

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
ESCUELA DE GEOGRAFÍA

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA EN GEOGRAFÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

IMPLEMENTACIÓN DE ALBERGUES Y SELECCIÓN DE RUTAS DE EVACUACIÓN  
PARA LA POBLACIÓN DE LA PARROQUIA SAN MIGUEL DE URCUQUÍ- YACHAY,  
EN CASO DE EMERGENCIA, POR EVENTOS SÍSMICOS.

SHARON ABIGAIL CRIOLLO ESTRELLA

DIRECTOR: Mtr. SANTIAGO JARAMILLO

QUITO, 2017

## DEDICATORIA

A Dios porque de Él son todos mis logros, por su amor infinito e incondicional, gracias por dejarme sentirte en todo lo que tengo y lo que soy.  
A mi hermosa mamá, Séfora Estrella, siempre has estado en los mejores momentos de mi vida pero sobre todo en los más tristes.  
A ti te dedico todos mis logros, hoy y siempre.  
A mi tío Moisés Estrella, mi papá por elección, me regaló mi primer libro. Me enseñó a alcanzar Júpiter cuando tenía 7 años, andar en bici y todo lo que sé. Se lo que es ser feliz por ti  
A mi hermanita, Devanny, nunca supe lo que era ser valiente hasta que llegaste gracias por enseñarme a ser una mejor persona,  
Eres el sol de mi vida.  
A mi abuelita, Mami Susi, me enseñó el significado de familia  
Todos mis recuerdos bonitos de la niñez te los debo a ti  
Que tus oraciones nunca nos falten  
A mis tíos, Hernán y Carlos Estrella, gracias por ayudar a educarnos pero sobre todo, gracias por su amor.  
Siempre que veo una cometa pienso en ustedes.  
A todo mi equipo Estrella, por su amor y su fuerza he alcanzado cada meta  
Gracias por enseñarme el significado del amor  
A mis amigas del colegio, crecimos juntas, su amistad siempre será primordial en mi vida.  
A Normita sin ella no sabría lo que significa amar la naturaleza, eres mi alma compartida.  
Johan, también te dedico a ti, me enseñas que nada es imposible que la distancia se acorta cuando se ama de verdad.  
A mis amigas y amigos de la universidad que me enseñaron a amar lo nuevo y que nunca hay poco tiempo, para ser amigos por siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, que creyeron en mí y me han apoyado en cada paso que he dado como hija y estudiante.

A mi director de tesis Santiago Jaramillo, por guiarme, darme las directrices para el desarrollo de este trabajo y apoyar la culminación de mis estudios.

A los profesores; Alexandra Mena y Armando Echeverría, lectores de la disertación, por sus aportes y criterios para mejorar este estudio.

A Yachay EP por su apertura y colaboración con la información para el desarrollo de la disertación

A todas las personas que con su colaboración hicieron posible el desarrollo de este trabajo de disertación.

## **RESUMEN**

La presente disertación, tiene como objetivo principal proponer un sistema de albergues y rutas de evacuación para la población de Yachay - Urcuquí, como medidas preventivas frente a un evento sísmico. A fin de prevenir y preparar a la población ante la posible ocurrencia de un sismo; para lograrlo se realizó un diagnóstico biofísico y socioeconómico, se identificó el nivel de la amenaza y vulnerabilidad. Se elaboró un mapa del nivel de riesgos frente a un evento sísmico para identificar a las comunidades más vulnerables y brindar principal atención. Para el proceso metodológico, se utilizó la evaluación multicriterio de Saaty.

Empleando Sistemas de Información Geográfica se buscó minimizar el tiempo total para la evacuación de las personas y reducir el costo total de abrir albergues, y de usar las rutas para trasladar a la población.

Las soluciones generadas para un escenario de evento sísmico, presentaron una base para la elaboración de un plan de emergencia, que puede ser implementado por las autoridades.

## **SUMARY**

The present dissertation, it has as principal aim propose a system of lodgings and routes of evacuation for the population of Yachay - Urcuquí, as preventive measures in a seismic event. In order to anticipate and to prepare the population in a case the possible occurrence of an earthquake; to achieve it carried out a diagnostic biophysicist and socioeconomic; there was identified the level of the threat and vulnerability. There was elaborated a map of the level of risks front to a seismic event to identify to the most vulnerable communities and offer the principal attention. For the methodological process, Saaty's multicriteria evaluation was used.

Employing Geographic Information Systems, it was sought to minimize the total time for the evacuation of people and reduce the total cost of opening shelters, and to use the routes to transfer the population.

The solutions generated for a seismic event scenario, presented a basis for the elaboration of an emergency plan, that can be implemented by the authorities.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>5</b>
<b>4. OBJETIVO</b>	<b>7</b>
<b>4.1. Objetivo:</b>	<b>7</b>
<b>4.2. Objetivos Específicos:</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>8</b>
<b>1. Criterios técnicos y teóricos</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Marco teórico</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Marco Conceptual</b>	<b>10</b>
<b>1.3. Definición del Área de Estudio</b>	<b>22</b>
<b>2. Proceso metodológico</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>27</b>
<b>3. Caracterización del territorio</b>	<b>27</b>
<b>3.1. Componente Biofísico</b>	<b>27</b>
3.1.1. Clima	27
3.1.2. Hidrología	33
<b>3.2. Geología y Geomorfología</b>	<b>35</b>
3.2.1. Hidrogeología	35
3.2.2. Geología	35
3.2.3. Geomorfología	37
<b>3.3. Suelo</b>	<b>42</b>
3.3.1. Taxonomía	42
3.3.2. Textura de Suelo	43
3.3.3. Cobertura Vegetal	44
3.3.4. Uso del Suelo	45
<b>3.4. Componente Social</b>	<b>45</b>
<b>3.5. Componente Económico</b>	<b>49</b>
3.5.1. Rama de Actividad	50
3.5.2. Infraestructura	50
<b>3.6. Pobreza</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>54</b>
<b>4. Análisis de Riesgo</b>	<b>54</b>
<b>4.1. Evaluación de Amenazas Producidas por Sismos</b>	<b>56</b>

4.1.1. Metodología	56
4.1.1.1. Selección de variables y criterios a ser analizados	57
4.1.1.2. Proceso de análisis jerárquico (AHP)	58
4.1.2. Mapa de Amenazas Producidas por Sismos	69
<b>4.2. Evaluación de la Vulnerabilidad</b>	<b>73</b>
4.2.1. Metodología	73
4.2.1.1. Selección de variables y criterios a ser analizados	74
4.2.1.2. Proceso de análisis jerárquico (AHP)	75
4.2.2. Mapa de Vulnerabilidad	83
<b>4.3. Clasificación del Nivel de Riesgo</b>	<b>86</b>
<b>4.4. Mapa de Riesgos</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>92</b>
<b>5. Selección de Áreas y Rutas de Evacuación para Implementación de Albergues</b>	<b>92</b>
<b>5.1. Selección de Albergues</b>	<b>93</b>
5.1.1. Metodología	93
5.1.2. Análisis e interpretación de resultados	98
<b>5.2. Selección de Rutas de Evacuación</b>	<b>99</b>
5.2.1. Metodología	100
5.2.2. Análisis e interpretación de resultados	106
<b>6. Propuesta</b>	<b>108</b>
<b>6.1. Análisis e interpretación de resultados</b>	<b>109</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>111</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>114</b>

## TABLAS

<i>Tabla No 1. Rango y descripción de las pendientes.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla No 2. Orden de suelo .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla No 3. Textura de suelo.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla No 4. Cobertura Vegetal.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla No 5. Uso del Suelo .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla No 6. Distribución de la Población por Sexo y Grandes Grupos de Edad.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla No 7. Instituciones Educativas.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla No 8. Tipo de Vivienda .....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla No 9. Rama de actividad.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla No 10. Vías – Descripción .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla No. 13 Variables Condicionantes .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla No. 14 Escala de Preferencias .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla No. 15 Valores asignados para IA.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla No. 16 Revaloración de Condiciones Geomorfológicas .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla No. 17 Revaloración de Condiciones de Pendiente .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla No. 18 Revaloración de Condiciones de Cobertura Vegetal .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla No. 19 Revaloración de Condiciones de Uso del Suelo .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla No. 20 Revaloración de Condiciones según el tipo de suelo (textura).....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla No. 21 Variables .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla No. 22 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla No. 23 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla No. 24 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla No. 25 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla No. 26 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla No. 27 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla No. 28 Variables Condicionantes .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla No. 29 Escala de Preferencias .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla No. 30 Valores asignados para IA.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla No. 31 Revaloración de Tipo de Vivienda.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla No. 32 Revaloración de Condiciones Materiales de Construcción.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla No. 33 Revaloración de Condiciones de Procedencia del Agua.....</i>	<i>81</i>

<i>Tabla No. 34 Revaloración de Condiciones de Acceso Principal.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla No. 35 Variables .....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla No. 36 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla No. 37 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla No. 38 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla No. 39 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla No. 40 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla No. 41 Reclasificación de Valores .....</i>	<i>85</i>

## MAPAS

<i>Mapa No. 1 Área de Estudio .....</i>	<i>23</i>
<i>Mapa No. 2 Temperatura .....</i>	<i>28</i>
<i>Mapa No. 3 Precipitación .....</i>	<i>30</i>
<i>Mapa No. 4 Tipos de Clima .....</i>	<i>32</i>
<i>Mapa No. 5 Hidrología .....</i>	<i>34</i>
<i>Mapa No. 6 Geología .....</i>	<i>36</i>
<i>Mapa No. 7 Morfología .....</i>	<i>39</i>
<i>Mapa No. 8 Pendiente .....</i>	<i>41</i>
<i>Mapa No. 9 Amenaza a Deslizamientos por Eventos Sísmicos .....</i>	<i>72</i>
<i>Mapa No. 10 Vulnerabilidad Física .....</i>	<i>87</i>
<i>Mapa No. 11 Nivel de Riesgo por Eventos Sísmicos .....</i>	<i>91</i>
<i>Mapa No. 12 Selección de Albergues .....</i>	<i>97</i>
<i>Mapa No. 13 Rutas de Evacuación .....</i>	<i>105</i>
<i>Mapa No. 14 Propuesta .....</i>	<i>110</i>

## 1. INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica, principalmente en los países ubicados en el Cinturón de Fuego de El Pacífico, la vulnerabilidad sísmica y sus consecuencias, se ha construido mediante procesos históricos formales e informales.

Un evento sísmico, en zonas vulnerables produce resultados negativos en los ámbitos económico y social, afectando el funcionamiento y desarrollo del territorio. La principal consecuencia de los eventos sísmicos es la afectación a la población, pues provoca daños estructurales y disminución en la capacidad económica y productiva, desde lo local hasta lo nacional.

En el 2016, el sismo ocurrido en la costa ecuatoriana, demostró que el país no está totalmente preparado para enfrentar una emergencia superior o igual a los 7.8M.

El riesgo es una condición presente y constante que, al no ser prevista o mitigada mediante acciones humanas o a través de una transformación en las condiciones físico – ambientales, advierte un nivel de impacto social y económico. Cuando un evento físico detona y modifica las actividades y condiciones de una población humana, el riesgo existente se evidencia en donde la sociedad y sus medios de vida pueden sufrir daños y pérdidas.

Los eventos físicos o amenazas y la vulnerabilidad son factores, sin los cuales el riesgo de desastre no puede existir. El nivel del riesgo está limitado a la intensidad o magnitud posible de los eventos físicos, y al grado o nivel de la exposición y de la vulnerabilidad.

Es necesario considerar que el nivel de riesgo de daños y pérdidas puede suponer el riesgo de desastre. Existen niveles y tipos de riesgo que no anuncian pérdidas y daños suficientes, para que la sociedad entre en una condición de “desastre” (Lizardo, A. & Pérez, G., 2009).

El principal objetivo del presente estudio es aportar al diseño de un plan de emergencia. La metodología de trabajo se basó en el uso de herramientas SIG y Evaluación Multicriterio de Saaty.

Para la evaluación de la amenaza se utilizó información a escala 1:25000, mientras que para el análisis de vulnerabilidad se utilizó información a escala 1:5000. Esto permitió establecer las posibles áreas en donde la ocurrencia de un evento sísmico afectaría de manera significativa, lo cual resulta útil para los gobiernos locales no solo en la toma de decisiones, la priorización de acciones que disminuyan las condiciones de vulnerabilidad física; sino también para la implementación de Planes de Emergencia y Contingencia, entre otros.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Según el análisis realizado por SENPLADES, San Antonio de Urcuquí mantiene un índice de vulnerabilidad socioeconómica de 0,753 dentro del primer quintil (SENPLADES, 2011); por lo que el análisis relacionado con las posibles amenazas de origen sísmico, adquieren gran importancia no solo para la preservación de la integridad física de las personas, sino también de sus medios de vida.

Forma parte del área de estudio el complejo Yachay cuyo costo total de construcción, se estima fue de USD 1.041'182.639,45, financiados a través de recursos fiscales (YACHAY CIUDAD DEL CONOCIMIENTO, 2013). Al tratarse de una inversión pública y estar ubicada en zona de riesgo sísmico, es necesario que esta institución incorpore la gestión del riesgo como eje transversal de su gestión, como lo dispone la Constitución de la República del Ecuador en su Artículo 389. Vale indicar que no se ha considerado el nivel de exposición del complejo Yachay debido a fallas geológicas específicas (Anexo 1).

Asimismo es importante mencionar que el Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) de Cantón San Miguel de Urcuquí, únicamente contempla riesgo por movimientos gravitacionales. No señala, que se encuentran en una zona de muy alta intensidad sísmica, pese a que cuenta con un Plan de Emergencia en caso de eventos sísmicos, no se han establecido medidas de prevención y mitigación.

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN) instaló una estación sísmica en Tapiapamba. En los informes de actividad sísmica en Urcuquí, realizados en noviembre de 2005, el IGEPN registró varios sismos, con una magnitud máxima de 4.3 grados en la escala de Richter, causados por el Sistema de Fallas El Ángel - Otavalo (Instituto Geofísico del Ecuador, 2005). Posteriormente en septiembre del 2014, la comunidad de Tapiapamba informó de actividad sísmica percibida por la población (Diario Regional Independiente, 2014).

Con base a estos antecedentes se ve necesario plantear a las autoridades y pobladores se tomen medidas de contingencia con el objetivo de reducir la vulnerabilidad física de la

población de las comunidades aledañas a Yachay y en el mismo complejo; ya que es una zona muy susceptible a sismos<sup>1</sup>, que podrían causar pérdidas materiales e incluso humanas.

El estudio permite hacer un planteamiento de mitigación en caso de emergencia, principalmente porque no existen estudios actualizados de amenazas naturales de origen tectónico.

En el contexto en el que se ubica la realidad del territorio, la posibilidad de pérdidas humanas y materiales ante la posible ocurrencia de eventos sísmicos es una amenaza real para la población de Yachay - Urcuquí.

