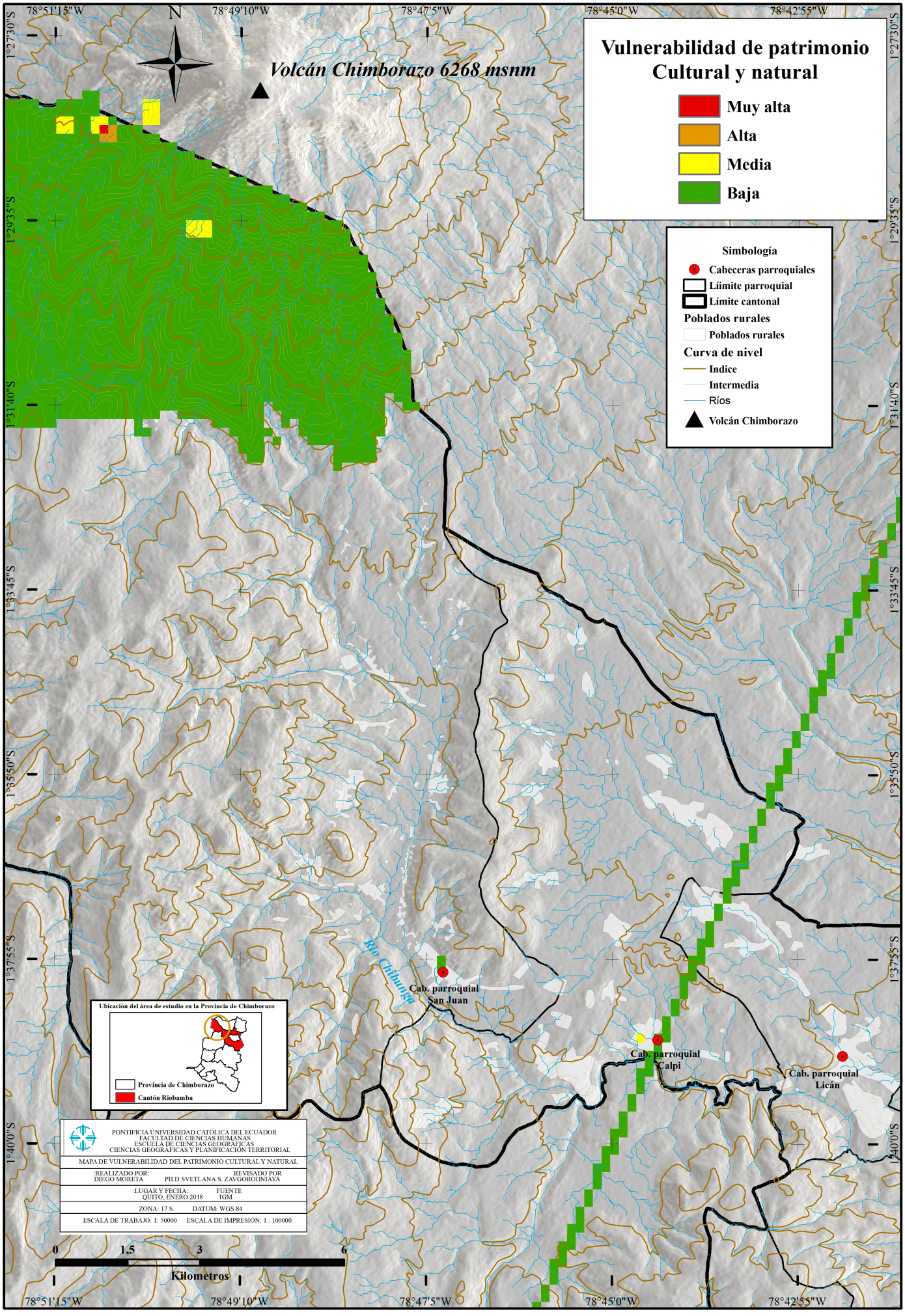
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 24

Mapa de Vulnerabilidad del Patrimonio Cultural y Natural

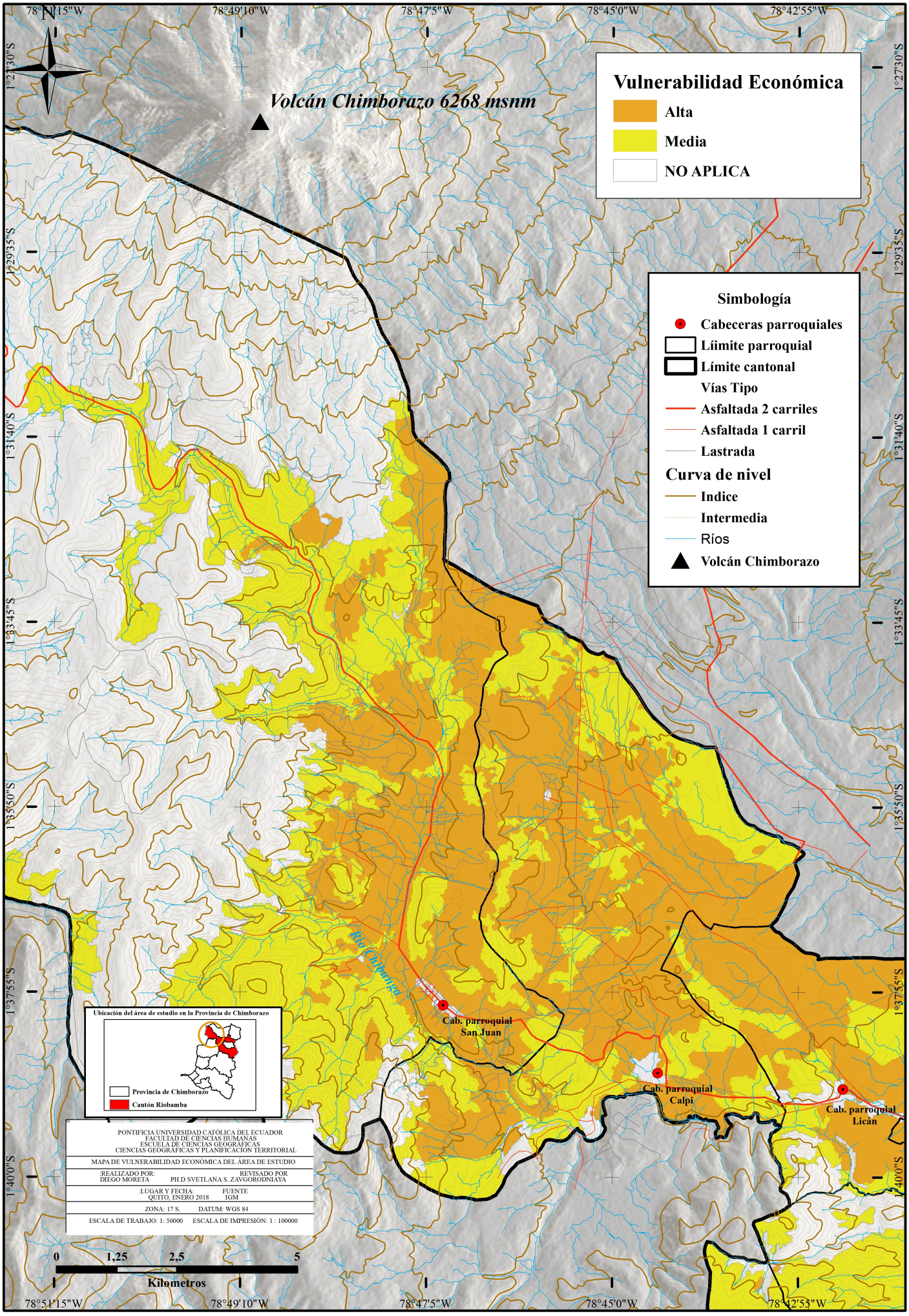
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 25

Mapa de Vulnerabilidad Económica

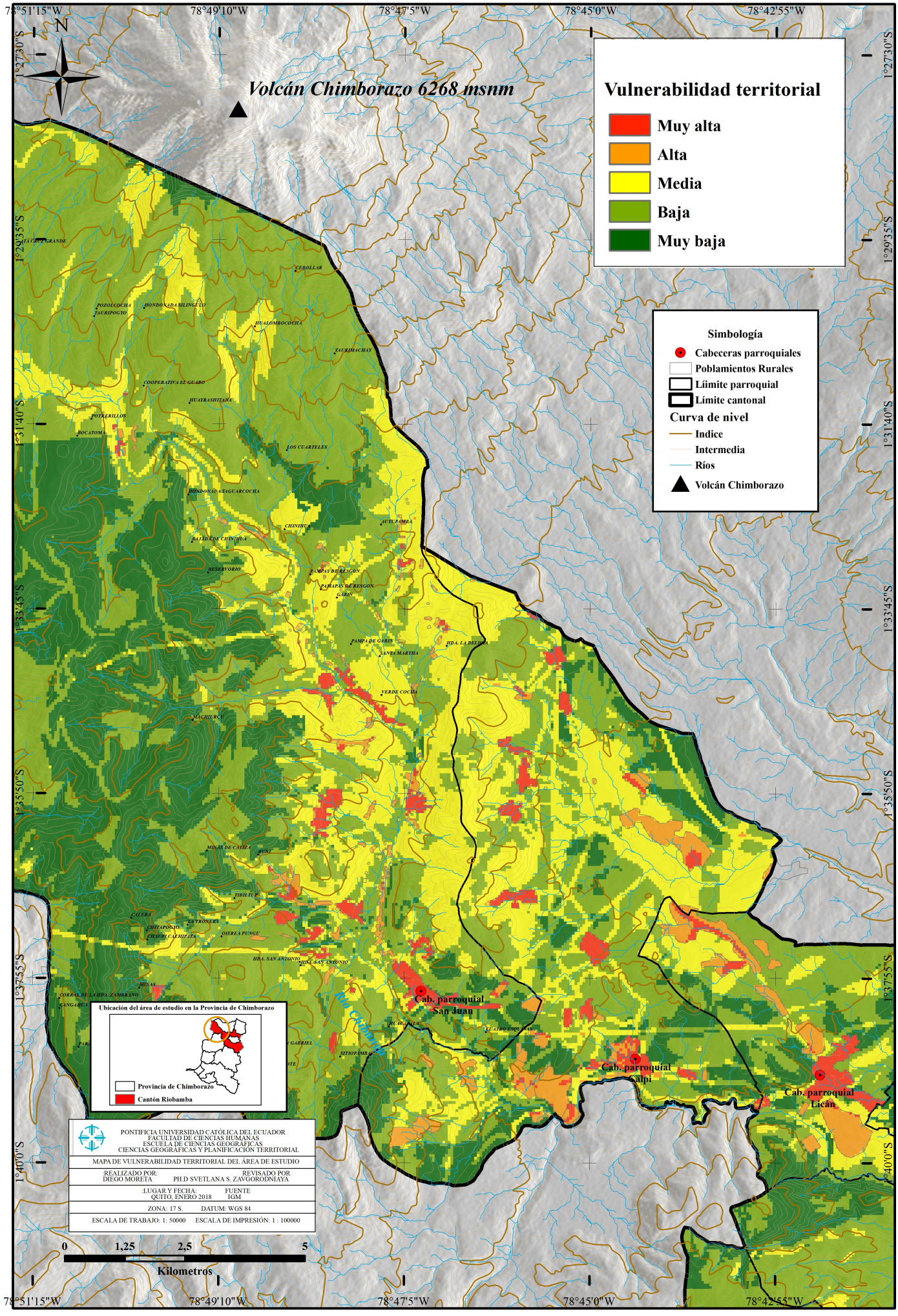
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 26

Ecuador Escala 1:100000

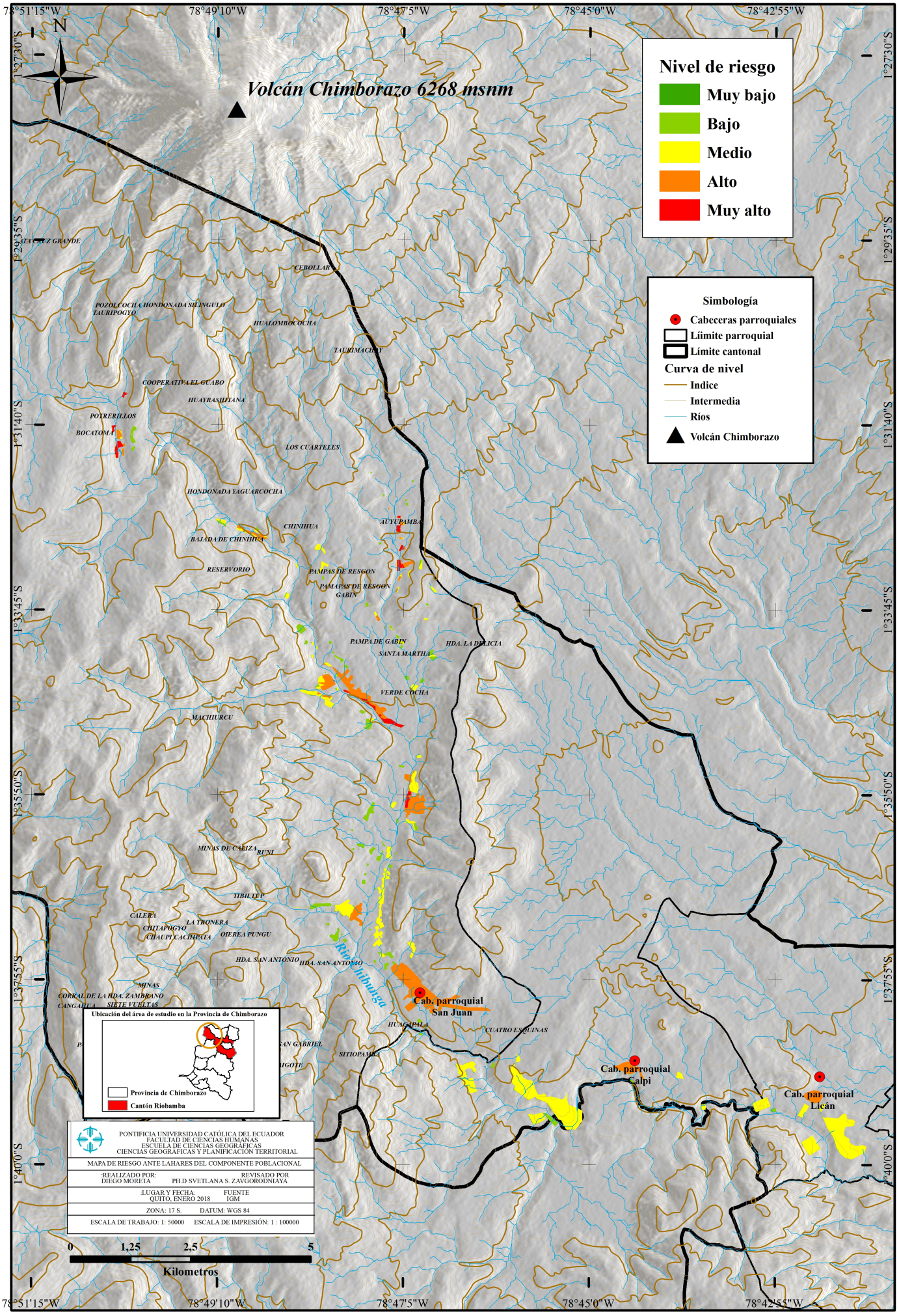
Mapa de Vulnerabilidad Territorial



Anexo N° 27

Ecuador Escala 1:100000

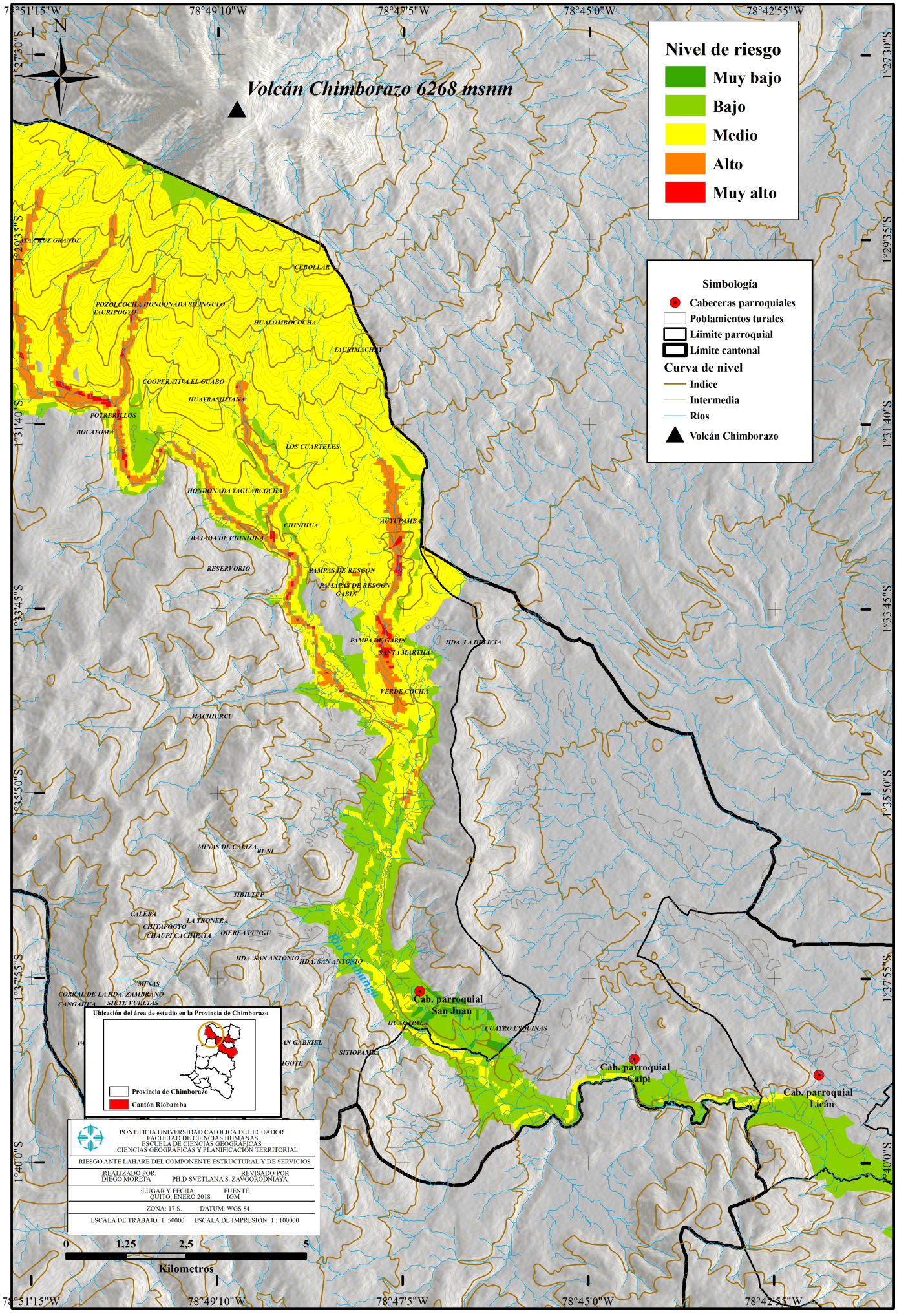
Mapa de riesgo ante lahares y flujos de lodo del componente poblacional.