El presente estudio se centra en el análisis de medidas de mitigación estructurales, el análisis del territorio con el fin de valorar lugares propicios para la ubicación de albergues.

El proceso de investigación tiene una ventaja, ya que el complejo Yachay al tratarse de un proyecto de inversión pública, la información es de libre acceso, lo cual facilitó la obtención de datos.

---

<sup>1</sup> Se han registrado sismos de hasta 5.5 grados en la escala de Richter, mayor información en: <http://www.igepn.edu.ec/informes-sismicos/especiales/especiales-2005-1/237-informe-no-2-actividad-sismicidad-en-urcuqui/file>

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Ciudad del Conocimiento “YACHAY” se construye en el cantón San Miguel de Urucuquí, luego de un análisis técnico en el que se identificaron varios elementos como el terreno, el clima, la conectividad y la disponibilidad del agua.

En la ciudad viven aproximadamente 300 personas, para el 2016 se proyecta que en el complejo vivan aproximadamente 6.000 personas (Lizarzaburo, 2014). El proyecto estableció un polígono de intervención que incluyó a cuatro comunidades cercanas: Las Mercedes, San Vicente, El Puente, Tapiapamba, San Antonio y Armas Tola (Yachay EP, 2014).

La población ubicada dentro del polígono de intervención se asienta sobre una serie de fallas geológicas. La actividad sísmica es una evidencia de que el Sistema de Fallas El Ángel – Otavalo están activas (Escuela Politécnica Nacional Instituto Geofísico, 2005). Sin embargo la amenaza generada por la actividad sísmica, es un aspecto ignorado dentro del PDOT del Cantón Urucuquí (Plan de Ordenamiento Territorial). Así pues el nivel de vulnerabilidad se incrementa significativamente al no prever y prepararse ante posibles impactos por eventos sísmicos debido a las fallas geológicas existentes

Vale resaltar según registros históricos que la actividad sísmica ya ha provocado la pérdida de vidas humanas por el terremoto ocurrido el 15 y 16 de agosto de 1868 en Carchi e Imbabura, con una serie posterior de cientos de réplicas que alcanzaron una magnitud de 7,2 en la escala de Richter y con una intensidad de X en la escala de Mercalli. El sismo fue producto del sistema de fallas El Ángel - Otavalo (IGEPN, 2013).

En el año 2005 se registraron 107 sismos en la zona de Urucuquí, al noreste de Ibarra. El más fuerte fue de 4,3 grados en la escala de Richter.

Debido a que el PDOT del cantón no establece lugares seguros destinados a la evacuación de la población, en caso de que ocurra un sismo; el presente estudio analiza los posibles lugares estratégicos, seguros y de fácil acceso, que permitan ubicar de forma segura las personas en caso de evacuación.

Con el fin de definir las áreas vulnerables a sismos, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta útil que permite integrar, analizar y representar de forma eficiente, la información geográfica del territorio investigado. Los SIG constan de una parte gráfica, ligada a una base de datos.

De esta manera y mediante la metodología de Evaluación Multicriterio (EMC) se pudo aplicar una primera valoración de las áreas que cumplen con las características para la implementación de albergues. Con el uso de las herramientas SIG se facilitó el análisis de rutas, y fue posible seleccionar las áreas de fácil acceso. Finalmente, al conjugar ambas herramientas técnicas la EMC y la SIG para selección de rutas, se definieron las áreas destinadas para la implementación de albergues.

Finalmente el estudio busca responder a las interrogantes ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad por exposición a eventos sísmicos de la población y de las infraestructuras? ¿Cuáles serían los lugares más seguros entorno al complejo Yachay - Urcuquí, que pueden ser seleccionados como albergues? ¿Qué rutas debe seguir la población para evacuar hacia los albergues en caso de emergencia por eventos sísmicos?

## **4. OBJETIVO**

### **4.1. Objetivo:**

- Proponer un sistema de albergues y rutas de evacuación para la población de Yachay - Urcuquí, como medidas preventivas frente a un evento sísmico, desde una perspectiva espacial.

### **4.2. Objetivos Específicos:**

- Analizar las posibles amenazas, por eventos sísmicos, que pueden afectar a la infraestructura y población de Yachay y Urcuquí.
- Analizar el nivel de vulnerabilidad física en la población de Yachay y Urcuquí.
- Identificar y elaborar un mapa de las áreas adecuadas para la implementación de albergues, en caso de ocurrencia de un sismo.
- Determinar rutas de evacuación de la población hacia los albergues en caso de alguna emergencia por eventos sísmicos.

# CAPÍTULO 1

## 1. Criterios técnicos y teóricos

### 1.1. Marco teórico

El ser humano ha buscado continuamente una explicación acerca de los fenómenos naturales.

En el año 1600 Galileo estudió los cuerpos sometidos a esfuerzos experimento que aportó al entendimiento del origen de los sismos. En el año 1800 A.C. el pensamiento naturalista regía las teorías sobre eventos naturales, por lo las personas atribuían el origen de los sismos a monstruos que estaban dentro de la tierra. Aristóteles y Senéca alejaron sus pensamientos del misticismo y desarrollaron teorías que proponían el aire como el origen o fuente de los sismos.

En 1830 Poisson dedujo la existencia de dos tipos de ondas que se propagan a través de los cuerpos sólidos. En 1857 Mallet propuso la teoría de que el origen de los terremotos, eran por causas explosivas, a partir de la cual desarrolló el concepto de foco puntual. En 1888 a partir del trabajo de Schmidt sobre la propagación de las ondas por el interior de la tierra, se dedujo que en general, la velocidad aumenta con la profundidad. Poco después, Suess reemplazo el concepto de foco puntual por el de región focal y se estableció una relación entre fenómenos sísmicos, la formación de montañas y el movimiento de las placas tectónicas (OSSO, s.f.).

El primer modelo mecánico – parcialmente empírico, parcialmente intuitivo – para los sismos se conoce como Teoría de Rebote Elástico y fue planteado por H.F. Reid en el año de 1910. Este modelo con algunas modificaciones, continúa vigente y explica de forma aproximada la ocurrencia de sismos de foco superficial (OSSO, s.f.).

Teóricamente los sismos de cualquier magnitud son capaces a generar réplicas, es así que los sismos de magnitudes mayores a 4 o 5 grados en la escala de Richter, son detonadores de réplicas secuenciales (Savage, 1975).

Por otro lado la concepción de riesgo es producto de la construcción de una percepción social. Así el riesgo se define como el producto de interacciones, en el tiempo y el espacio, de aquellas poblaciones humanas expuestas y vulnerables a eventos físicos potencialmente

catastróficos. Dentro de los elementos expuestos y vulnerables se incluye a los medios de vida y a las infraestructuras de apoyo (Cardona, Bertoni, Gibbs, Hermelin, & Lavell, 2010).

En este contexto es necesario añadir la teoría de visión holística del riesgo, que se fundamenta en los planteamientos teóricos de la complejidad. Toma en cuenta no sólo variables geológicas y estructurales, sino también variables económicas, sociales, políticas, culturales o de otro tipo. De esta manera facilita y orienta la toma de decisiones en un área geográfica.

Un enfoque de este tipo, integral y multidisciplinar, podría tener en cuenta de manera más consistente las relaciones no lineales de los parámetros del contexto, la complejidad y la dinámica de los sistemas sociales. Además aporta a la mejora en la efectividad de la gestión y a identificar y a priorizar medidas factibles y eficientes. Sobre la base de estas consideraciones las autoridades y la población son actores fundamentales para lograr una actitud preventiva ante las amenazas, disminuyendo el riesgo (Cardona O. , 2001).

Además de las teorías ya mencionadas, la teoría de la localización nace de una concepción geográfica, en la que se determina la *localización óptima*, desde la perspectiva del equilibrio parcial y de configuración de una estructura espacial eficiente en términos de ventajas distributivas (Duch Brown , s.f.).

Para entender lo anterior la “*Ley de Tobler*” menciona “*Todo está relacionado con todo lo demás, pero cosas cercanas están más relacionadas que cosas distantes*”, es decir que las relaciones existentes entre una misma variable medida en diferentes puntos del espacio geográfico, tienden a ser más estrechas o parecidas según ocurran en los lugares limítrofes del mismo espacio. (Ortiz, 2008).

En definitiva el presente trabajo está enmarcado en torno a una dinámica generada entre el ser humano y un entorno físico que se encuentra amenazado. Mezcla las distintas teorías de sismicidad, de riesgo y de geografía, las cuales dan origen al enfoque de Gestión del Riesgo que actualmente se plantea como una herramienta de planificación y desarrollo sostenible de un territorio (Secretaría de Gestión de Riesgo, 2014).

## **1.2. Marco Conceptual**

El caso de Yachay será visto desde un análisis espacial, con la utilización de sistemas de información geográfica y para ello es importante tener claro cinco conceptos fundamentales y entender la definición del espacio geográfico como el lugar en donde los componentes naturales, sociales, políticos y económicos se articulan e interactúan de manera coherente.

### **Localización**

El concepto considera que todos los objetos o sujetos tienen una ubicación específica en el espacio geográfico, esta ubicación puede ser vista de dos maneras complementarias.

Si se refiere al *espacio absoluto* corresponde a un sitio específico y fijo de emplazamiento, sustentado por la topografía local y si se apela al denominado *espacio relativo*, corresponde a una posición específica y cambiante respecto de otros sitios con los cuales se pueden establecer vínculos funcionales.

El *sitio* tiene un sistema de coordenadas que no cambia con el tiempo y a partir del cual se le asignan valores cuantitativos precisos de su ubicación. Por ejemplo Yachay se encuentra localizada a 0°24'36.0349''S y 78°10'28.2187'' W.

La *posición* se define a partir del uso de diferentes escalas, es decir de diferentes formas de medición como son los tiempos, los costos y la energía, resultados que generalmente cambian ante el avance tecnológico. De esta manera, entidades que durante toda su existencia se encuentran localizadas en un mismo sitio, al considerar una evolución temporal, los lugares cambian de posición. (Buzai, 2010).

### **Distribución Espacial**

Se considera Distribución Espacial a un conjunto de entidades que se reparten de una determinada manera sobre el espacio geográfico. Estas pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados en un sistema vectorial o localizaciones dispersas que representan puntos y zonas, con clases similares contiguas en sistema ráster (Buzai, 2010).

## **Asociación Espacial**

Este concepto considera el estudio de las semejanzas encontradas al comparar distintas distribuciones espaciales. La forma de comparación más clara y directa es el análisis visual que se puede realizar con posterioridad a la superposición cartográfica de ambas distribuciones. A través de este procedimiento, una distribución espacial A se puede superponer a una distribución espacial B y de esa manera verificar su grado de asociación con base a una proporción de correspondencia. Cuanto más grande sea la superficie de superposición mayor será la asociación existente entre ellas (Buzai, 2010).

## **Interacción Espacial**

La interacción espacial corresponde básicamente a las conexiones entre sitios desde una perspectiva estrictamente geométrica. Se realizan cálculos que por un lado permiten describir la conexión global de la red y por otro su accesibilidad topológica.

Los cálculos sobre la red permiten definir la conexión entre espacios. Si consideramos la distancia entre dos localizaciones A y B, la división entre el valor de distancia real (calculada sobre los caminos necesarios para llegar de un punto a otro) y el valor de distancia ideal (considerando la línea recta) brinda el resultado del índice de trayectoria (IT), el cual indicaría el porcentaje extra que se debe recorrer en el espacio geográfico real, como apartamiento a la situación ideal producida por el camino en línea recta o vínculo de menor costo.

Los conceptos de conexión y accesibilidad adquieren gran relevancia al intentar realizar varias mediciones que lleven a la descripción más completa de la estructura espacial, que corresponde a la posición y conexión física por flujos de diferente contenido entre las entidades distribuidas en el espacio geográfico (Buzai, 2010).

## **Evolución Espacial**

El concepto de Evolución Espacial considera la incorporación de la dimensión temporal a través de la permanente transición de un estado a otro. Los estudios geográficos son básicamente abordajes del presente, sin embargo es importante reconocer que el pasado nos muestra el origen de las manifestaciones empíricas del presente. Centrarse donde corresponde

a una visión basada en la localización y en el cuándo, en una visión basada en el tiempo (Buzai, 2010).

El cómo, desde un punto de vista espacial, presentaría el camino evolutivo espacio-temporal.

Con la finalidad de abordar las configuraciones espaciales actuales, desde una postura racionalista, se considera que el tiempo en Geografía se presenta principalmente de dos maneras : como el tiempo que se incluye en el presente y el que transcurre en el pasado, que incluye los períodos transcurridos que permiten analizar los procesos que producen la situación actual (Buzai, Moreno, & García, 2015).

Como el análisis del presente estudio se centrará en amenazas geológicas, específicamente en sismos, vemos que es importante tener claro los conceptos relacionados con la *Geología* y la *Gestión de Riesgos*.

### **Riesgo**

Es la probabilidad de que se produzca un evento, en un determinado lugar y durante un espacio de tiempo. Donde sus consecuencias negativas provoquen la pérdida de vidas humanas, pérdidas económicas, ambientales, entre otras, debido a la interacción entre las amenazas y las condiciones de vulnerabilidad (Baas, Ramasamy, Dey de Pryck, & Battista, 2009; EIRD, s.f.; ISDR,2009; Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos - Ecuador, s.f.).

### **Riesgo extensivo**

Se relaciona con la exposición de poblaciones dispersas a condiciones reiteradas o persistentes con una intensidad baja o moderada, a menudo de naturaleza altamente localizada, lo cual puede conducir a un impacto acumulativo muy debilitante de los desastres (ISDR, 2009).

## **Amenaza**

La amenaza se define como un factor externo al riesgo, ya sea de un elemento a grupo de elementos expuestos. Se expresa como la probabilidad de que un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales, con una cierta intensidad, en un tiempo y lugar determinados (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014; Baas, Ramasamy, Dey de Pryck, & Battista, 2009; CEPREDENAC, 2007; EIRD, s.f.; Cardona O. D., 1993; UNISDR, 2005; Estacio, 2002; Cardona O., 2001).

### **Amenaza natural**

La amenaza natural tiene la singularidad de que la probabilidad de daño proviene de un fenómeno natural. Las amenazas naturales se clasifican por su origen en: geológicas, hidrometeorológicas o biológicas.

Los fenómenos amenazantes pueden variar en magnitud o intensidad, frecuencia, duración, área de extensión, velocidad de desarrollo, dispersión espacial y espaciamiento temporal. (UNISDR, 2009; EIRD, s.f.).

De acuerdo al objetivo de esta investigación nos centraremos en la amenaza geológica, la cual incluye procesos terrestres endógenos o de origen tectónico, como terremotos, actividad de fallas geológicas, actividad y emisiones volcánicas, así como procesos exógenos como movimientos en masa. Vale mencionar que las amenazas geológicas pueden ser de naturaleza simple, secuencial o combinada en su origen y efectos (EIRD, s.f.).