Anexo N° 28

Ecuador Escala 1:100000

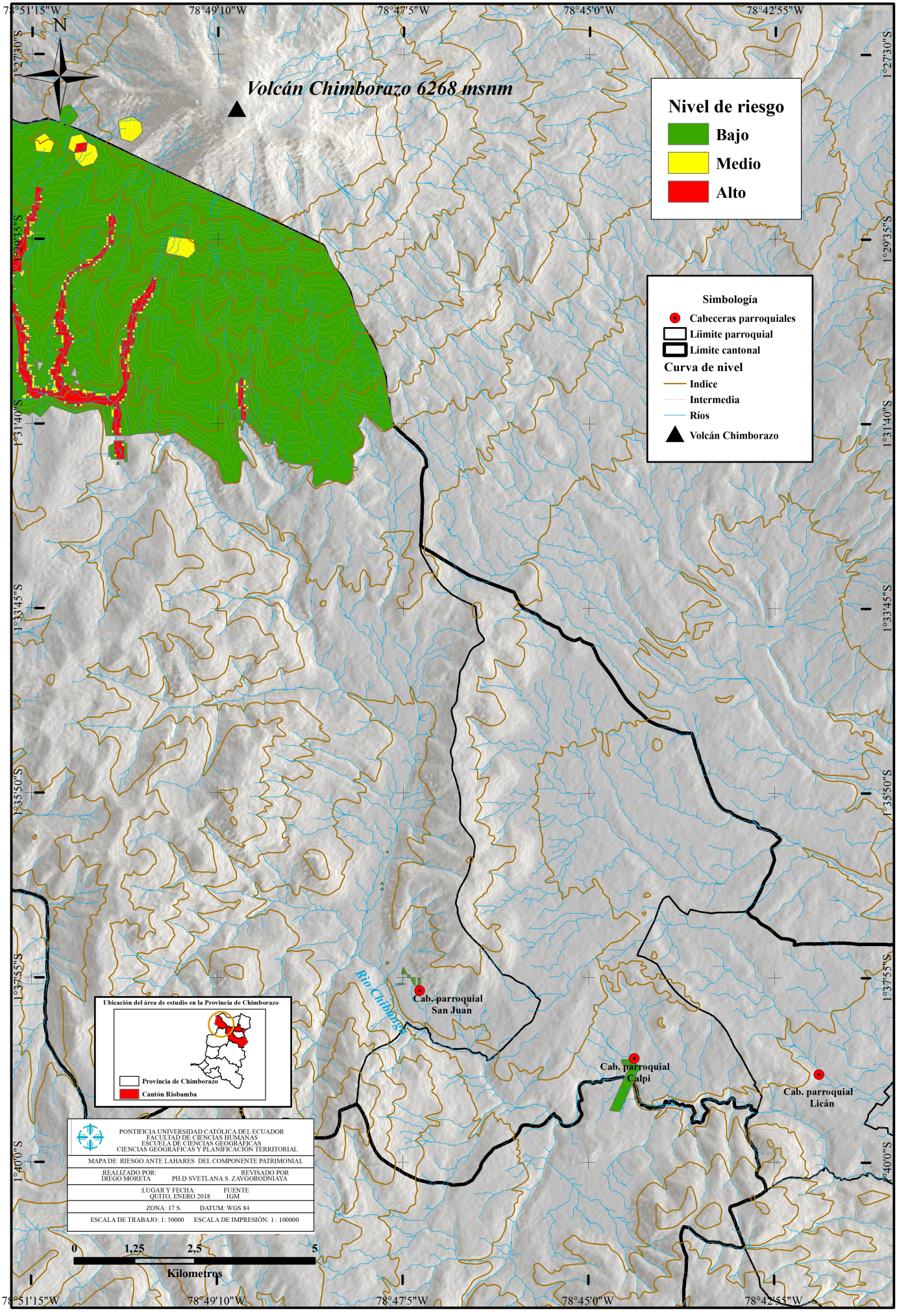
Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Estructural y de Servicios



Anexo N° 29

Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Patrimonial

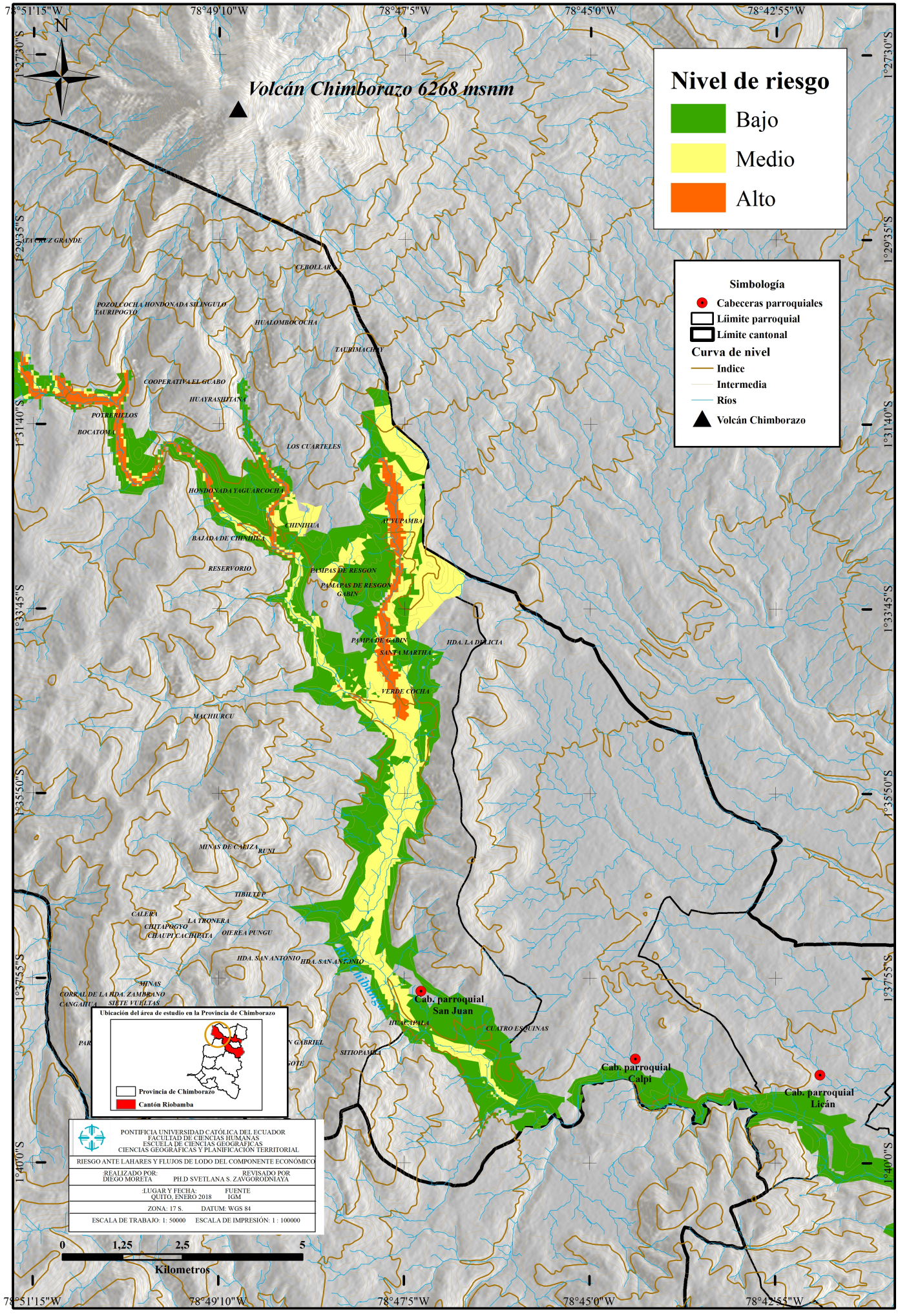
Ecuador Escala 1:100000



Anexo N° 30

Ecuador Escala 1:100000

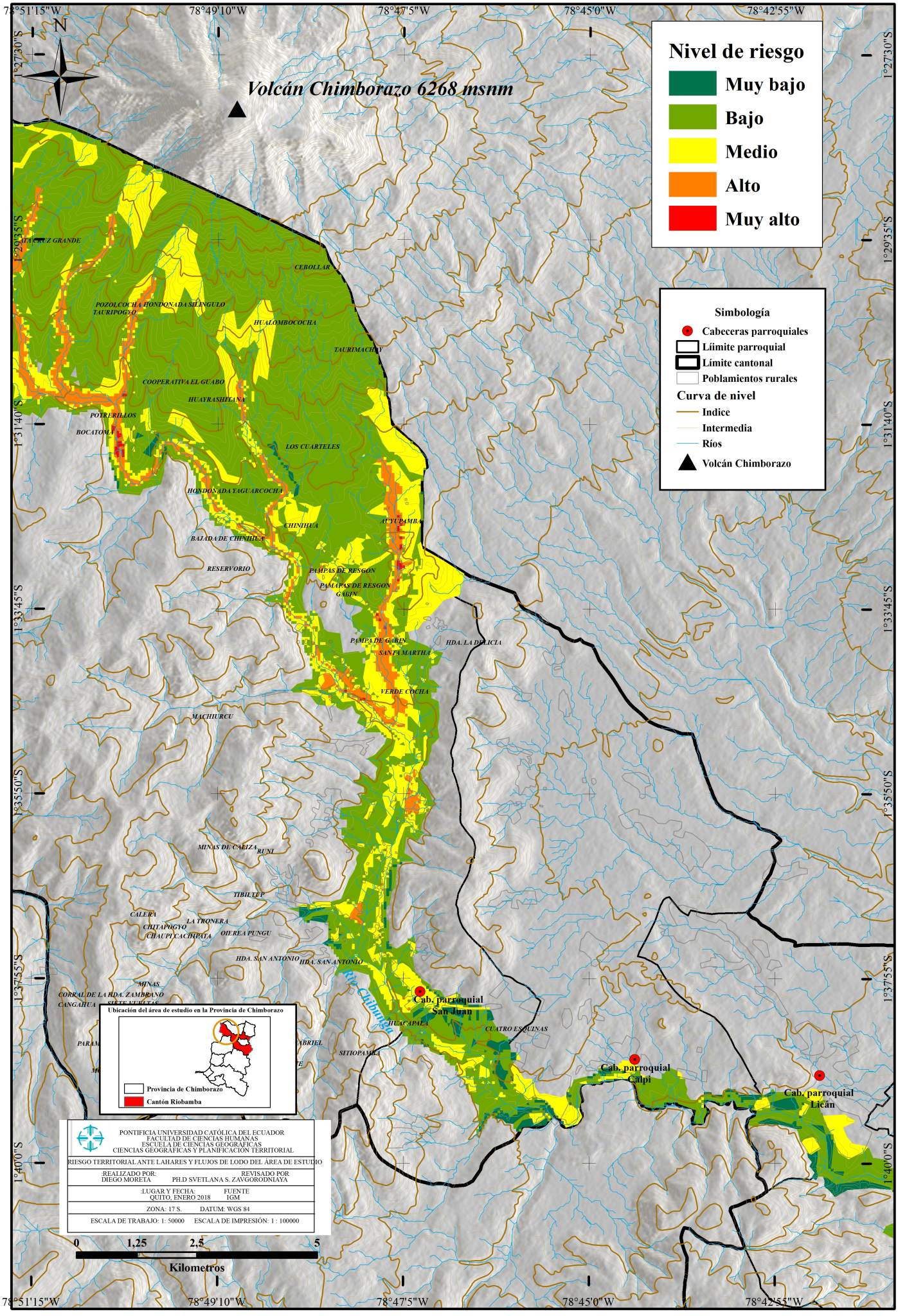
Mapa de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo del Componente Económico



Anexo N° 31

Mapa de Síntesis de Riesgo ante Lahares y Flujos de Lodo

Ecuador Escala 1:100000



ANEXO N° 29 Datos meteorológicos de Precipitación estación Guaslán (mm)

SERIES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: **GUASLAN** CODIGO: M0133

PERIODO: 2013 - 2017 LATITUD: 1G 44' 2.5" S LONGITUD: 78G 38' 52" W ELEVACION: 2850.00

VALORES DIARIOS

AÑO	DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA MENSU
2013	1	0,0	2,8	4,7	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	24,6	0,5	0,0	0,0	0,0	4,8			0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,3
2013	2	0,0	0,0	0,0	10,6	0,3	1,6	0,0	3,7	1,5	8,6	15,6	0,2	7,2	0,0	0,2	0,0	0,0	1,6	1,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0			0,5					56,4
2013	3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	6,0	0,5	0,0	4,4	0,0	1,4	6,0	1,1	0,0	0,5	4,2	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	27,7
2013	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	2,6	0,0	5,6	0,0	31,7	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	3,2	0,1	0,0		59,2
2013	5	0,0	0,0	2,8	8,2	2,5	0,6	1,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	22,2	0,7	1,3	0,1	2,6	1,5	1,1	54,0
2013	6	0,4	15,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8		23,7
2013	7	3,6	0,3	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	4,4	1,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,6	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5
2013	8	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,4	0,4	0,0	0,0	0,0		10,3
2013	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,6	3,3	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0		11,3
2013	10	0,0	0,0	1,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	3,2	12,8	15,4	2,6	15,2	0,0	0,7	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0	8,5	0,8	7,6	72,8
2013	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					1,2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		5,6
2013	12	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4
2014	1	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	17,0	20,0	6,6	1,6	0,3	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	2,4	0,4	0,0	1,4	4,4	0,0	5,7	75,9
2014	2	0,0	1,0	0,0	8,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6				17,2
2014	3	5,7	1,0	0,0	5,8	0,0	0,6	0,0	15,6	0,0	16,6	0,0	1,8	0,0	0,0	3,5	0,0	0,6	3,3	0,4	1,4	0,7	0,2	7,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	17,1	0,0	84,4
2014	4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,6	7,4	0,0	6,4	2,5	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,7	18,5	0,2	0,0	4,6	2,5	1,5		51,1
2014	5	5,2	1,6	13,6	0,0	0,0	12,0	2,5	5,4	6,5	19,7	10,6	6,0	0,0	0,0	0,5	4,8	0,0	1,6	0,8	1,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,4	3,5	6,0	0,0	8,4	13,5
2014	6	6,2	0,7	2,5	0,4	0,8	2,2	0,5	0,4	0,0	2,0	0,0	0,0	2,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	1,0	2,4	5,8	0,4	0,0	0,0	2,4	0,0		31,9
2014	7	0,0	0,0	0,0	1,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	2,8	0,0	0,0	0,0	0,9	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	9,7
2014	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,7	0,0	0,4	0,0	2,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,8	4,8	0,0	0,0			17,0
2014	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,8	10,7	0,0	0,0	5,0	6,6	0,0	0,0	0,0	3,5	5,8	0,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0		38,2
2014	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	7,0	0,3	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	9,4	0,5	0,0	0,0	6,4	0,0	0,6	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	6,5	36,5
2014	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	1,8	1,1	0,7	0,0	0,0	5,2	0,0	0,9	0,0	5,5	0,0	6,0	0,0	0,7	0,0	9,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0		38,7
2014	12	0,6	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	12,2	2,5	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	10,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,0	0,4	0,0	0,0	41,1
2015	1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,3	0,0	1,7	6,6	0,0	6,4	0,7	2,0	1,5	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	25,5
2015	2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	8,6	0,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0				29,7
2015	3	1,0	23,3	0,0	0,0	0,0	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	10,3	5,5	9,6	1,2	0,4	0,0	1,6	0,0	4,4	0,5	0,0	0,0	1,5	5,0	0,6	0,4	67,1
2015	4	1,5	1,5	0,0	0,6	1,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	12,6	10,8	7,8	0,9	0,6	8,8	1,4	0,0	0,0	1,3	3,8	0,0	0,5	0,0	0,0		54,8
2015	5	0,0	0,0	11,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	2,9	0,0	1,6	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,6	3,2	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	1,3	4,4	0,0	0,0	31,7
2015	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	2,8	3,9	7,8	4,4	4,6	0,4	0,0	0,2	0,0	1,0	1,4	0,9	0,1	0,0	32,8
2015	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,5	0,2	0,0	0,0	0,0	1,4	0,2	0,5	1,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,9	7,7
2015	9	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,2	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		9,4
2015	10	3,1	0,1	0,0	1,1	0,4	0,4	0,0	0,0	0,5	0,9	0,2	4,2	12,3	2,6	6,3	15,1	0,7	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	9,9	66,5
2015	11	0,2	0,0	0,0	0,0	18,2	13,5	6,3	7,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	5,1	0,0	0,0	0,0	4,2	0,6	0,0	5,2	0,0	0,0	0,1	11,5	0,0	0,0		75,8
2015	12	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	1,9	10,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		20,0