¿En dónde y a quienes afectan las amenazas? A la población, a las propiedades, a los sistemas u otros elementos que están expuestos a experimentar pérdidas potenciales. Por tanto el grado de exposición puede variar dependiendo la cantidad de personas o los tipos de bienes existentes en una zona.

## **Vulnerabilidad**

Se entiende como el grado de exposición de un componente de la estructura social o natural a sufrir daño por efecto de una amenaza de origen natural o antrópico, la cual bajo determinados factores físicos, sociales, políticos, económicos y ambientales, hacen que aumente o disminuyan las capacidades de solventar los eventos adversos (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014; EIRD, s.f.; Estacio, 2002; UNISDR, 2009).

## **Desastre**

El desastre es la convergencia del riesgo y la vulnerabilidad, en un entorno sin preparación (Wilches, 1993). Así, el desastre implica niveles de daños y pérdidas críticas, como resultado de una perturbación dentro del sistema territorial, que exceden la capacidad de respuesta y adaptación de una comunidad. En conclusión el desastre, es un problema de desarrollo no resuelto (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014; Baas, Ramasamy, Dey de Pryck, & Battista, 2009; CEPREDENAC, 2007; EIRD, s.f.; Estacio, 2002; Cardona O., 2001).

El ciclo del desastre comprende un antes, un durante y un después. En la etapa previa al desastre surge, la gestión del riesgo. Dividida en tres directrices que permitirán reducir los efectos de un desastre: la prevención, la mitigación y la preparación (Wilches, 1993; UNISDR, 2015).

## **La prevención**

Son acciones y medidas orientadas a evitar o impedir por completo los posibles impactos adversos y que nuevos riesgos se desarrollen y consoliden, empleando medios tecnológicos, jurídicos, métodos de concientización y educación pública relacionados a la reducción del riesgo de desastres. Es decir fomenta una cultura de prevención (CEPREDENAC, 2007; EIRD, s.f.; UNISDR, 2009).

## **La mitigación**

Es la ejecución de medidas de intervención, estructurales<sup>2</sup> y no estructurales<sup>3</sup>, dirigidas a reducir o disminuir el riesgo existente en niveles aceptables, trabajar en la disminución de la

---

<sup>2</sup> Las medidas estructurales, comprenden medidas de ingeniería civil. Tales como, construcciones sismo – resistentes

<sup>3</sup> Las medidas no estructurales, son normas reguladoras. Tales como códigos de construcción, planes de uso de suelo, desarrollo del conocimiento, compromiso público, etc.

vulnerabilidad. Los procesos de mitigación no controlan totalmente el riesgo existente, es decir, existen circunstancias donde no es imposible evitar o impedir totalmente el daño y sus consecuencias (CEPREDENAC, 2007; Wilches, 1993; EIRD, s.f.; UNISDR, 2009).

### **La preparación**

Son actividades y medidas tomadas anticipadamente con el objetivo de organizar y facilitar los operativos para una respuesta eficaz de salvamento, rehabilitación de la población y la economía, en caso de desastre. La Preparación se lleva a cabo mediante la organización y planificación de acciones de alerta, evacuación, búsqueda, rescate y asistencia, que se realiza en caso de emergencia. En conclusión la preparación busca reducir al máximo la duración del periodo de emergencia post – desastre, con el fin de iniciar los procesos de rehabilitación y reconstrucción (CEPREDENAC, 2007; EIRD, s.f.; Wilches, 1993).

### **La emergencia**

Durante un evento sísmico o cualquier otro tipo de evento que se presente en el territorio, la gestión del riesgo contempla programas de recuperación frente a una emergencia. La emergencia es el momento en que el fenómeno del desastre se manifiesta, es decir, la etapa en la que una sociedad histórica y espacialmente establecida, vive un evento que rompe las condiciones normales dentro de su sistema territorial; en cuyo caso se requiere de la toma de acciones urgentes para evitar que el evento ascienda hasta el punto de convertirse en un desastre.

Por tanto, para responder de manera eficaz durante una emergencia se elaboran planes y disposiciones institucionales que comprometen y organizan los esfuerzos del gobierno, de las organizaciones no gubernamentales, de entidades voluntarias y de las agencias privadas de forma coordinada e integral para responder a todas las necesidades inherentes a una emergencia (Macías, 1993; UNISDR, 2009).

Los sismos son eventos no predecibles en los cuales un sistema de alerta temprana no es aplicable (Secretaría de Gestión de Riesgo, 2014).

Durante un evento sísmico es importante:

- El traslado<sup>4</sup> masivo temporal de personas desde los lugares amenazados, evacuación.
- La protección de personas y medios de vida durante la emergencia.
- Socorro inmediato, provisión de ayuda durante o inmediatamente después del desastre.
- Información sobre el impacto en los bienes y pérdida de la producción.

(Baas, Ramasamy, Dey de Pryck, & Battista, 2009)

### **La respuesta**

Ante la la ocurrencia del evento, es esencial para reducir la pérdida de vidas. La respuesta son acciones dirigidas al suministro de servicios de emergencia y de asistencia pública durante o inmediatamente después de la ocurrencia de un desastre, con el objetivo de salvar vidas, reducir los impactos a la salud, velar por la seguridad pública y satisfacer las necesidades básicas de subsistencia de la población afectada. Además contempla la eficiencia la cual permite absorber todo el impacto generado por el evento adverso; es decir corresponde a la capacidad de respuesta (UNISDR, 2009; Cardona O. , 2001).

### **La recuperación**

A la fase de emergencia le sigue el proceso de recuperación. En él se realizan tareas de rehabilitación y reconstrucción, restauración y mejoramiento de instalaciones, medios de sustento y condiciones de vida de las comunidades afectadas por el evento adverso. Los programas de recuperación aumentan el grado de concientización y de participación de la población, después de un desastre. Adicionalmente se elabora un diagnóstico que permite identificar nuevos riesgos que puedan afectar a las comunidades. En conclusión la capacidad de aprendizaje post – desastre representa una valiosa oportunidad para diseñar y ejecutar medidas para reducir el riesgo de desastres. (Baas, Ramasamy, Dey de Pryck, & Battista, 2009; UNISDR, 2009).

### **La gestión del riesgo de desastre**

Asociado a la capacidad de aprendizaje, se plantea que los actores involucrados tengan como prioridad corregir las fallas existentes y evitar crear nuevas situaciones de riesgo, sobre la base de que el riesgo de desastre es la probabilidad de que una comunidad experimente

---

<sup>4</sup> Las personas son trasladadas a los albergues previamente establecidos, para brindar refugio o asilo temporal.

daños y pérdidas futuras, asociadas a la ocurrencia de un evento adverso que incide en el desarrollo de una comunidad (Estacio, 2002; Narváez, Lavell, & Pérez , 2009).

A fin de que el nivel de daño y pérdidas no escale a niveles críticos es necesaria la gestión tanto del riesgo, como del desastre. Conceptualmente la gestión de riesgo de desastre es un proceso, donde los actores sociales articulan de manera coherente acciones y políticas, con el objetivo de proteger a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de un desastre; mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación, la recuperación y el mejoramiento de condiciones económicas, sociales y ambientales (Secretaría de Gestión de Riesgo, 2014).

Mientras que la gestión de riesgo es una práctica transversal e integral, compuesta por actividades y enfoques tanto en la prevención, mitigación y transferencia, lo es también en temas específicos relacionados con los preparativos, la respuesta, la rehabilitación y la reconstrucción<sup>5</sup>.

Vale indicar que el riesgo debe ser concebido como un proceso continuo, en evolución y cambio; no así el desastre y las formas de evolución de éste durante condiciones normales de vida, durante y después de la ocurrencia de un desastre. Es decir, la continuidad es una característica definitoria del riesgo, por lo que la gestión del riesgo debe estar en continuo desarrollo para reducirlo o prever el riesgo (Narváez, Lavell, & Pérez , 2009).

### **Sismos**

Se denominan sismos, seísmo o terremoto a la vibración de la Tierra producida por una rápida liberación de energía, debido a la interacción entre los diferentes movimientos de la corteza terrestre, ya que través de las placas tectónicas, se acumula energía. La propagación de la energía, tanto en el interior como en la superficie de la tierra, se produce en forma de ondas sísmicas. (CEPRENAC, 2007; Giner & Molina, 2001; Rubiano & Ramírez, 2009).

---

<sup>5</sup> COOTAD, Art.140.- 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 cantón se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

Los GAD municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos sísmicos con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza.

### **Intensidad de un sismo**

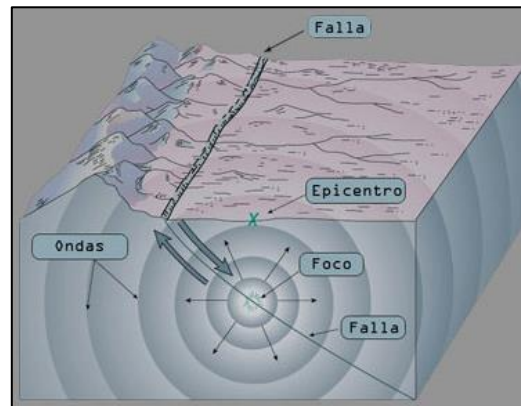
La intensidad de un sismo, es un parámetro cualitativo, definido este como los daños que se producen en estructuras, medios de vida y pérdidas de vida humana (Giner & Molina, 2001).

### **Magnitud de un sismo**

La magnitud del sismo nos indica la energía que se ha liberado en el foco (Giner & Molina, 2001).

### **Foco y epicentro**

Foco es el punto donde se producen los sismos, mientras que su proyección sobre la superficie terrestre se denomina epicentro (Rubiano & Ramírez, 2009).



**Fuente:** Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica

### **Tipos de ondas sísmicas**

Existen dos tipos de ondas sísmicas, las internas y las superficiales. Las ondas sísmicas internas, a su vez presentan dos tipos de ondas: las primarias “P” y las secundarias “S”; mientras que las ondas superficiales se dividen en ondas de tipo Love o de Rayleigh (Giner & Molina, 2001).

**La ondas “P” o primarias**, son ondas longitudinales en las que por lo general el movimiento de vibración de las partículas van en dirección de propagación de la onda, semejante a las ondas sonoras, de forma que la roca se comprime y dilata con el paso de la onda. En consecuencia, las ondas “P” producen vibraciones en dirección vertical sobre las estructuras, por lo tanto los daños son mínimos (Giner & Molina, 2001).



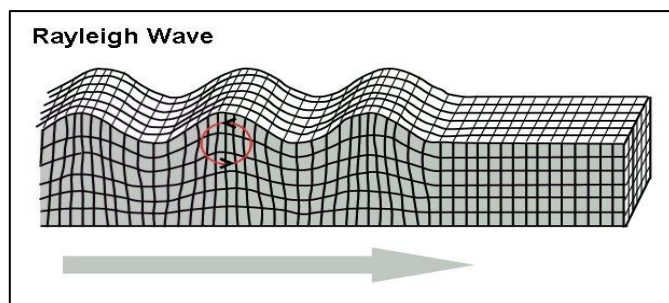
Fuente: Giner & Molina, 2001

Las ondas “S” o secundarias, son ondas transversales, es decir, el movimiento de vibración de la partícula es perpendicular a la dirección de propagación de las ondas. Su velocidad es menor que la de las ondas primarias, por lo que siempre llegan tras ellas. Este tipo de ondas genera una vibración en dirección horizontal sobre las estructuras, causando un daño considerable (Giner & Molina, 2001).



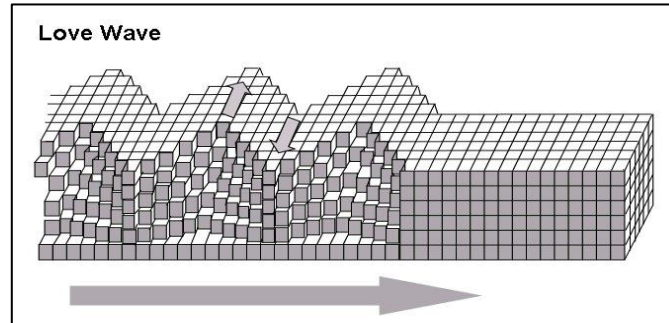
Fuente: Giner & Molina, 2001

Las ondas Rayleigh, son consecuencia de la propagación de las ondas en un medio homogéneo semi – infinito y limitado por una superficie plana libre de esfuerzos, como la superficie de la tierra. El movimiento de las partículas es elíptico, contenido en un plano vertical a la dirección de propagación de la onda. El movimiento genera un severo daño en las estructuras (Giner & Molina, 2001).



Fuente: Giner & Molina, 2001

**Las ondas Love**, tienen un movimiento semejante al de las ondas “S” y no se desplazan de forma vertical. Por lo tanto, su detección únicamente es posible usando sensores de movimiento horizontal. Las ondas Love afectan a la superficie del agua, con movimientos horizontales únicamente. Por lo tanto, los cuerpos de agua pueden moverse de un lado a otro (Giner & Molina, 2001)



Fuente: Giner & Molina, 2001

### **Cómo se miden los sismos**

Existen distintas maneras de medir los sismos: la magnitud y la intensidad. Primero se mide la cantidad de energía liberada de manera instrumental, es decir se mide la magnitud. Los efectos causados por la onda sísmica a medida que avanza, se mide a través de la observación o percepción de los daños, ella corresponde a la intensidad (Rubiano & Ramírez, 2009; Cardona O. , 2001).

Ciertamente los sismos son un ejemplo de fenómeno natural, que puede ocasionar daños severos. Dependiendo de la magnitud con que se presente un sismo y de las condiciones de vulnerabilidad del elemento expuesto, produce un desastre o no.

El Ecuador, debido a su posición geográfica ha presenciado recurrentemente movimientos sísmicos, ya sea por la convergencia de placas tectónicas o por el movimiento de fallas activas (Estacio, 2002).

## Tipos de fallas

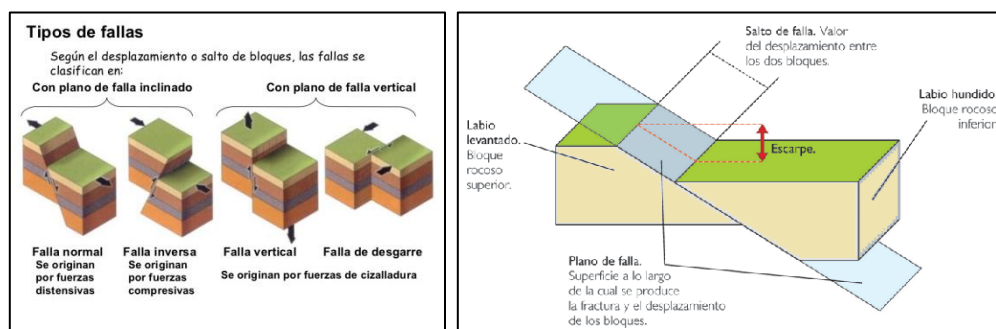
Las fallas son la ruptura de una superficie en dos o más bloques dislocados por movimientos diferenciales de desplazamiento más o menos vertical. Se denomina labio de falla al borde de los terrenos fracturados, distinguiéndose el labio levantado y el hundido.