Anexo N° 30 Temperatura Media Diaria de 3 Observaciones y media mensual Estación Guaslán

SERIES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: **GUASLAN** CODIGO: M0133

PERIODO: 2013 - 2017 LATITUD: 1G 44' 2.5" S LONGITUD: 78G 38' 52" W ELEVACION: 2850.00

AÑO	DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA	Media mensual
2013	1	14,7	14,6	14,3	14,5	15,3	13,9	15,1	14,2	15,3	15,1	15,7	16,3	15,9	16,2	16,0	16,3	14,4	14,5	15,1	15,3	16,2	15,0	15,7	15,4	16,1	15,9	15,2	14,7	15,8	16,1	15,1	473,9	15,3
2013	2	16,0	15,7	14,2	14,5	13,9	15,5	15,3	14,0	14,7	14,3	15,5	14,0	14,3	14,4	14,4	13,9	14,6	14,7	14,6	14,2	15,0	15,4	15,6	15,3	16,1	15,7	14,0	15,2				415,0	14,8
2013	3	16,5	14,0	14,8	15,7	15,5	15,5	15,1	15,9	15,3	15,1	15,2	15,1	15,0	15,4	15,4	14,2	15,1	15,7	14,7	15,3	15,1	15,5	15,3	15,3	16,6	16,4	14,1	14,4	15,4	15,9	15,7	474,2	15,3
2013	4	15,6	14,9	14,7	15,4	15,3	15,2	15,6	15,4	15,0	15,1	15,1	16,1	15,5	15,1	15,3	15,2	15,4	15,5	15,7	14,7	15,3	14,5	13,7	13,9	14,1	14,1	15,3	14,3	14,5	15,4		450,9	15,0
2013	5	14,9	15,9	15,1	14,9	14,7	14,7	14,1	14,5	14,5	15,0	14,7	15,3	14,7	13,7	14,7	14,7	15,2	15,6	15,2	15,3	15,1	15,1	13,9	15,0	14,7	13,8	14,4	14,3	14,5	14,5	14,7	457,4	14,8
2013	6	14,7	14,9	14,3	14,5	14,6	14,9	14,3	13,6	14,8	14,4	14,6	15,1	15,2	14,7	15,1	15,2	15,1	15,1	15,0	15,1	13,0	15,1	15,3	15,2	15,1	15,2	13,9	15,5	14,5	14,1		442,1	14,7
2013	7	13,9	14,6	14,3	14,8	14,7	14,7	14,9	13,6	13,8	14,6	15,0	15,5	14,8	15,7	13,9	14,9	15,3	13,8	14,7	14,5	14,1	14,1	14,4	15,1	14,5	14,9	14,4	14,6	14,7	14,4	14,6	451,8	14,6
2013	8	13,9	15,2	14,3	15,1	12,5	14,3	14,5	15,1	15,3	15,0	14,7	15,3	15,5	14,8	14,7	14,9	15,8	15,1	13,1	13,3	13,8	13,6	14,4	15,1	15,9	13,2	13,9	13,6	12,1	12,3	13,0	443,3	14,3
2013	9	13,1	13,7	12,5	14,0	12,3	14,3	14,1	14,7	14,7	13,5	14,3	14,1	14,4	13,5	14,2	14,7	14,3	12,9	14,3	14,5	14,3	13,4	13,1	13,8	13,5	14,9	14,7	14,9	13,9	15,3		419,9	14,0
2013	10	13,3	14,9	14,5	14,2	14,1	14,1	12,5	13,6	15,7	15,0	15,6	15,8	14,7	14,0	13,4	13,1	13,8	14,7	14,8	15,1	12,9	14,5	15,2	14,6	14,7	14,5	14,8	14,9	15,3	15,3	15,0	448,6	14,5
2013	11	14,5	13,3	13,8	14,7	14,3	14,4	14,8		12,7		15,0	13,4	13,7	14,2	14,7	14,8	16,1	14,8	15,5	13,9	14,6	14,4	15,3	16,0	16,3	15,5	15,4	15,6	16,0	14,5		412,2	14,7
2013	12	14,3	14,2	15,2	16,0	15,4	14,5	15,1	15,8	14,6	13,9	13,9	14,9	15,4	14,8	14,8	15,1	16,0	15,9	16,0	15,3	15,9	15,1	15,9	14,5		15,4	14,4	15,1	14,7	14,1	13,3	449,5	15,0
2014	1	15,0	15,2	14,1	14,5	15,1	15,1	14,8	14,7	15,0	14,9	15,3	15,1	15,4	15,0	15,3	15,5	14,9	15,8	15,3	15,3	15,2	15,9	14,9	16,0	16,3	15,4	15,0	15,6	14,9	15,4	14,5	470,4	15,2
2014	2	15,5	15,8	14,9	14,9	14,0	13,7	14,8	13,6	14,9	14,7	14,9	14,4	15,2	15,6	15,3	15,5	15,1	15,7	15,6	15,8	14,3	14,5	14,6	15,4	14,7	15,0	15,3	14,6				418,3	14,9
2014	3	15,5	15,5	14,9	14,6	15,3	14,6	15,3	15,6	15,0	15,5	15,1	15,3	14,9	14,5	15,6	14,4	14,2	15,1	14,7	13,3	14,2	14,5	14,3	13,8	14,6	14,1	14,5	15,0	14,6	16,1	13,7	458,3	14,8
2014	4	15,5	14,0	14,5	14,9	15,6	14,5	13,9	14,0	13,7	14,5	14,1	14,1	14,0	13,9	14,3	15,2	14,0	14,9	14,8	15,3	14,9	14,7	15,0	15,1	15,1	13,9	14,6	14,7	12,9	12,9		433,5	14,5
2014	5	14,3	14,1	14,1	15,2	15,8	15,2	15,8	15,5	14,7	15,5	14,4	14,8	14,8	15,3	14,9	14,7	13,9	14,0	14,3	14,2	13,9	14,1	15,5	14,4	15,1	13,9	14,1	14,1	14,8	14,4	14,9	454,7	14,7
2014	6	14,7	13,7	13,5	14,1	14,1	13,4	13,4	14,8	13,7	14,7	13,9	13,9	15,0	14,8	14,4	13,8	11,5	13,5	13,5	13,3	14,1	13,9	14,4	14,3	14,3	14,0	13,7	13,7	14,7	14,3		419,1	14,0
2014	7	14,0	13,8	15,1	14,3	14,0	14,7	14,4	14,8	14,2	13,5	13,6	14,6	14,3	14,3	14,7	14,1	14,3	13,9	14,7	14,7	14,2	14,8	14,6	13,8	15,0	15,2	14,6	14,5	14,2	14,5	13,8	445,2	14,4
2014	8	14,6	13,9	14,7	14,6	14,3	14,8	14,4	14,5	14,6	14,4	14,0	14,8	14,2	13,6	14,6	14,2	14,3	14,2	13,5	13,9	15,0	14,9	15,1	14,3	14,0	14,8	14,9	14,4	14,1	14,3		431,9	14,4
2014	9	12,6	13,0	14,3	13,8	13,2	13,0	12,6	12,8	13,1	14,8	14,0	13,4	14,5	13,9	13,2	14,2	13,7	14,7	14,2	14,2	14,3	14,0	14,5		12,7	12,9	14,2	14,5	13,8	13,1		397,2	13,7
2014	10	13,0	14,8	12,8	14,3	15,1	14,6	14,4	13,9	14,6	13,8	13,6	14,0	14,7	14,1	13,8	14,2	14,5	14,5	14,9	14,5	14,7	14,3	14,6	15,2	15,4	14,9	14,7	14,7	14,8	14,8	14,6	446,8	14,4
2014	11	13,3	12,9	15,0	15,5	15,7	15,0	15,4	15,5	15,2	15,5	14,8	14,4	13,8	13,3		14,8	15,4	15,6	13,5	14,4	15,7	15,5	14,6	14,8	15,3	14,8	15,3	13,5	14,5	15,7		428,7	14,8
2014	12	15,1	14,8	13,8	15,4	14,9	14,8	15,7	15,5	15,9	15,2	15,4	15,5	14,4	13,9	13,6	15,0	15,5	15,5	15,8	14,7	15,3	13,8	12,9	15,0	13,9	14,1	14,4	14,3	13,4	14,7	14,3	456,5	14,7
2015	1	14,1	14,7	14,0	14,1	13,2	14,1	14,6	14,8	13,8	13,6	14,3	14,2	14,5	15,4	15,4	15,3	14,6	14,3	13,3	13,9	13,8	14,3	14,3	14,6	14,4	14,1	14,5	14,4	14,3	14,8	14,4	444,1	14,3
2015	2	14,7	14,3	14,8	14,7	14,3	14,3	14,7	14,8	14,4	15,4	15,7	15,3	15,4	16,1	15,2	15,6	15,3	14,8	15,4	15,3	14,6	15,4	15,2	14,4	15,5	14,6	14,0	14,4				418,6	15,0
2015	3	14,2	15,3	14,3	14,7	14,7	13,6	11,9	14,1	14,3	14,2	14,9	14,5	15,1	14,9	14,9	14,9	14,7	11,5	14,7	12,6	12,9	13,5	15,8	14,9	15,3	14,8	15,4	13,9	13,7	15,9	15,2	445,3	14,4
2015	4	14,7	13,6	14,7	14,7	14,2	14,9	14,1	13,8	14,3	14,8	14,1	14,5	15,0	14,0	15,0	14,7	13,1	13,8	14,3	14,3	13,9	14,2	14,4	14,5	13,9	14,9	14,3	14,4	14,8	14,6		430,5	14,4
2015	5	14,6	13,7	14,4	14,7	14,1	13,1	13,2	14,6	15,1	15,1	13,2	13,4	13,6	14,2	14,4	14,4	14,2	14,1	14,4	14,5	14,1	14,6	14,2	14,0	14,5	14,5	14,8	15,0	14,2	14,0	14,4	441,3	14,2
2015	7	14,6	15,2	15,2	13,9	14,0	12,5	14,3	14,1	13,9	12,8	13,3	13,9		14,8	12,7	13,5	13,5	12,1	13,9	14,2		12,2	12,7	13,7	13,0	12,4	12,2	13,3		12,9	12,5	377,3	13,5
2015	8	12,6	12,5	13,6	13,8	13,5	13,3	14,3	14,9	14,5	14,6	13,6	13,4	14,0	13,4	11,8	12,4	12,7	14,0	13,2	13,7	13,4	13,6	13,7	14,3	13,0	14,4	14,7	13,5	13,7	13,3	12,6	420,0	13,5
2015	9	13,3	13,9	14,2	14,1	12,3	14,7	14,4	12,9	11,5	13,9	13,9	12,5	12,7		13,1		15,0	14,4	14,5	14,9	14,7	15,1	14,5	14,1	15,1	14,4	15,4	14,7	15,5	15,3		395,0	14,1
2015	10	16,5	16,3	14,3	13,7	13,9	13,6	13,6	12,7	15,7	14,5	15,4	15,9	14,3	14,0	14,4	14,7	14,0	14,1	13,8	14,5	16,1	13,7	15,9	15,7	14,9	14,9	15,1	14,4	14,3	16,0	16,0	456,9	14,7
2015	11	15,6	14,5	14,9	11,5	14,6	14,5		14,3	15,6	14,0	13,9	13,6	15,3	14,5	15,5	15,6	13,6	15,5	16,1	16,6	14,7	16,0	15,5	14,9	15,0	15,7	16,5	17,7	16,3	16,6		438,6	15,1
2015	12		13,1	12,7	14,4	14,2	13,7	15,4	14,8	14,3	14,7	12,9	14,9	14,1	15,9	14,9	14,6	13,5	14,9	16,1	14,9	13,7	15,5	14,7	13,7	14,9	14,3	15,3	15,3	14,9			406,3	14,5

Anexo N° 31 Precipitación Total Diaria y suma mensual estación San Juan - Chimborazo (mm)

NOMBRE: **SAN JUAN-CHIMBORAZO** CODIGO: M0393

PERIODO: 2013 - 2017 LATITUD: 1G 37' 56.1" S LONGITUD: 78G 4---

AÑO	DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA MENSUAL
2013	1	1,9	3,5	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	9,3	2,0	0,5	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4
2013	2	0,0	0,0	5,4	11,6	1,5	0,0	0,0	5,5	0,0	0,6	2,2	0,0	15,0	2,2	0,0	0,0	0,0	5,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,9	0,0				52,4
2013	3	1,3	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	8,0	4,4	1,7	3,0	0,0	10,4	0,0	4,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	36,9
2013	4	2,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,2	0,0	0,6	16,5	4,1	0,0	10,0	14,6	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0		72,7
2013	5	8,4	0,3	6,9	10,0	1,3	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	2,8	2,3	2,8	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	1,0	0,0	4,2	14,4	0,0	68,7
2013	6	0,0	9,6	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	4,5		19,0
2013	7	0,0	0,5	0,8	0,0	1,1	0,0	1,8	0,0	1,4	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	10,3
2013	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	5,7	0,4	0,0	4,2	1,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,2	0,3	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	17,5
2013	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	1,6	0,0	0,8	0,4	1,9	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,6	0,0		10,0
2013	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	21,5	8,6	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,7
2013	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	17,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2		23,9
2013	12	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	2,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	3,2	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4
2014	1	0,0	0,0	0,0	3,8	1,9	17,9	18,1	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,3	0,0	3,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	65,3
2014	2	0,0	0,0	9,4	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,6	0,4	3,5	0,0	0,5	2,4				22,7
2014	3	12,7	0,0	0,0	4,4	1,0	0,0	11,6	8,5	0,0	7,3	19,6	1,0	0,0	0,0	5,4	3,2	2,6	3,9	2,2	0,0	1,4	0,0	2,4	0,7	0,0	5,5	2,0	0,0	0,0	4,5	0,0 1	9,9
2014	4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	2,1	6,3	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	1,1	2,0	0,0	24,4	0,0	0,0	4,5	1,8		48,9
2014	5	1,1	0,2	6,1	0,0	0,0	4,5	1,3	8,5	3,5	8,9	13,2	1,8	0,0	7,9	0,9	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,8	4,8	0,0	0,8	0,0	0,6	0,0	6,2	0,0	5,8	94,4
2014	6	8,3	3,2	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,9	0,0	0,7	1,0	0,9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	2,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0		28,7
2014	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6
2014	8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,2	4,0	0,0	0,0	0,4	0,0	18,8
2014	9	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	9,5	2,2	0,0	5,2	6,1	0,0	0,0	7,3	7,0	14,5	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,6		61,9
2014	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,4	3,3	4,2	37,4	10,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	5,2	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,5	4,3	3,5	0,0	86,6
2014	11	0,0	0,0	0,0	10,3	1,0	3,8	2,5	1,9	10,5	5,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	3,7	1,9	14,7	4,0	0,0	1,1	0,0		65,0
2014	12	0,4	0,0	0,0	3,8	4,1	1,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,5	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	5,8	6,0	3,2	2,8	4,3	0,0	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6
2015	1	0,0	0,0	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	6,5	4,7	8,4	0,7	5,5	5,2	2,2	3,6	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	1,6	0,5	57,7
2015	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	5,2	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,6	0,0	0,0	0,0				20,6
2015	3	0,0	30,4	0,0	0,0	1,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	2,2	0,9	7,2	16,8	12,9	4,0	1,0	0,0	0,0	9,6	2,1	8,0	14,0	0,2	5,2	5,1	1,9	0,0 1	25,1
2015	4	2,8	3,4	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	2,4	10,0	1,2	6,8	0,0	27,8	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,4	0,0	0,0		69,6
2015	5	0,3	0,0	18,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,4	0,3	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,7	4,2	3,2	0,0	0,5	42,5
2015	6	0,0	1,2	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,1	4,6	0,3	0,0	0,0	0,0	7,4	6,2	3,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		26,0
2015	7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	9,2	3,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,2	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,2	6,1	2,2	5,8	1,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,4	0,0	0,0	36,8
2015	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	3,1	1,9	0,0	0,0	1,3	10,1
2015	9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		1,7
2015	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	3,5	0,6	0,0	0,0	2,0	27,0	21,1	5,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,9	65,0
2015	11	0,0	0,0	12,7	0,0	14,1	8,2	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	3,2	0,0	0,0	0,0	5,8	1,8	4,9	0,0	0,0	0,0	6,2	4,5	0,0	0,1		63,7
2015	12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	3,2	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	15,8
2016	1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	5,5	2,1	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	52,2
2016	2	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	2,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	1,5	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,1	2,5			23,8
2016	3	0,7	0,0	0,5	12,7	7,6	9,6	8,0	3,6	8,5	20,6	4,0	1,5	3,2	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	4,5	5,0	10,0	8,6 1	33,0