## Plano de falla y línea de falla

El **plano de falla** es la superficie, aproximadamente plana, a lo largo de la cual han resbalado dos bloques. Este plano ha sufrido a menudo una pulimentación mecánica en las rocas coherentes, y se encuentra estriado según la dirección del movimiento, recibiendo entonces el nombre de espejo de falla.

La **línea de falla** es el trazado del plano de falla sobre la superficie topográfica. La inclinación o buzamiento de una falla es el ángulo que forma el plano de falla con un plano horizontal; una falla puede ser vertical o inclinada. Cuando el plano de falla está inclinado en forma descendente hacia el labio hundido, la falla es normal o directa; y cuando cuelga sobre éste, es inversa.

La **falla es conforme** cuando la inclinación del plano de falla es similar a los estratos, y contraria cuando se inclina en sentido inverso. Si los bloques fallados están dispuestos en forma escalonada, se habla de falla en escalera. Igualmente las fallas pueden dar origen a estructuras de horst o de fosas (Estrucplan, 2006).



Fuente: IES SUEL

De los fenómenos naturales, los sismos son los que más eventos secundarios pueden llegar a producir, como los deslizamientos. Por lo que generalmente el efecto directo del sismo aumenta debido a eventos secundarios.

**Los deslizamientos** son toda clase de movimientos a lo largo de una pendiente bajo la influencia gravitacional. Es decir, se refiere al desplazamiento pendiente abajo de una masa de roca y/o tierra (CEPREDENAC, 2007).

### **1.3. Definición del Área de Estudio**

La ciudad del conocimiento “Yachay” está ubicada en el cantón San Miguel de Urququi (Mapa No.1). Comprende una superficie de 666,81 hectáreas (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

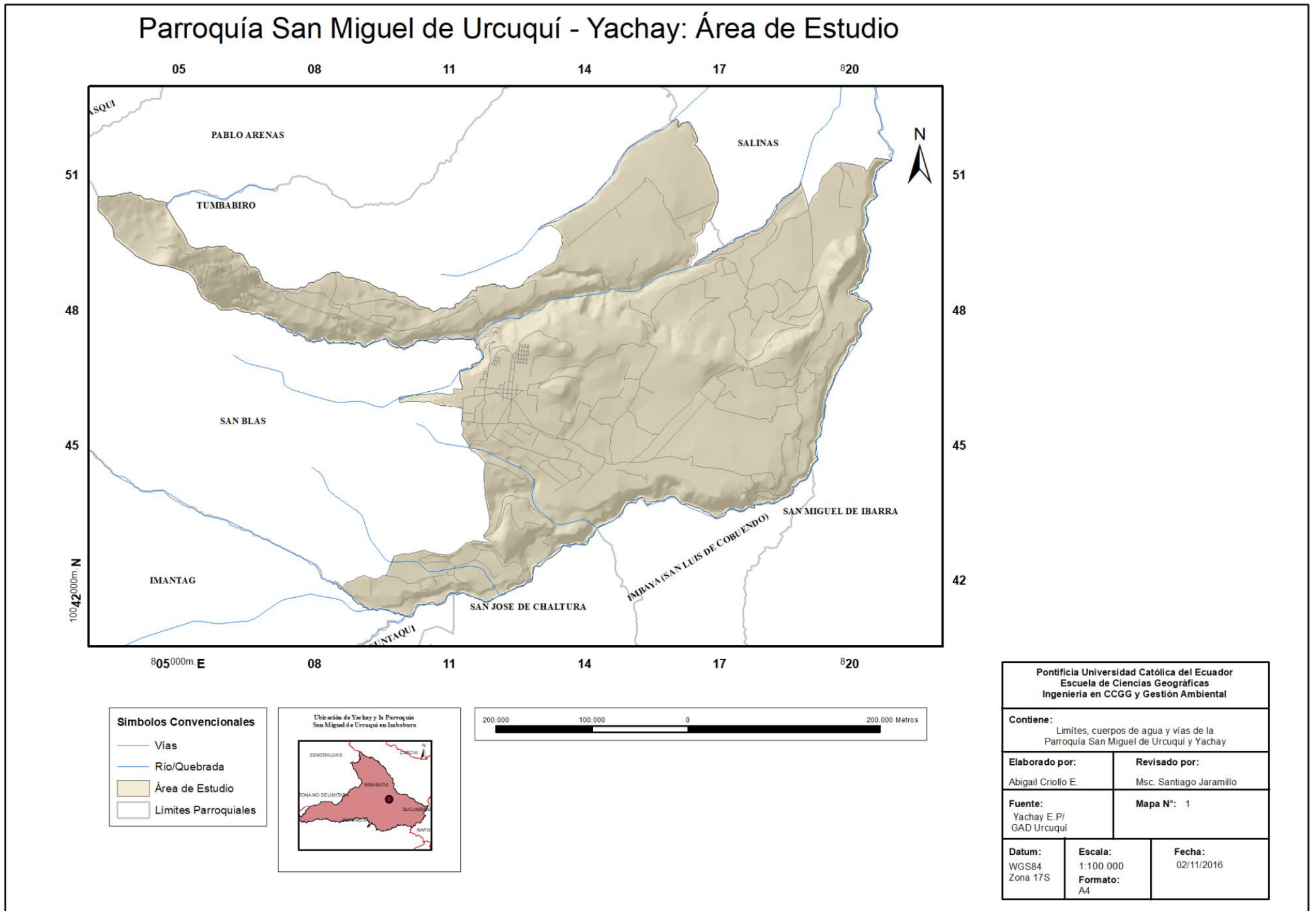
Yachay es la primera ciudad planificada del país, cuenta con un plan maestro dividido en cuatro etapas. La primera etapa y con la cual inician las obras de construcción, es el sector del conocimiento, que constituye la zona urbana principal cuyo centro es la Universidad. El sector de tecnología industrial, comprende la segunda etapa. Es la zona productiva relacionada con el sistema de innovación y las nuevas demandas de la economía, ayudando al cambio de la matriz productiva.

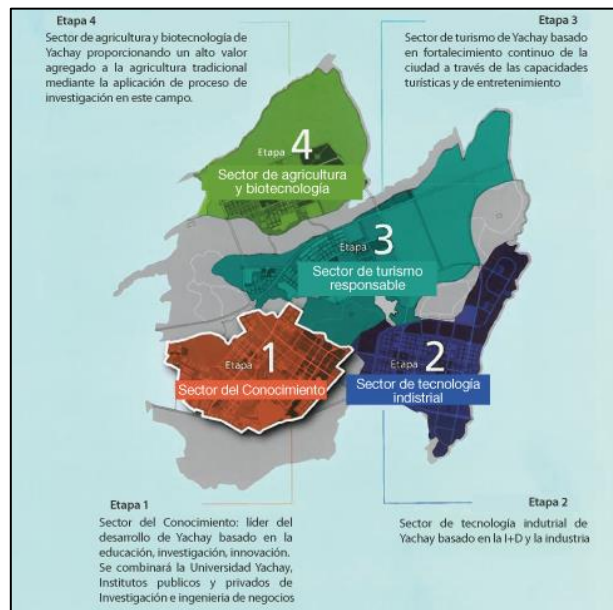
Las instalaciones para la industria contarán con conexiones a carreteras principales y con una completa plataforma logística. Posteriormente se desarrollara la tercera etapa para el desarrollo de la agricultura experimental y para emprendimientos relacionados con la biotecnología: en este sector agropecuario se potenciarán las aptitudes de la zona dentro del sector de agricultura y biotecnología.

Finalmente la cuarta etapa, está asociada al turismo y la cultura. En ella se busca potenciar las actividades turísticas y las actividades de entretenimiento en toda la ciudad del conocimiento, para una vida sustentable, integrando los núcleos de turismo con el paisaje natural.

Al culminar la ejecución de las etapas, se ha proyectado que la población llegue a 170 000 habitantes (Yachay EP, 2014).

Mapa No. 1 Área de Estudio





**Fuente:** Yachay, Ciudad del Conocimiento

Actualmente en la Ciudad del Conocimiento “Yachay”, viven 1.500 habitantes y tiene una población flotante de 3.800 personas (Yachay EP., s.f).

La Ciudad del Conocimiento “Yachay”, permitirá fortalecer el desarrollo y la innovación científica y tecnológica con el fin de reforzar y desarrollar el aparato productivo nacional.

La Universidad de Investigación Científico Experimental será el centro de un nuevo y planificado núcleo urbano ubicado al oriente de San Miguel de Urucuquí (GAD Municipal Urucuquí, s.f.).

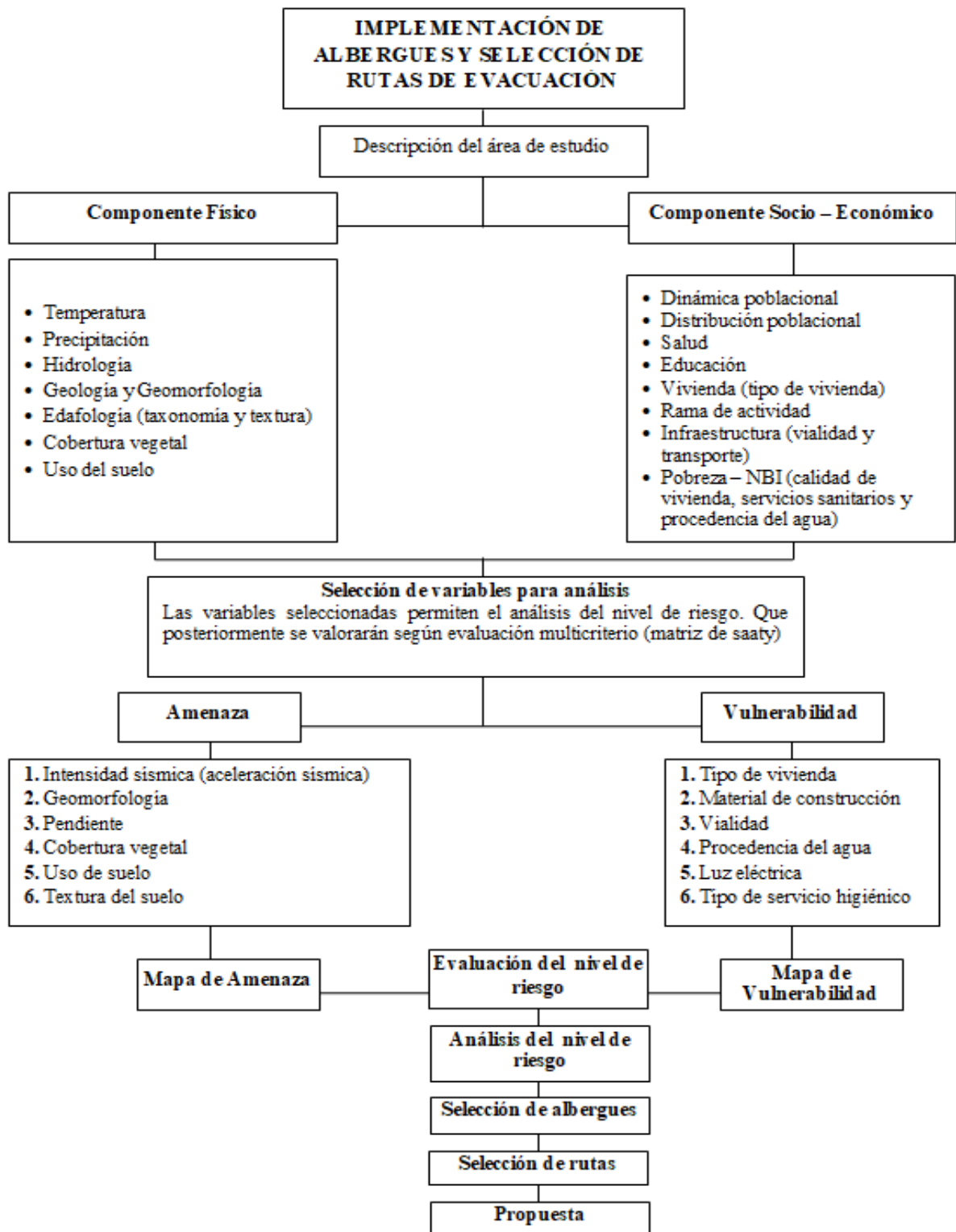
El proyecto ha incluido a las comunidades de Las Mercedes, San Vicente, El Puente, Tapiapamba, San Antonio y Armas Tola (Yachay EP, 2014).

San Miguel de Urucuquí está dividido en 6 parroquias, Urucuquí, San Blas, Tumbabiro, Pablo Arenas, Cahuashi y Buenos Aires. Sin embargo, la mayor concentración de población se encuentra en Urucuquí con 5.205 habitantes (INEC, 2010). Se encuentra a una altura de 2,307 msnm, tiene una temperatura promedio que oscila entre los 14°C y 19°C. Limita al norte con la parroquia de Salinas del cantón Ibarra, al Sur con las parroquias de Imbaya, Chaltura y Atuntaqui del cantón Antonio Ante, y la parroquia de Imantag del cantón Cotacachi . Al

Oriente limita con la parroquia rural de San Blas del cantón Urcuquí; y al Occidente con el cantón Ibarra (GAD San Miguel de Urcuquí, 2015).

Urcuquí al tener la mayor concentración poblacional, se ha consolidado como una parroquia urbana. Tiene una extensión de 5.662 hectáreas, su topografía se encuentra entre 1.600 msnm y 3.180 msnm. La mayor parte del territorio ha sido intervenido tanto por áreas urbanizadas, avenidas, cultivos de ciclo corto, etc. (GAD San Miguel de Urcuquí, 2015).