Anexo N° 32 Datos meteorológicos dePrecipitación de la Estación Guano

NOMBRE: **GUANO** CODIGO: M0408

PERIODO: 2013 - 2017 LATITUD: 1G 36' 33" S LONGITUD: 78G 38' 7" W ELEVACION: 2620.00

AÑO	DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA MENSUAL
2013	1	8,5	0	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,3
2013	2	0	0	13,5	0	0	0	0	19,3	1,5	12,5	18,6	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				69,8
2013	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,8	10,2	0	4,3	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	31,8
2013	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0	5,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		8,7
2013	5	0	0	0	10,3	0	0	5,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,3	0	0	0	5,6	14,6	0	52,2
2013	6	0	11,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,6	0		19,1
2013	7	0	0	0	0	0	0	3,2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,2
2013	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		3,6
2013	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0	13,8	0	15,5	0	8,8	0	0	6,9	0	0	0	46,3
2013	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	2		6,5
2013	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9
2014	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,3	7,3	0	0	0	0	12,6
2014	2	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0				7,7
2014	3	0	0	38	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,7	14,5	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0	0	7,3	0	0	83,7
2014	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	4,5	0	1,3	0	0		12,8
2014	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,7	9,5	3,8	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	10,3	56,3
2014	6	0	0	0	8,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		8,5
2014	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	4,5
2014	8	0	5,4	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4	0	0	0	0	3,5	2,8	0	0	0	0	0	0	20,1
2014	9	0	0	0	0	0	0	0	0	15,5	0	0	0	0	5,5	0	0	1,2	1,2	29,7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		55,1
2014	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,7
2014	11	0	0	0	0	0	0	0	0	8,9	0	0	0	0	0	1,3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	5,6	7,5	0	0	0	0		31,3
2014	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	2,7
2015	1	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,4	5,6	0	0	0	5,2	5,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39,2
2015	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,3	0	0	7,5	0	0	0	0				12,8
2015	3	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	8	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	1,1	7,8	0	0	0	29,1
2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4	0	0	8,2	0	0	0	0	0	5,8	0	0	0	0		17,4
2015	5	0	0	9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	20,5
2015	6	0	0	5	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		7,6
2015	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	0,1	0	0	4,5	2,3	2,1	5,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,5
2015	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	9	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1,2
2015	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,5	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,6	0	0	29,7
2015	11	2,5	0	0	0	23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	9,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,5	0	0	0		45,8
2015	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,3
2016	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,2	0	6,3	0	0	0	0	0	6,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,6
2016	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			6

Anexo N° 33 Datos de Precipitación de la estación RIOBAMBA POLITECNICA-SPOCH

NOMBRE: **RIOBAMBA POLITECNICA-SPOCH** CODIGO: M1036

PERIODO: 2013 - 2017 LATITUD: 1G 39' 3" S LONGITUD: 78G 41' 6

AÑO	DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA MENSUAL
2013	1		1,9	4,3				0,0	0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	0,0	0,0	6,2
2013	3				0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	3,8	0,0	1,9	7,9	1,2	7,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	28,5
2013	4	1,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0	4,4	0,0	9,6	1,0	8,5	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5	0,0		43,7
2013	5	0,3	5,0	5,3	11,2	2,2	0,8	1,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	1,6	0,5	0,2	0,0	0,0	0,4	1,2	0,2	1,1	0,0			12,1	2,9	0,2	0,0	7,0	12,8	1,5	68,1
2013	6	0,8	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,8	0,0	0,0	3,9		16,7
2013	7	0,3	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	1,3	1,5	1,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	6,0
2013	8	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	4,4	0,0	0,9	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	8,2
2013	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	2,1	0,0	0,0	2,5	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0		6,3
2013	10	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,1	19,2	7,2	3,8	4,3	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	10,6	0,9	0,0	49,3
2013	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,6	0,2	0,0	5,2	0,0	0,4	14,6	3,4	0,1	0,0	1,9	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0		37,2
2013	12	0,0	6,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,6	0,0	0,4				0,0	0,0	0,0	0,2			14,3
2014	1		0,0	0,0	2,2	1,8	15,6	16,6	26,7	1,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,6	0,8	10,5	1,8	0,0	0,0	81,7
2014	2	0,0	0,0	0,8	6,2	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	3,2	0,0	0,5	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	2,7				18,5
2014	3	2,5				1,0	0,0	0,0	14,6	0,6	2,0	3,2			0,0	3,3	0,0	0,1	1,0	0,4	0,7	0,5	0,0	6,8	1,8	0,0	5,4	0,4	0,0	0,8	14,5	0,0	59,6
2014	4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	1,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,3	0,5	1,0	3,3	0,0	2,5	4,5	0,0	0,3	1,8	0,0	0,6	1,2	0,0	12,3	0,4	0,8	1,3	2,0		38,0
2014	5	1,2	3,0	7,6	0,0	0,0	0,6	0,0	5,6	13,5	24,8	7,9	0,1	0,0	2,0	4,1	0,1	1,7	0,0	0,6	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0					83,6
2014	6	8,6	0,5	0,7	0,4	0,8	1,5			4,4	3,3	0,0	0,3	2,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4		32,8
2014	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	2,1	0,1	0,0	1,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6
2014	8	0,0	0,0	0,0	1,8	0,2	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,1	1,5	0,3	0,0				0,8	0,0	0,0	0,0				0,4	3,2	4,4	0,0				18,7
2014	9	0,3	0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	1,1	10,7				4,5	0,0	0,0	0,0	37,5	3,7	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		59,0
2014	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4			6,0	1,5	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	3,2	0,0	1,3	0,0	6,4	0,0	4,5	0,0	0,0	0,5	0,0	3,6	1,3	0,8	31,2
2014	11	0,0			0,2	1,9	0,1	0,0	0,0	3,5	0,0	0,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	1,1	0,6	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0		28,1
2014	12	0,0	0,0	0,0	1,2	0,1	1,2	2,3	0,8	0,1	1,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	3,1	17,0	0,0	0,0	0,0			0,5	0,4	0,0	0,0	0,0		30,2
2015	1		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	2,6	9,8	3,2	1,1	0,0	4,5	0,9	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	34,0
2015	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	6,4	3,5	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8				3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,7	0,0	0,0	0,1	0,0				28,3
2015	3	0,4	25,9	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	2,8	0,0	1,0	16,1	7,7	15,5	1,4	0,0	3,5	0,0	0,0	15,3	0,2	0,0	7,9	7,4	7,2	0,3	113,2
2015	4	1,2	1,3	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	1,3	0,0	0,2	11,4	4,0	3,1	4,1	0,0	8,6	2,7	0,2	0,1	0,2	1,7	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0		44,2
2015	5	0,0	0,0	25,7	2,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	1,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,2	1,6	0,0	1,4	0,1	0,0	0,0	2,5	4,1	0,5	0,3	0,4	43,1
2015	6	0,0	0,0	1,3	2,1	2,5	0,4	0,3	0,1	2,0	0,1	0,1	0,1	0,0	4,0	7,0	2,5	0,4	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0		24,8
2015	7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	4,5	1,1	0,0	0,0	0,3	1,8	0,4	0,0	0,0	0,4	0,2	0,6	2,0	8,1	2,3	6,5	1,8	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	1,3	1,1	0,0	0,0	33,1
2015	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	1,2	1,3	0,0	1,4	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,2	0,0	0,7	0,0	0,9	0,0	1,3	9,4
2015	9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1		1,8
2015	10	4,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	1,8	21,5	8,5	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	2,5	57,3
2015	11	0,0	0,0	0,0	0,0	24,8	13,7	6,2	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	4,2	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	2,6	7,0	1,4	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0		72,0
2015	12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4