## 2. Proceso metodológico



## CAPÍTULO 2

### 3. Caracterización del territorio

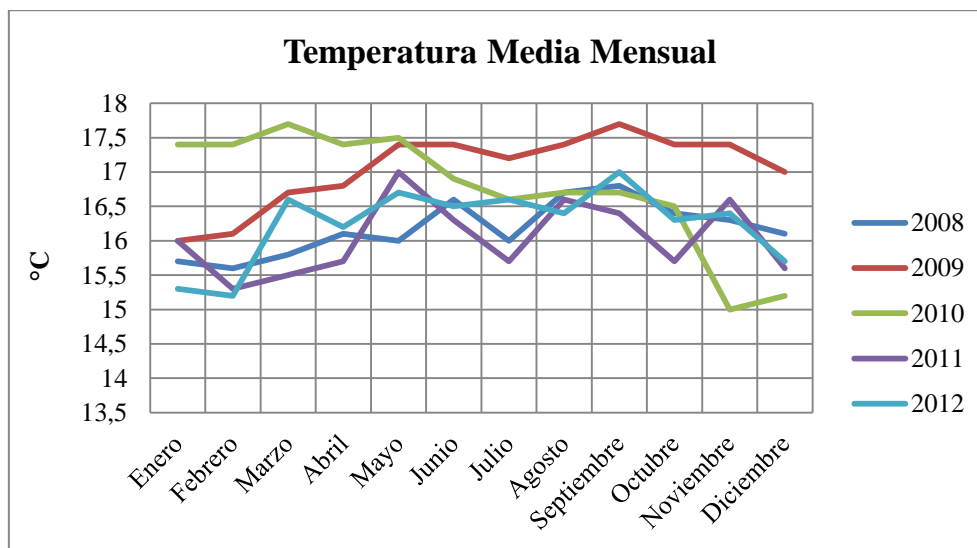
Dentro del siguiente capítulo se describirán las características territoriales del área de estudio. Varios de los componentes descritos corresponden a los factores que permiten la evaluación del nivel de riesgo frente a eventos sísmicos.

#### 3.1. Componente Biofísico

##### 3.1.1. Clima

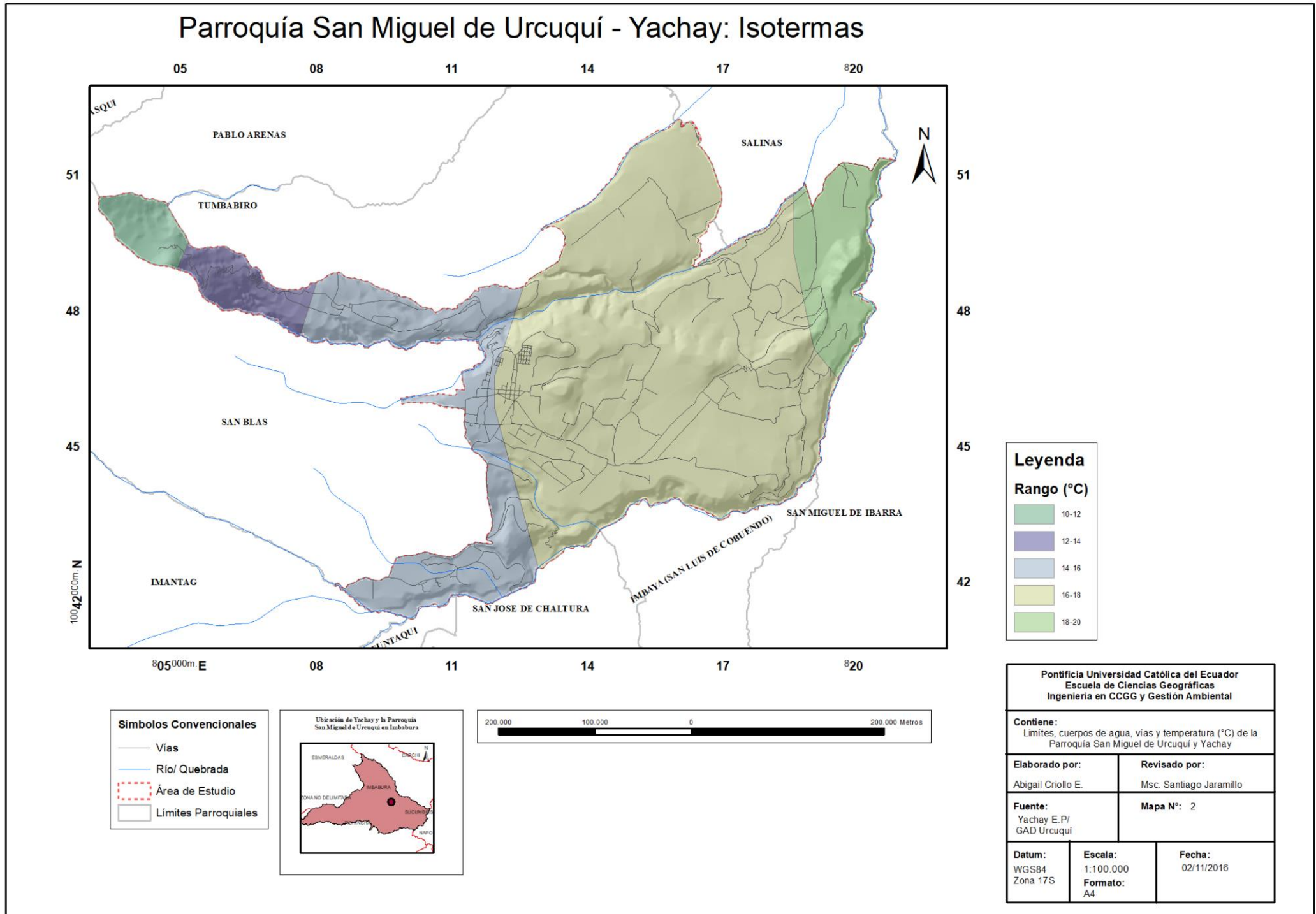
##### Temperatura

La temperatura media anual es ligeramente más alta en el mes de septiembre. En general las temperaturas medias mensuales fluctúan entre los 15°C y 17°C (INAMHI, 2008 - 2012). Sin embargo también presenta variaciones en todo el territorio, como lo muestra el mapa N° 2.



Fuente: INAMHI – Anuario Meteorológico 2008 - 2009

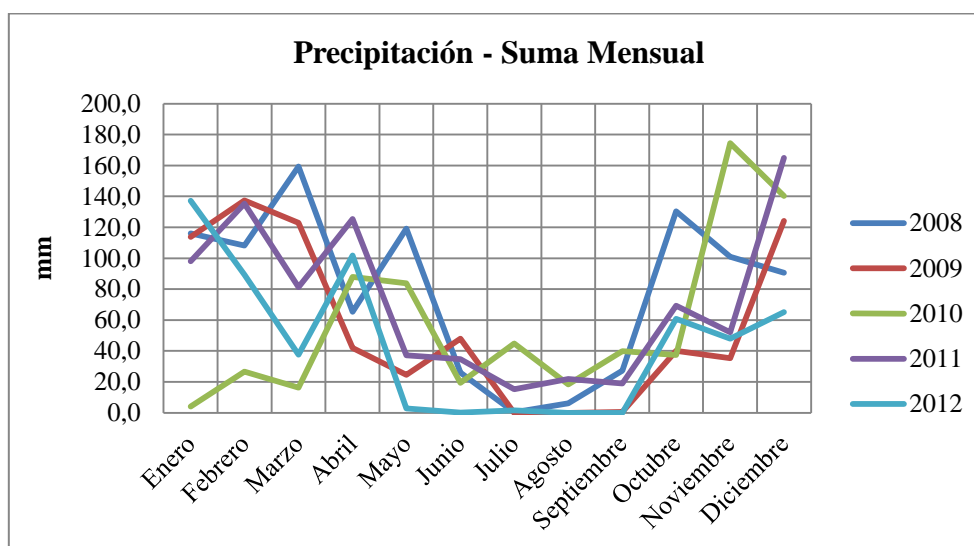
Mapa No. 2 Temperatura



## Precipitación

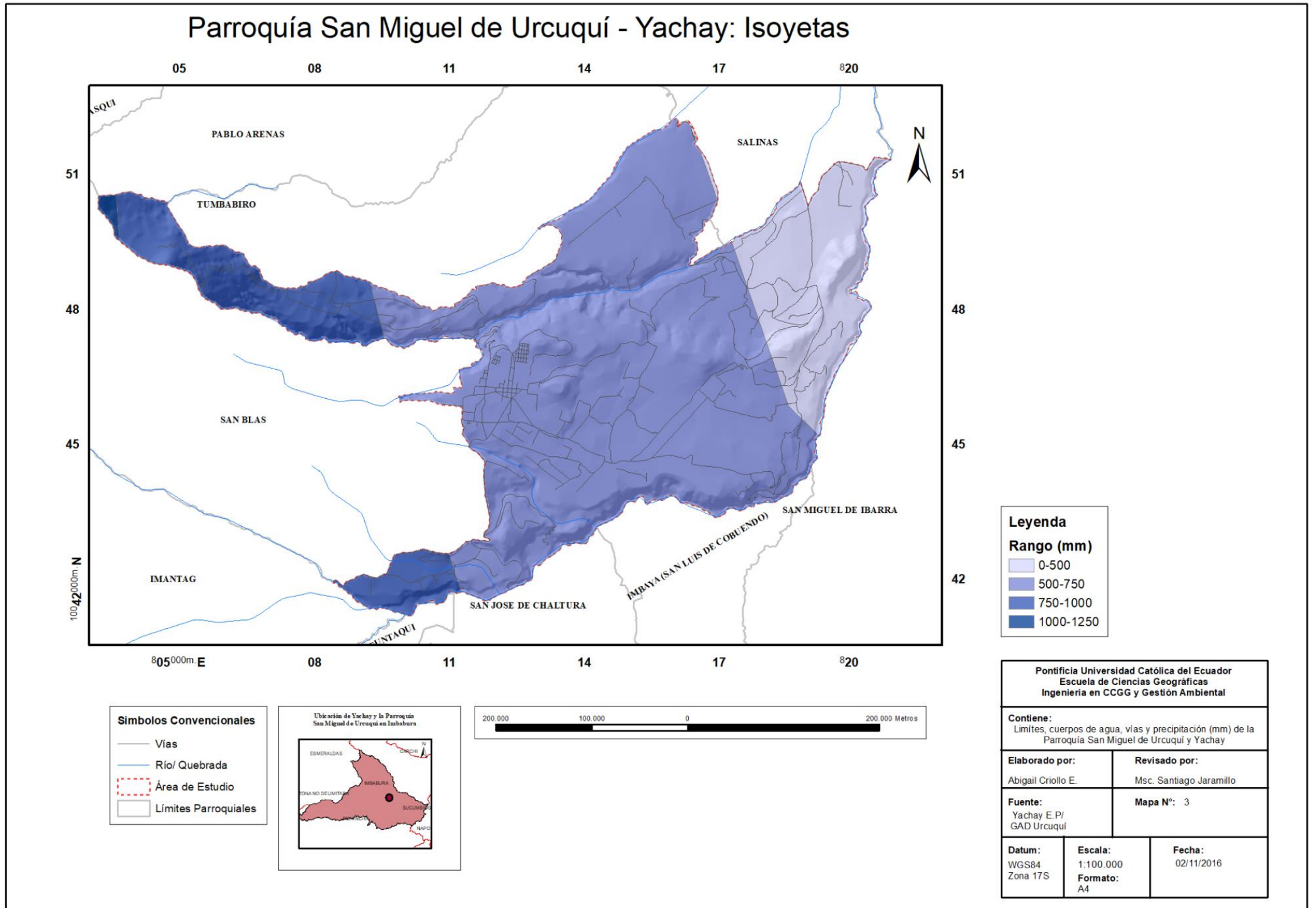
La distribución de la precipitación a lo largo del año es bimodal, con dos máximos que se producen de marzo – abril y en octubre; y los de menor cantidad son los meses julio y agosto. Es decir, el clima se caracteriza por dos épocas, la seca y la lluviosa. La seca se presenta de junio a septiembre y los meses de febrero y enero. Mientras que la época lluviosa se extiende de octubre a diciembre y los meses de marzo y abril.

Como se observa en el gráfico, en mayo presenta variaciones, debido a que es un mes de transición entre la época seca y lluviosa (GAD Municipal San Miguel de Urququí, 2011; INAMHI, 2008 - 2012). En el territorio existe un amplio rango de valores de precipitación, cuya distribución espacial se muestra en el mapa N° 3.



Fuente: INAMHI – Anuario Meteorológico 2008 - 2009

Mapa No. 3 Precipitación



Ambas características nos permiten identificar el tipo de clima existente en Urcuquí. Debido a la vegetación y las características del territorio. En Yachay se identifica un clima ecuatorial mesotérmico seco, mientras que el polígono urbano se observa un clima mesotérmico semi – húmedo (Mapa No.4).

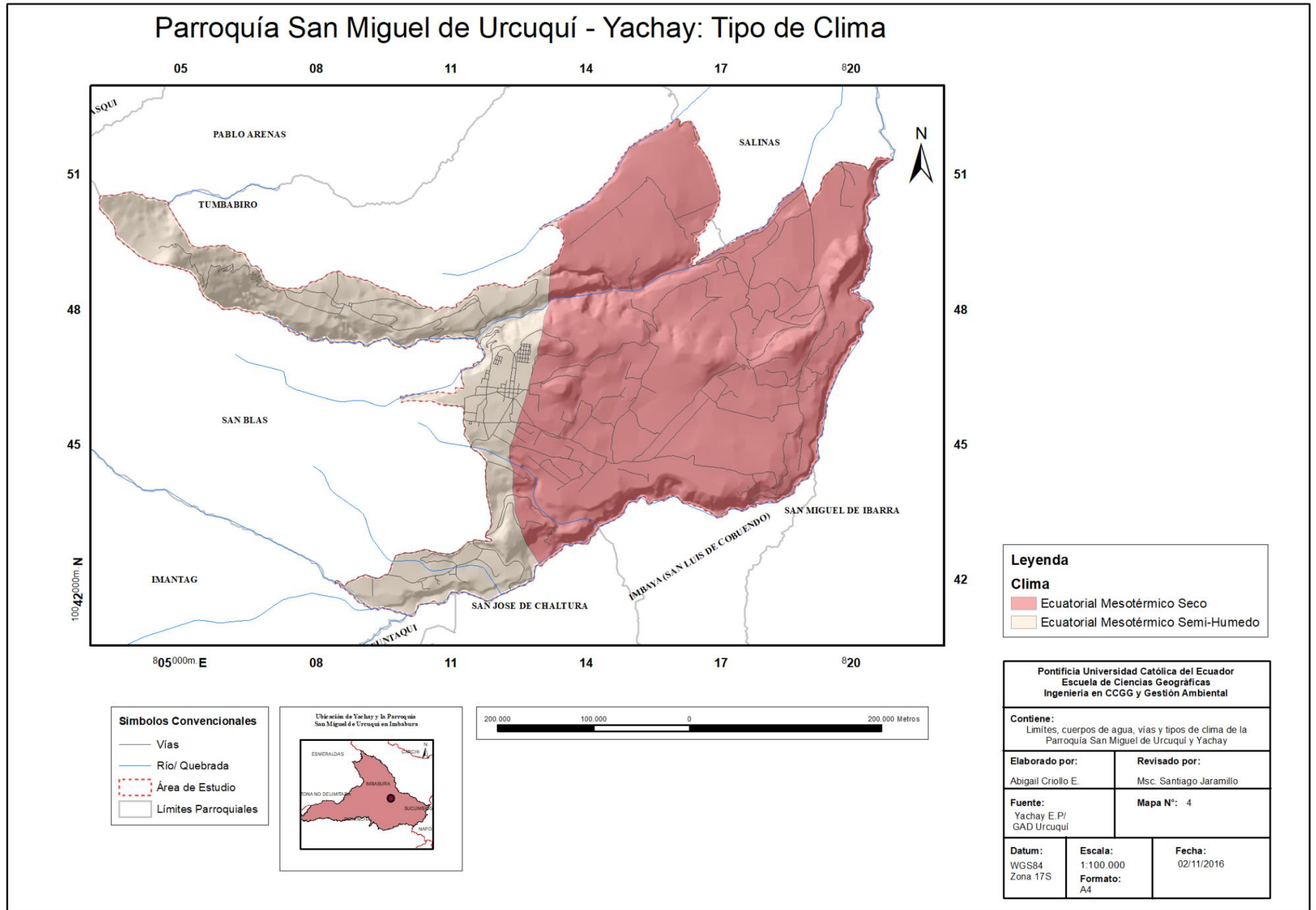
El clima ecuatorial mesotérmico semi – húmedo, es característico de la zona interandina. Las temperaturas medias anuales están comprendidas generalmente entre 12°C a 20°C, no se registra temperaturas superiores a 30°C. Las mínimas rara vez descienden a los 5°C. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 500 y 2000 mm, repartidas en dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y de octubre a noviembre. La estación seca, se presenta en los meses de febrero a mayo y de octubre a noviembre. Mientras que la época seca se extiende en los meses de junio a septiembre. La vegetación en esta zona ha sido reemplazada por pastizales y cultivos<sup>6</sup> (Pourrut, Róvere, Romo, & Villacrés).

Por otro lado, el clima ecuatorial mesotérmico seco, está asociado a los valles interandinos abrigados y de menor altura. La temperatura media anual oscila entre 12°C y 20°C. Las precipitaciones anuales son inferiores a los 500 mm. Tanto la época seca como la lluviosa, se presentan en los mismos meses que el clima ecuatorial mesotérmico semi – húmedo (Pourrut, Róvere, Romo, & Villacrés).

---

<sup>6</sup> Cereales, maíz y papa

Mapa No. 4 Tipos de Clima



### **3.1.2. Hidrología**

El área de estudio está formada por una red hidrográfica, principalmente de quebradas. Sin embargo su principal cuerpo de agua es el Río Ambi (Mapa No.5).

#### **Río Ambi**

La sub cuenca del río Ambi está ubicada en la provincia de Imbabura, forma parte del sistema hidrográfico del río Mira, correspondiente a la vertiente del Pacífico. Cubre una superficie del 1.111,91 Km<sup>2</sup>. Se caracteriza por tener un drenaje de carácter regular. Limita al norte por el río Chota – Mira, al sur por el Nudo de Mojanda y al oeste por las estribaciones internas de la Cordillera Oriental de los Andes. El nacimiento del río Ambi se considera que ocurre en los 4.000 msnm, en el Cerro Imbabura.

En cuanto a la calidad del recurso hídrico, éste se encuentra altamente contaminado, principalmente de materia orgánica y bacterias. El agua es deficitaria, especialmente en la parte baja de la sub cuenca. La distribución del agua para consumo, se reparte en un 59% para el riego, uso industrial 35% y el 6% para uso doméstico (Almeida, 2014).

#### **Quebrada La Banda**

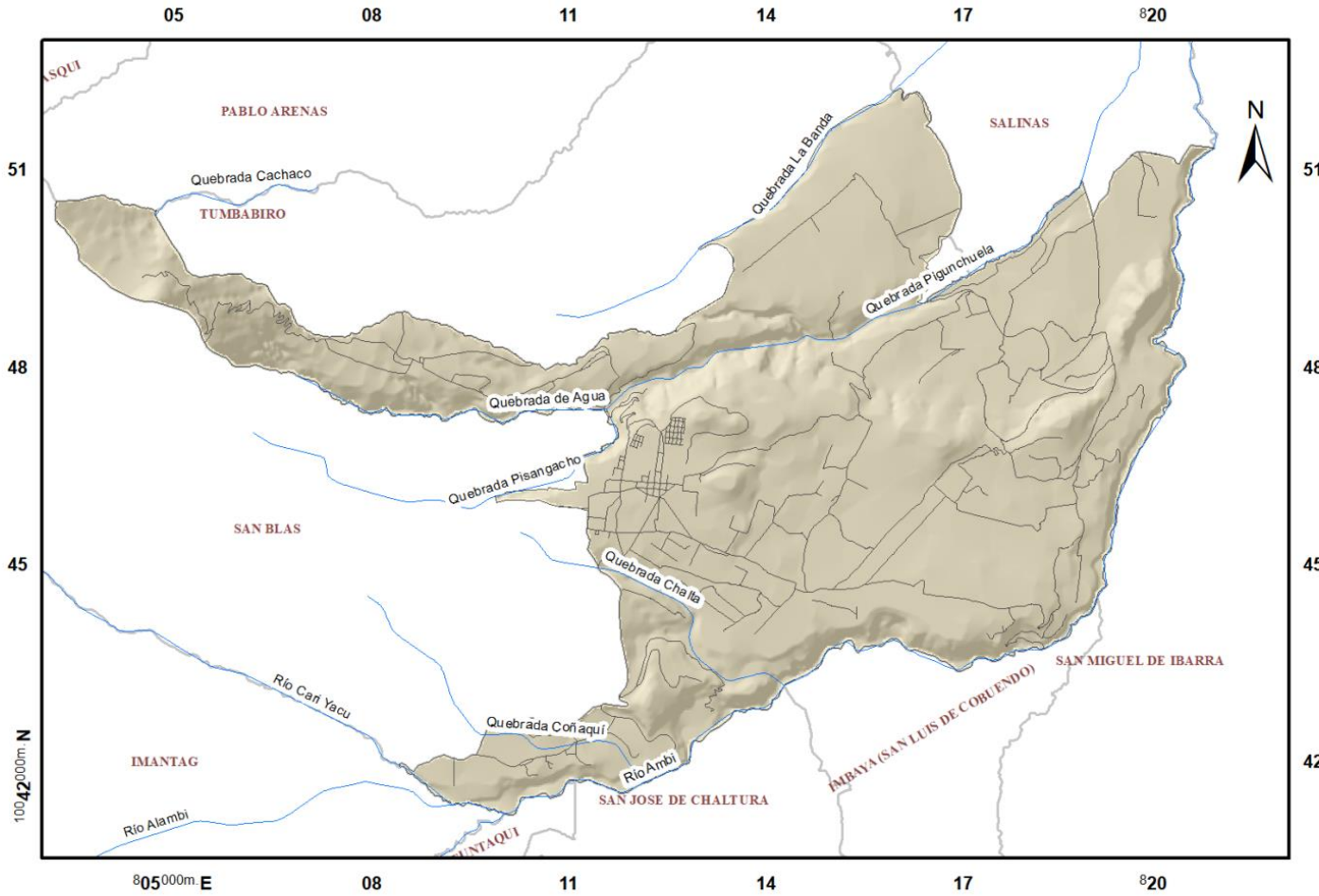
La Microcuenca de la Quebrada La Banda, es un drenaje natural que, en su curso tanto medio como superior puede considerarse intermitente. Su cauce aparece solamente en época de lluvia, y posiblemente su curso inferior tiene un caudal permanente. Se caracteriza porque sus vertientes tienen fuertes pendientes y se encuentra bordeada por una densa vegetación. Sin embargo, la degradación de la microcuenca es notable, debido a la calidad del agua (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

#### **Quebrada Pingunchuela**

La Micro cuenca de la Quebrada Pingunchuela se caracteriza porque sus vertientes de fuertes pendientes, está protegida con vegetación natural, lo que impide el desarrollo de procesos erosivos acelerados, razón por la cual tiene bajas cantidades de sedimentos. No obstante, los cambios en su cobertura vegetal pueden ocasionar un acelerado cambio en la calidad del agua (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

Mapa No. 5 Hidrología

Parroquia San Miguel de Urcuquí - Yachay: Hidrología



**Leyenda**  
 — Río/ Quebrada

**Simbolos Convencionales**  
 — Vías  
 ■ Área de Estudio  
 □ Límites Parroquiales



Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas Ingeniería en CCGG y Gestión Ambiental		
<b>Contiene:</b> Límites, cuerpos de agua y vías de la Parroquia San Miguel de Urcuquí y Yachay		
<b>Elaborado por:</b> Abigail Criollo E.	<b>Revisado por:</b> Msc. Santiago Jaramillo	
<b>Fuente:</b> Yachay E.P/ GAD Urcuquí	<b>Mapa N°:</b> 5	
<b>Datum:</b> WGS84 Zona 17S	<b>Escala:</b> 1:100.000 <b>Formato:</b> A4	<b>Fecha:</b> 02/11/2016

## **3.2. Geología y Geomorfología**

### **3.2.1. Hidrogeología**

En cuanto al aspecto hidrológico, el área de estudio se caracteriza por la presencia de afloramientos de agua en los lechos de la quebrada Pigunchela y el río Ambi, permitiendo la existencia de un paquete permeable de los depósitos volcánicos del Yanahurco, de grano grueso infrayacentes a los depósitos piroclásticos finos, facilitando el desplazamiento del agua subterránea. Las terrazas aluviales potencialmente pueden albergar acuíferos locales, por lo que presentan interés hidrogeológico moderado (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

### **3.2.2. Geología**

El área de estudio está ubicada en el Valle Interandino, en la sub cuenca del Chota, la cual se formó aproximadamente hace 6 millones de años y está cubierta por productos volcánicos del Yanahurco<sup>7</sup> (Mapa No.6); además contiene flujos de avalancha de gran energía y depósitos de material pétreo; depósitos aluviales<sup>8</sup> asociados a los valles del río Ambí y quebrada Pigunchuela. También se encuentran depósitos coluviales como clastos de roca en matriz media, localizados en los bordes descomprimidos de los valles.

En las colinas se observa la presencia de surcos y cárcavas regresivos, producto de los procesos de erosión eólica e hídrica, lo que puede generar flujos de lodo en épocas de lluvia. En las terrazas aluviales se evidencia erosión lateral de cauce. Los depósitos coluviales están expuestos a procesos de remoción en masa. Además se han identificado dos estructuras, la falla del río Ambi con rumbo preferencial N10°E, con sentido de movimiento reversa/dextral. La edad del último movimiento sísmico es menor a 1.6 millones de años; el lineamiento asociado a los volcánicos colinados tiene con rumbo que varía de N20°E a N30°E. Debido a la presencia de fallas geológicas el terreno presenta una aceleración sísmica entre 0.35g – 0.4g, con una intensidad sísmica que va de moderada a fuerte (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

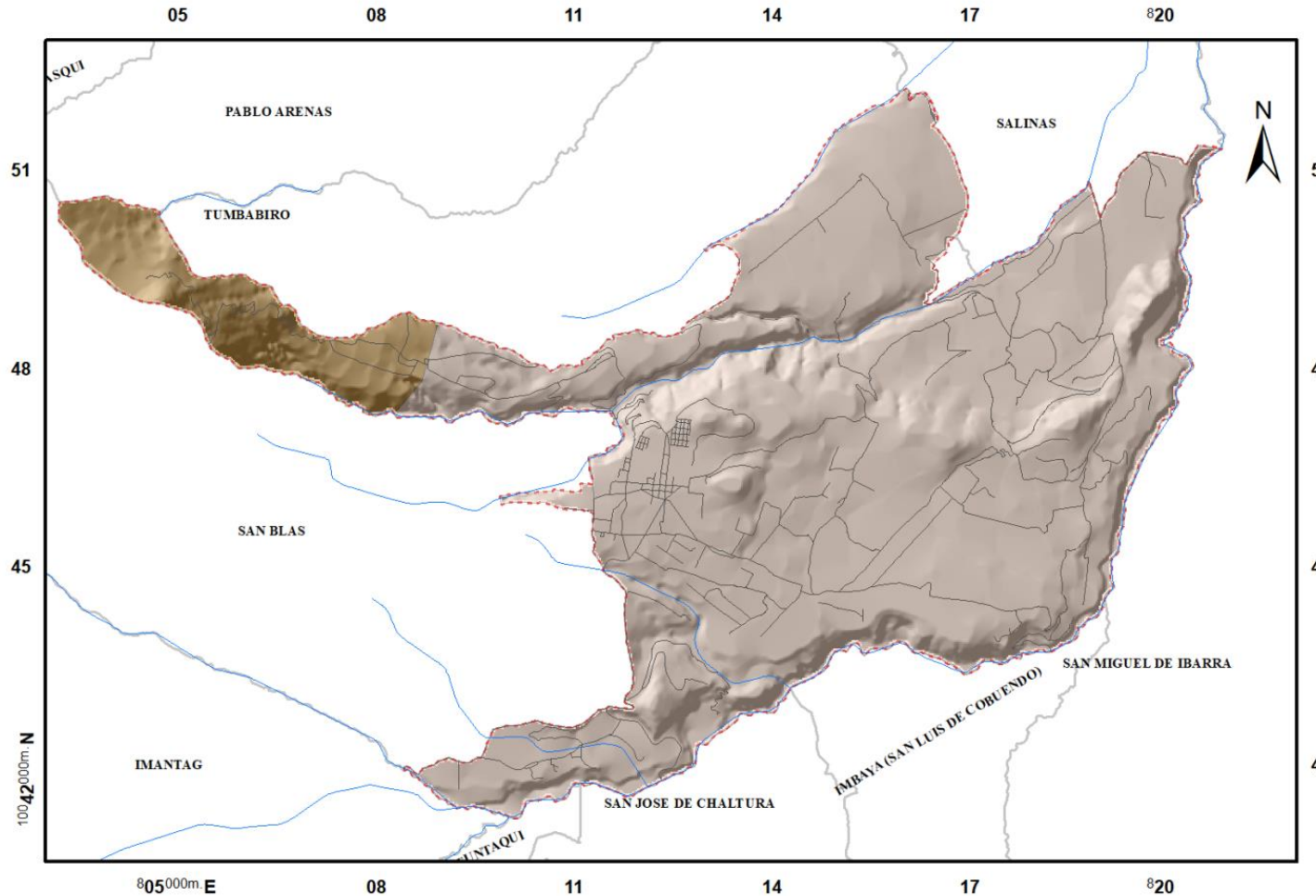
---

<sup>7</sup> Ceniza, lapilli y toba

<sup>8</sup> Arenas y gravas

Mapa No. 6 Geología

Parroquia San Miguel de Urucuquí - Yachay: Geología

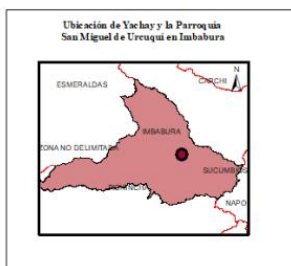


**Leyenda**

	Flujos de lavas dacíticas a andesíticas
	Piroclastos, lahares, flujos de lavas

**Simbolos Convencionales**

	Vías
	Río/ Quebrada
	Área de Estudio
	Límites Parroquiales



Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas Ingeniería en CCGG y Gestión Ambiental		
<b>Contiene:</b> Límites, cuerpos de agua, vías y geología de la Parroquia San Miguel de Urucuquí y Yachay		
<b>Elaborado por:</b> Abigail Criollo E.	<b>Revisado por:</b> Msc. Santiago Jaramillo	
<b>Fuente:</b> Yachay E.P/ GAD Urucuquí	<b>Mapa N°:</b> 6	
<b>Datum:</b> WGS84 Zona 17S	<b>Escala:</b> 1:100.000 <b>Formato:</b> A4	<b>Fecha:</b> 02/11/2016

### 3.2.3. Geomorfología

Urcuquí muestra dos unidades ambientales: Glacis de esparcimiento de volcans sedimentos y Medio aluvial. Glacis de esparcimiento de volcans sedimentos, son zonas topográficamente bajas, con condición climática seca. La formación, Medio aluvial, son depósitos formados por removilización hídrica a partir de los relieves de los bordes (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

Morfológicamente en la zona se diferencian tres unidades genéticas (Mapa No.7): Volcánico, formada por la acumulación de depósitos volcánicos; Forma relieves colinados, ondulados y flujos volcánicos.