Anexo N° 34 Datos de Temperatura de la estación RIOBAMBA POLITECNICA-SPOCH

NOMBRE: **RIOBAMBA POLITECNICA-SPOCH** CODIGO: M1036

PERIODO: 2**013 - 2017** LATITUD: 1G 39' 3" S LONGITUD: 78G 41' 6.77" W ELEVACION: 2850.00

AÑO	DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA	MEDIA MENSUAL
2013	1		11,5	12	13,2			15,4	13,8	14,5	14,7	15,5			17,3	15,7	16,4	15,3	14,3			16,6	16,3	14,6	15,7	16,7			14,6	15,7	15,4	16,1	331,3	**15,1**
2013	3	14,2			14,5	15,4	15,6	15,4	15,3	14,5	16	15,2	14,9	14,9	15,7	15,3	15,2	13,2	13,5	15,3	15,2	14,8	14,3	14,4	15,9	16,3	14,2	14	14,8	14,3	14,4	15,2	431,9	**14,9**
2013	4	14,4	14,1	15,4	13,8	16,4	15,9	14,3	15,4	14,9	15,6	17,3	15,5	15,7	15	14,5	15,2	15,4	14,6	15,2	13,5	14,1	13,3	13	13,3	13,4	14,1	15,4	15	14,6	14,7		443	**14,8**
2013	5	15,1	15,2	14,7	13,8	14,2	13,4	13,5	14,1	14,4	15,3	16	15,2	14,6	14	14,2	14,3	15,5	15,8	15,4	13,8	13,7	14,1	14,2		15,3	12,4	14,4	14	14,5	14,3	11,8	431,2	**14,4**
2013	6	13,7	14,1	12,8	12,1	12,6	14	13,9	12,8	13,7	12,4	13	14,2	14,9	14,4	13,1	14,4	14	15	14,4	14,1	13,4	14,3	15,3	13,9	13,9	15,3	11,2	15,3	12,9	11,4		410,5	**13,7**
2013	7	12,7	13,9	12,1	13,3	14	14,3	13,3	12,1	12	10,3	12,6	13,4	14,2	12,4	12	12,8	12,5	13	13,1	13,8	13,7	13,9	13,9	14	12,5	13	12	11,3	12,4	12,6	12,8	399,9	**12,9**
2013	8	13	14,2	12,5	12,8	12,8	12,8	12,4	15,3	14,8	14,3	14,2	15,9	15,3	12,5	13,6	15,3	12,8	13,4	12,6	11,6	12,8	13,9	13,3	15,3	14,2	13,9	13	11,5	11,7	11,6	11,7	415	**13,4**
2013	9	12,1	13,6	13,3	12,9	13,1	12,5	12	13,8	12,7	14	12,9	14,7	14,5	15,5	14,3	13,9	13	14,6	13	12,3	13,7	14,2	14,2	12,5	13	14,2	15,1	14,7	13,2	13,9		407,4	**13,6**
2013	10	14,5	16,1	15	14,2	13,8	14,3	13,1	13,4	14,1	14,2	15,8	14,3	14,1	13,5	13,9	11,6	13,9	15,1	15,3	15,4	14,1	12,8	15	15,6	15	14,5	15,1	15,9	15,4	15,3	15,2	449,5	**14,5**
2013	11	15,6	14,8	15,2	15,3	15,8	16,2	15,8	15,6	15,2	15,8	15	15,4	14	13,4	14,5	15,3	14,4	15,8	13,2	13,3	14	13,9	15,4	15,3	16	16	15,5	15,3	16,5	15,9		453,4	**15,1**
2013	12	13,9	15,5	14,1	14,2	14,1	15,3	14,9	13,8	13,7	13,3	13,4	16,1	16,2	15	14,5	14,6	15,1	16,5	14,8	15,6	14,9	15,3	15,4			15,5	14,2	13,1	14,3	14,1		411,4	**14,7**
2014	1		14,8	15,7	14,5	13,6	14,7	13,9	12,9	14,1	14	14,5	14,7	14,2	14,5	15,1	14	15	14,3	14,4	15,1	15,8	15,1	16,1	15,8	14	15,4	15,5	14,5	14,5	14,9	13,8	439,4	**14,6**
2014	2	15,2	15,6	16,2	15,8	11,8	13,9	15,3	13,5	13,8	14,2	14,2	14,7	15,4	15,9	16,1	16,2	15,9	14,3	16,2	16,6	13,5	14,2	13,4	14,7	14,8	16,3	14,5	15,3				417,5	**14,9**
2014	3	13,7	14,5			14,3	14,7	15,5	15,1	12,7	14,4	14,1	15	14,6	15,4	14,2	14,8	13,9	13	13,9	14	13,6	14,1	13,5	13,9	13,9	14,7	13,7	14,1	16,2	14,9	13,9	414,3	**14,3**
2014	4	14,8	12,9	14,2	14,8	14,5	13,8	14	14,2	14	14,2	14,2	13,7	13,9	14	13,8	14,8	16	15,3	14	14,4	15,1	15,3	13,9	12,1	14,7	14,5	13,2	14,4	13,1	12,2		424	**14,1**
2014	5	14,6	14,3	13,7	13,9	14,9	14,5	15	13,3	14,9	14,2	14,9	14,4	14,2	13,2	15,1	13,9	13,3	13,2	13,2	14,3	15,2	15,2	15,1	15,1	12,9	13,2	12,9	13,5				396,1	**14,1**
2014	6	13,1	13,2	14	13,5	13,8	12,8			13	12,9	13,6	15	15	13,7	12,1	11,8	10,8	11,8	10,6	11,8	13,9	12,9	13,2	13,2	13,5	13,4	13,1	14,2	13,8	13,8		367,5	**13,1**
2014	7	15	14	14,4	14,4	13,7	13,1	12	11,7	13,1	11,6	11,5	13,2	12,7	12,9	13,6	13,3	12,9	12,5	13,1	13	13,7	14,2	14,9	15,2	14,5	12,8	13,1	13,8	14	12,9	13,2	414	**13,4**
2014	8	13,5	12,3	12,7	13,5	12,4	13,4	13,5	13,2	12,5	12,2	14,2	12,1	13,3	12,2	13,1			10,5	10,3	11,5	11,5	13,5			14,2	12,6	12,5	12,9	13,9			317,5	**12,7**
2014	9	12,7	13,9	14,6	13,5	13			11,1	12,4	14,7	13,3	12,1			11,2	13,9	14,1	14	13,6	14,5	14,6	13,2	14,8	14,3	14,2	14	13,2	14,2	13,6	13,4		352,1	**13,5**
2014	10	13,5	11,6	12,2	14,5	14,2	14,6	14,5	14,7	14,3		11,8	12,5	13,2	13,1	13,4	13,6	13,7	14,9	15,7	13,9	13,5	15	14,2	14,8	14,4	15,4	14,7	15,5	15,9	16,2	15,4	424,9	**14,2**
2014	11	15,1	15,5		15,7	15,9	15	16,2	16,5	16,3	15,5	14	13	14,5	14	14	13,7	15,2	15,9	15,5	15,1	14,7	15,5	15,2	14,4	14,9	15	16,3	16		14,9		423,5	**15,1**
2014	12	15	14,2	14,6	14,6	13,8	15,5	15,1	16,1	14	14,3	13,1	13,4	15,7	15,2	14,5	13,8	15,1	14,1	15,8	14	15	13,9	13	15,1		14,4	14	14,1	13,3	14,2	13,5	432,4	**14,4**
2015	1		13,9	13,5	12	13,1	13,5	13,5	15,1	13,3	13,1	14,5	15	14,5	15,5	15,1	15,5	15,2	12,2	13,8	14,5	13,6	13,4	12,1	13,8	14,3	15	14,1	14,1	14,2	13	14,5	418,9	**14,0**
2015	2	14,3	13,5	14,7		14,9	15,7	15,2	14,6	14,8	15,5	15,4	15,1	15,6	14,6	13,6			15,2	16,7	16,2	14,9	15,6	15,2	15,6	15,1	15,6		14,4				362	**15,1**
2015	3	15,8	14,5	14,2	14,9	14,8	14,1	14,4	14,7	14,7	15,2	14,6	13,8	15,3	15,3	14,1	14,6	15,4	11,4	14,2	11,9	14,2	13,5	14,3	15,3	14	14,4	14,4	14,3	13,6	14,8	14	444,7	**14,3**
2015	4	14	13,5	14,5	14,5	14,4	14,5	14,1	14,5	15,4	14,6	14,7	14,3	14,9	13,7	14,4	13,4	13,1	11,5	14,5	13,2	12,1	14,2	14,2	13,6	13,8	13,5	14,4	13,6	14,4	13,6		419,1	**14,0**
2015	5	12,5	14,5	15,3	13,8	13,6	13,3	12,9	14	14,6	15,3	12,8	13,3	14,5	14,1	13,2	15,5	14,5	13,3	14,7	14,2	13,5	14,5	13	14,5	14,7	14,5	14,1	12,2	13,4	15	13,6	432,9	**14,0**
2015	6	13,1	13,8	12,5	12,1	12,1	13,5	13,9	13	13,7	13,5	14,5	13,7	13,7	15,2	14,7	14	13,6	12,8	11,9	13	12,5	12,5	12,3	12,9	12	13,4	13,4	13,1	13,4	14,2		398	**13,3**
2015	7	14,3	15	14,6	14,1	13,9	13,9	14,3	14,7	14,3	14,2	13,8	13,1	13,2	12,7	13,3	14	12,9	11,1	13,5	13,6	14,3	11,3	12,1	14,2	13,8	13,8	12,5	12,9	12,5	12,3	12,9	417,1	**13,5**
2015	8	13,4	12,4	14	14,5	14,1	13,8	13,9	14,3	14,4	14,3	14,4	14,1	15	12,6	12	12,8	13,2	13,2	14,2	13,7	13,7	14,7	13,8	13,3	12,6	13,7	14,1	13,3	13,3	13,6	11,5	421,9	**13,6**
2015	9	12,9	12,3	14,1	15	13,5	14,9	14,3	13,8	13	13,9	14	13	13,8	12,6	13,7	14,6	16,4	14,8	14,7	14,7	14,9	14,9	14,4	14,6	14	14,7	15,3	15,4	15,5	15,1		428,8	**14,3**
2015	10	16,3	16,2	14,5	13,8	14,3	14,3	13,7	13,8	15,6	14,8	15,1	16	14,1	15,5	14,1	13,9	14,7	13,9	14,1	14,4	16,3	14,3	15,3	15,7	15,2	15,2	14,7	14,7	14,7	15,6	15,6	460,4	**14,9**
2015	11	15,8	14,9	15,7	12,3	14,8	14,2	11,8	13,6	14,4	14,3	14	13,6	14,9	14,6	15,4	15,1	13,3	15,1	16,1	16,2	15	15	15	15,2	15,8	14,5	16,4	16,6	16,2	16,2		446	**14,9**
2015	12	15,1	13,4	14,1	15,5	14,9	15,3	15,5	14,6	15,7	14,6	13,7	13,9	15,3	15,4	13	14,7	14	14,9	15,4	13,5	14,1	15,5	14,7	14,6	14,7	14,6	15,8	15,8	16,1	16,5	16,8	461,7	**14,9**