Los procesos geodinámicos han dado origen a la formación de materiales volcánicos y volcans-sedimentarios, los cuales han sido sometidos a intensos fenómenos de erosión hídrica y de procesos tectónicos. Además, dependiendo del tipo de material<sup>9</sup>, han dado lugar a la formación de diversos tipos de relieves colinados e incluso montañosos (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014; GAD Municipal San Miguel de Urcuquí, 2011).

Denudativo, relacionado con procesos gravitacionales de productos meteorizados,

En los morfoclimáticos y tectónicos la forma de relieve es discontinua y con cambio de pendiente abrupto. Se han identificado formas de origen denudativo:

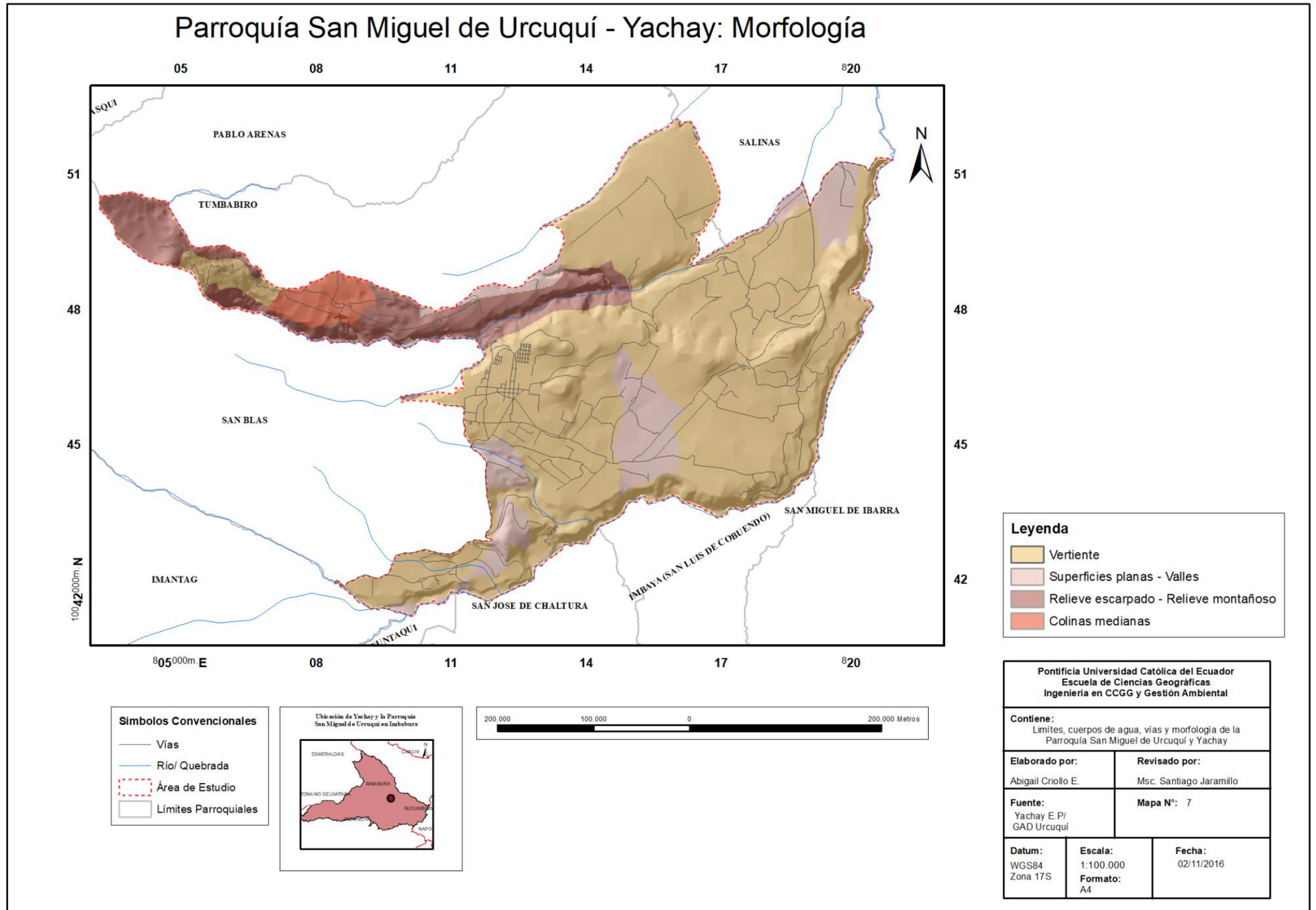
- **Coluviones recientes**, pertenecen a materiales edáficos y regolíticos que se desprendieron de laderas de pendientes abruptas, como resultado de la acción de gravedad y de la precipitación, que constituyen el mecanismo de disparo. Morfológicamente se observan relieves ondulados poco disectados, con cobertura vegetal escasa y, pendientes que varían entre 12 y 70 %. Debido a su reciente formación, existe la posibilidad de que se reactiven; es decir que sus materiales se desprendan y depositen en las partes más bajas nuevamente.

---

<sup>9</sup> Relacionadas con su dureza, fracturamiento y meteorización

- **Coluviones antiguos**, el relieve es moderadamente disectado, sus pendientes tienen valores entre 12 y 100%. Posee vegetación arbustiva y arbórea que indica que se tratan de depósitos antiguos, relativamente estables lo cual disminuye la posibilidad de desestabilización.
- **Coluviones muy antiguos**, a diferencia de los coluviones antiguos, se encuentran más disectados y cubiertos con vegetación arbórea y con una pendiente que se encuentra entre los 12 y 100%. Denota una mayor edad en cuanto a formación. Son depósitos que abarcan grandes extensiones, están directamente relacionados con procesos endógenos, específicamente con movimientos sísmicos, la influencia de precipitaciones y la saturación de materiales en laderas escarpadas.
- **Coluvio – aluviales recientes**, su origen está relacionado con la formación de coluviones y posteriormente el arrastre de materiales por las corrientes fluviales, lo que hace que estas formas denudativas se encajen a lo largo de los ejes fluviales, formando unidades alargadas. Se caracteriza por tener un relieve que oscila entre 5 y 70%.
- **Coluvio – aluviales muy antiguos**, muestran un relieve más disectado con pendientes que varían entre 5 y 7%. Presenta una cobertura vegetal arbustiva y arbórea. (GAD Municipal San Miguel de Urququí).
- **Deposicional**, relieve de perfil cóncavo y características residuales correspondientes a cuerpos de agua anteriores, como lagunas, se caracteriza por el depósito acumulativo relleno en valle aluvial, topográficamente plano a ligeramente inclinado (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

Mapa No. 7 Morfología



## Pendiente

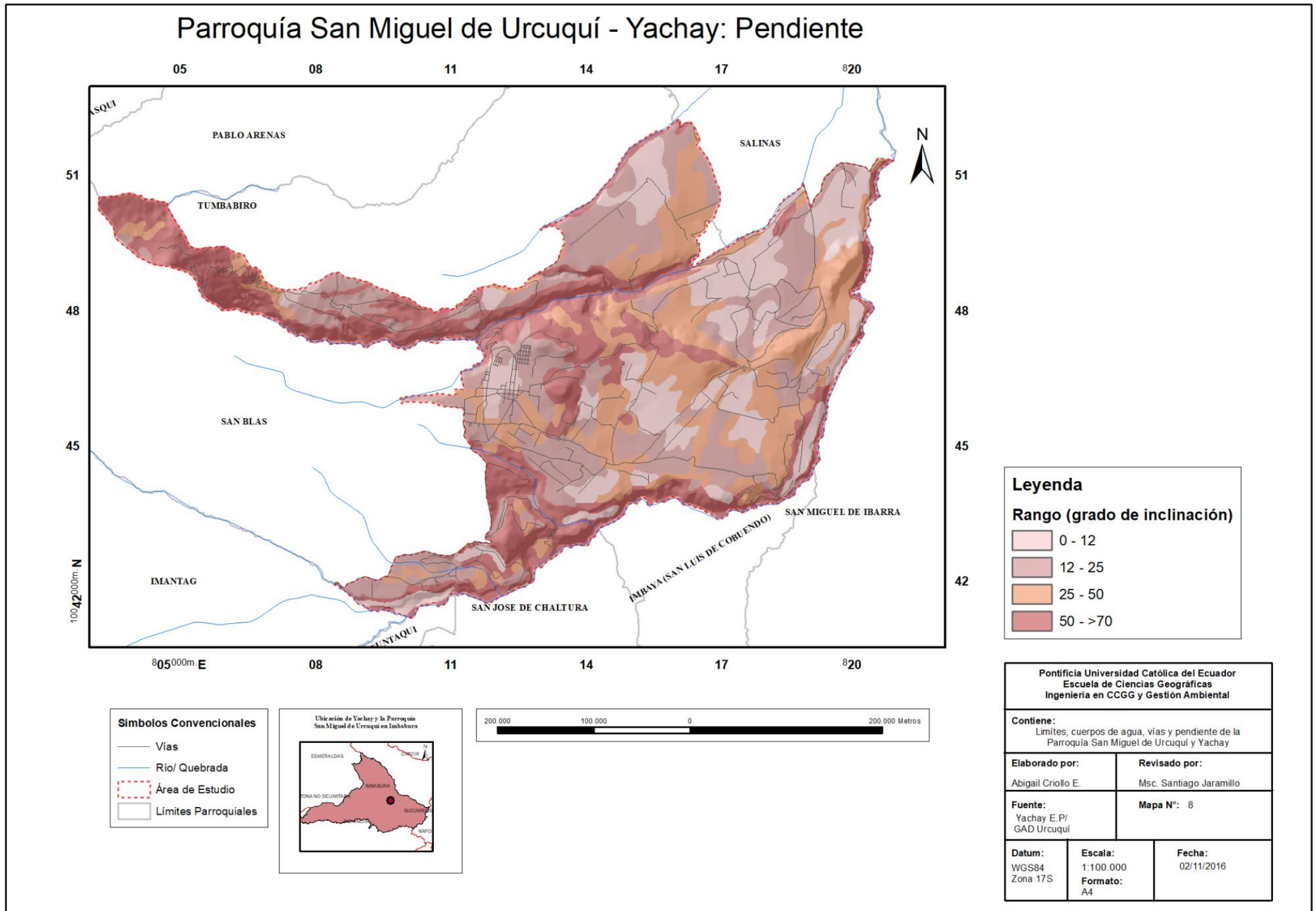
En cuanto a las pendientes, se puede ver en el mapa de pendientes (Mapa No.8) que la mayor parte área de estudio es moderadamente ondulado, ocupando un 26,96%. Las pendientes de 25 – 50 ocupan el segundo lugar, estas zonas son de características colinadas; seguidas por las pendientes de rango >70, que ocupan un 22,77% de la superficie, con características de tipo montañoso. El territorio ligeramente ondulado, con un rango de pendiente entre 5 – 12 ocupa el 15,36% de la superficie. Las pendientes entre 50 – 70, correspondientes a territorio escarpado, ocupan el 6,55%. Finalmente, el territorio de características de planas a casi planas que tienen pendientes entre los 0 – 5, ocupa tan solo el 3,43% de la superficie (MAGAP, 2003).

Tabla No 1. **Rango y descripción de las pendientes**

<b>Descripción</b>	<b>Rango</b>	<b>Área (ha)</b>
Plano - Casi plano	0 - 5	243,55
Suave - Ligeramente ondulado	5 - 12	1.089,26
Moderadamente ondulado	12 - 25	1.912,30
Colinado	25 - 50	1.767,45
Escarpado	50 - 70	464,78
Montañoso	> 70	1.614,68
		<b>7.092,02</b>

**Fuente:** Yachay EP.

Mapa No. 8 Pendiente



### **3.3. Suelo**

La mayoría del área de estudio ha sido fuertemente modificada, de manera principal por pastos y cultivos como caña de azúcar y matorrales espinosos bajos

#### **3.3.1. Taxonomía**

##### **Entisoles**

Son suelos con poca o ninguna evidencia de formación o desarrollo de horizontes pedogénicos. Existen varias razones para su deficiente formación, puede ser por el corto tiempo de desarrollo. En otros casos la razón es porque se encuentran sobre fuertes pendientes sujetas a erosión, estas razones no permiten el desarrollo del suelo.

Los entisoles de manera general se presentan en cualquier régimen climático, son característicos de zonas con pendientes abruptas, donde la pérdida del suelo es más rápida que su formación. También donde la acumulación de materiales es continúa como en llanuras aluviales, dunas o sobre materiales frescos<sup>10</sup> (Trujillo, 1998).

En el área de estudio los procesos de erosión han generado la pérdida de suelo, convirtiéndolo en cangahua (MAGAP, 2003).

##### **Inceptisoles**

Los suelos muestran un desarrollo pedogénico incipiente, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados. Se observan procesos de translocación y acumulación. Representan una etapa subsiguiente de evolución, en relación con los entisoles. Como los entisoles, se desarrollan en cualquier tipo de clima, su origen parental tiene materiales de procesos volcánicos, como cenizas, se presenta en relieves de fuerte pendiente, depresiones o superficies geomorfológicas jóvenes.

El perfil de los inceptisoles se caracteriza por la presencia de un epipedón ócrico, sobre un horizonte cámbrico, su uso es variado, se destinan a reforestación en pendientes abruptas. Mientras que los suelos de depresiones con drenaje artificial, son cultivados intensamente (Trujillo, 1998).

---

<sup>10</sup> Lavas

En el área de estudio se observó la presencia de cangahua y carbonato entre los 40 y 70 cm de profundidad (MAGAP, 2003).

### **Mollisoles**

En su mayoría son suelos ricos en materia orgánica y su color característico es el negro, son muy comunes en praderas las cuales han dado lugar a la formación de un epipedón móllico. Suelen presentarse procesos de translocación de arcillas, originando la formación de un horizonte de iluviación o argílico. Los mollisoles cubren zonas con regímenes climáticos secos o húmedos, cálidos o templados. Actualmente son utilizados para actividades de cultivo (MAGAP, 2003).

Tabla No 2. **Orden de suelo**

<b>Descripción</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Sin información	135,91	1,92
Mollisoles	180,82	2,55
Entisoles	808,75	11,40
Sin suelo	1.614,68	22,77
Inceptisoles	4.351,86	61,36
	<b>7.092,02</b>	<b>100</b>

**Fuente:** MAGAP, Uso y cobertura del suelo en la Sierra

### **3.3.2. Textura de Suelo**

La textura presente en Yachay y Urcuquí va desde fina hasta gruesa, prevaleciendo las texturas gruesas, que cubren 2.618,72 hectáreas, lo que representa un 36,92% del área de estudio; sin embargo existe un área de 1.614,68 hectáreas, que corresponde zonas urbanizadas y suelo erosionado (Yachay EP., 2014; MAGAP, 2003).

Tabla No 3. **Textura de suelo**

<b>Descripción</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Fina	118,8	1,68
Media	550,55	7,76
Sin suelo	1.654,12	23,32
Moderadamente gruesa - Gruesa	4.768,55	67,24
	<b>7.092,03</b>	<b>100</b>

**Fuente:** MAGAP, Uso y cobertura del suelo en la Sierra.

### 3.3.3. Cobertura Vegetal

De acuerdo con el cuadro de cobertura vegetal, el 91,62% del territorio corresponde a actividades agropecuarias. El 4,20% y 3,36% respectivamente se encuentran cubiertos de vegetación arbustiva y eriales. El área antrópica es de 0,83% (MAGAP, 2003).

Tabla No 4. **Cobertura Vegetal**

<b>Cobertura</b>	<b>Área</b>	<b>%</b>
Antrópico	58,61	0,83
Eriales (Otras áreas)	238,04	3,36
Vegetación arbustiva y herbácea	297,73	4,20
Agropecuarias	6.497,63	91,62
	<b>7.092,01</b>	<b>100</b>

**Fuente:** MAGAP, Uso y cobertura del suelo en la Sierra

### 3.3.4. Uso del Suelo

Según el censo de población y vivienda, las actividades agrícolas, ganaderas y silvícola en Urcuquí son la base de la economía, ya que un 46,81% de la población se dedica a ellas. Por lo tanto, es importante analizar el uso de suelo (INEC, 2010).

De acuerdo con el cuadro de uso de suelo, la mayor parte del territorio, el 84,72% es utilizado para actividades agrícolas. El 1,87% para agropecuario mixto. Tierras improductivas representan el 3,36% que tiende al aumento, debido a procesos erosivos. Únicamente el 9,03% del territorio está dedicado a la conservación y protección (GAD Municipal San Miguel de Urcuquí, 2011).

Tabla No 5. **Uso del Suelo**

<b>Uso</b>	<b>Área</b>	<b>%</b>
Pecuario	1,56	0,02
Agrícola - Conservación y protección	12,47	0,18
Antrópico	58,61	0,83
Agropecuario mixto	132,35	1,87
Tierras improductivas	238,04	3,36
Conservación y protección	640,56	9,03
Agrícola	6.008,43	84,72
	<b>7.092,02</b>	<b>100</b>

**Fuente:** MAGAP, Uso y cobertura del suelo en la Sierra

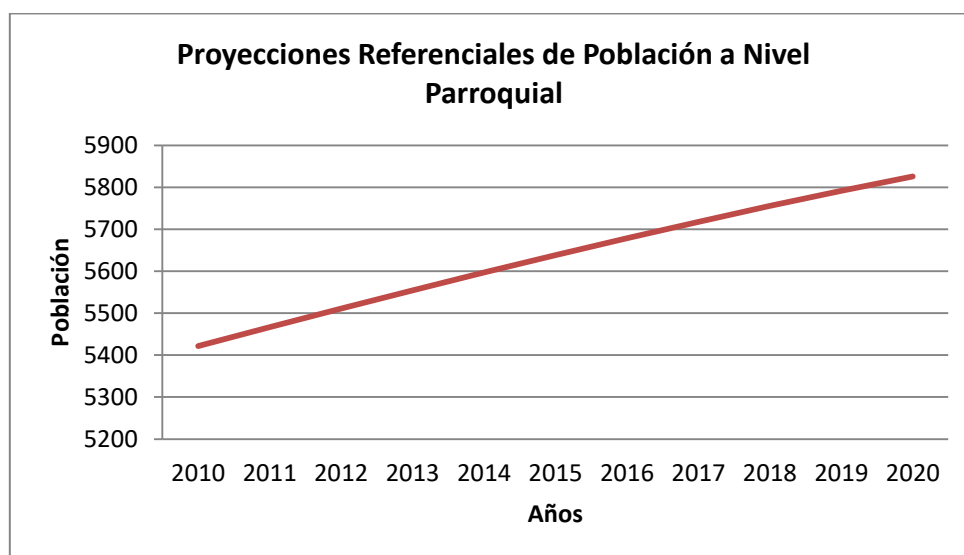
### 3.4. Componente Social

#### **Población**

La parroquia Urcuquí presenta un incremento en la población debido a que es la cabecera cantonal de San Miguel de Urcuquí, en donde hay una provisión de servicios básicos de mejor calidad en comparación con el resto de parroquias (GAD Municipal San Miguel de Urcuquí, 2011).

## Dinámica Poblacional

Urcuquí ha cambiado su número poblacional; en el año 2001 la población era de 4.499 habitantes, mientras que para el año 2010 ya tenía una población de 5.205; es decir ha tenido un crecimiento del 15,69% (INEC, 2010). Además según las proyecciones realizadas por SENPLADES para 2020 la población alcanzaría los 5.826 habitantes (SENPLADES, 2013).



Fuente: REDATAM – INEC 2010

Otro factor clave para el crecimiento poblacional en Urcuquí son las instalaciones de la Ciudad del Conocimiento Yachay. La ciudad del conocimiento –Yachay- pertenece a la parroquia Urcuquí, su población está asentada en seis comunidades: Armas Tola, El Puente, La Merced, San Antonio, San Vicente y Tapiapamba, con aproximadamente 366 familias, cuyos miembros alcanzan un total de 1.909 habitantes (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014). Además tiene una población flotante de 3.800 personas, quienes desarrollan sus actividades dentro de la Ciudad del Conocimiento. Para 2035 la proyección demográfica de Yachay es de 170000 habitantes (Yachay EP., 2013).

## Distribución Poblacional

De los datos censales del 2010 se determina que en la parroquia Urcuquí existe mayor cantidad de mujeres 2.657, que representan el 51,05% de la población; mientras que los

hombres contabilizan 2.548, representando un 48,95% (INEC, 2010). El grupo de atención prioritaria<sup>11</sup> conformado por niños y adultos mayores se presenta la siguiente tabla.

Tabla No 6. **Distribución de la Población por Sexo y Grandes Grupos de Edad**

	Hombre	Mujer	Total	%
De 0 a 14 años	852	841	1693	32,53
De 15 a 64 años	1.471	1.563	3.034	58,29
De 65 años y más	225	253	478	9,18
	<b>2.548</b>	<b>2.657</b>	<b>5.205</b>	<b>100,00</b>

Fuente: REDATAM – INEC 2010

Del total de habitantes, 242 personas, es decir, 4,65% de la población tiene algún tipo de discapacidad (INEC, 2010).

Con base a los datos obtenidos del censo poblacional del año 2010 y la información geográfica, se calcula que la densidad poblacional es de aproximadamente 84,14 habitantes/Km<sup>2</sup>.

## Salud

Los habitantes del polígono usan los sub centros de salud “Urcuquí” y “San Blas”; sin embargo la infraestructura es reducida y la falta equipamiento sobre pasa la capacidad de atención. Además, carecen de sistema de alcantarillado y las conexiones de tubería son obsoletas.

Así mismo, el servicio de salud en Urcuquí funciona durante 8 horas y no cuenta con todas las especialidades. Por ejemplo las mujeres deben dirigirse a Ibarra para recibir atención ginecológica. Sumado a la falta de distribución de medicación por parte del Ministerio de Salud y la baja frecuencia de brigadas médicas, la calidad del servicio salud es nefasta.

## Educación

Las comunidades asentadas en Urcuquí no cuentan con centros de educativos, a excepción de Tapiapamba que dispone de una escuela unidocente. Sin embargo el polígono urbano

<sup>11</sup> Grupo de atención prioritaria en caso de emergencia: niños, adultos mayores, personas con discapacidad y mujeres embarazadas.

cuenta con instituciones educativas, a los que los demás estudiantes asisten (GAD Municipal San Miguel de Urququí, 2011).

Tabla No 7. **Instituciones Educativas**

<b>Institución</b>		<b>Ubicación</b>
Jardín Infantil	Jardín infantil José Reyes Rosero	Gonzales Suarez
Escuela	Abdón Calderón	Gonzales Suarez y Flavio Noboa
	Alfonso Cadena Marcillo	Vía Azaya
	Eugenio Espejo	Antonio Ante
	Víctor Manuel Peñaherrera No.2	Comunidad Tapiapamba
Colegio	Jacinto Jijón Caamaño y Flores	Julio Marie Matovelle 59 – 01 y González Suarez
	Colegio Luis Felipe Borja	Sucre 12 – 01 y Gustavo Carrera
	Colegio Urququí	Guzmán N° 9 – 02

**Fuente:** Elaboración Propia

### **Vivienda**

En Urququí existen 1.686 viviendas, de las cuales 1.012 se ubican en el área urbana y 674 están dispersas en el área rural. Según datos del INEC del 2010, en Urququí se registran 9 tipos de vivienda, el tipo predominante es la casa o villa, con un total de 1.416 viviendas. Un dato importante a mencionar, es que en el área rural existen 149 viviendas catalogadas como mediagua; es decir son construcciones de un solo piso con una sola caída de agua, viviendas de tapial y teja o de bloque y eternit. Existe un número importante de familias que viven en condiciones de hacinamiento. En el área urbana, se observa que los tipos más comunes de vivienda son casas, departamentos y cuartos.

Tabla No 8. **Tipo de Vivienda**

<b>Tipo de Vivienda</b>	<b>Área Urbana</b>	<b>Area Rural</b>	<b>Total</b>
Casa/Villa	923	493	1416
Departamento en casa o edificio	12	4	16
Cuarto(s) en casa de inquilinato	22	2	24
Mediagua	51	149	200
Rancho	0	3	3
Covacha	1	2	3
Choza	0	13	13
Otra vivienda particular	2	8	10
Otra vivienda colectiva	1	0	1
	<b>1.012</b>	<b>674</b>	<b>1.686</b>

**Fuente:** REDATAM – INEC 2010

### **3.5. Componente Económico**

La economía en Urcuquí generalmente dependía de las haciendas, sin embargo la intervención del Proyecto Yachay ha proporcionado otras fuentes de empleo. Actualmente, están activos únicamente cultivos de caña y alfalfa. La mayoría de la población ha buscado otras formas de generar ingresos, ya sea como obreros de construcción, comerciantes a pequeña escala, empleados del Proyecto Yachay, transportistas, entre otros.

San Vicente, El Puente, San Antonio y Armas Tola son comunidades donde sus predios sirven mayormente para la producción de autoconsumo. Mientras que en Las Mercedes y Tapiapamba, la producción de frejol, maíz, pimiento, aguacate y pepino se destina al mercado (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

### 3.5.1. Rama de Actividad

En la siguiente tabla se observa que el 46,81% de la PEA se dedica a la agricultura, ganadería y silvicultura. Le siguen los comerciantes al por mayor y menor, con el 9,44%. Las actividades manufactureras y de construcción representan el 7,82% y 5,15%, respectivamente. Con respecto a la categoría otras actividades que representan el 30,79%, de acuerdo a estos indicadores se puede afirmar que la economía del cantón está concentrada exclusivamente en el sector primario.

Tabla No 9. **Rama de actividad**

<b>Rama de actividad (Primer nivel)</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	497	485	982	46,81
Comercio al por mayor y menor	182	16	198	9,44
Industrias manufactureras	111	53	164	7,82
Construcción	74	34	108	5,15
Otras actividades	529	117	646	30,79
	<b>1.393</b>	<b>705</b>	<b>2098</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** REDATAM – INEC 2010

### 3.5.2. Infraestructura

#### **Vialidad y Transporte**

El cuadro muestra que más de la mitad, es decir el 61,48% de las vías del área de estudio, son de orden local y son vías no vehiculares. A ello vale mencionar que no se observa un mantenimiento rutinario, por lo que las vías se encuentran en mal estado pese a que son transitadas por la población, para movilizarse hacia sus distintos destinos o para sacar sus productos a los mercados a fin de comercializarlos.

Una de las principales dificultades que se presenta en época de lluvia, es que las vías se vuelven inexecutable dificultando la movilidad de bienes y personas; por tanto encareciendo el costo de movilización.

Tabla No 10. Vías – Descripción

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>	<b>Temporalidad</b>	<b>Orden</b>	<b>Longitud (Km)</b>
Otro	Calle	Todo el año	Ruta local	6,42
Duro/ Pavimentado	Vía	Todo el año	Ruta primaria	6,53
Suelto/ No Pavimentado	Vía	Todo el año	Ruta secundaria	53,57
Temporal	Vía	Época seca	Ruta local	106,17

**Fuente:** Yachay EP.

En cuanto al transporte, la población se moviliza principalmente en buses de la Cooperativa de Transporte Urcuquí, también lo hacen en camionetas Para el caso de Las Mercedes y Armas Tola que se encuentran muy próximas a Ibarra, muchas personas recorren la distancia caminando (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

### 3.6. Pobreza

**Tabla No 12. Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas**

NBI <sup>12</sup>				
Comunidades	Calidad de vivienda <sup>13</sup>	Condiciones sanitarias <sup>14</sup>	Educación <sup>15</sup>	Capacidad Económica <sup>16</sup>
Armas Tola	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media Agua</li> <li>• Tapial y teja</li> <li>• 6 – 8 miembros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponen de agua entubada, no potable</li> <li>• Pozo ciego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 74,54 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja probabilidad de ingresos. Disminución de la oferta de empleo agrícola.</li> </ul>
El Puente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media Agua</li> <li>• Bloque y eternit</li> <li>• No existe hacimaniento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponen de agua entubada, potable</li> <li>• Pozo ciego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 74,54 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja probabilidad de ingresos. Disminución de la oferta de empleo agrícola.</li> </ul>
Las Mercedes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media Agua</li> <li>• Bloque y eternit</li> <li>• 4 – 8 miembros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponen de agua entubada, no potable</li> <li>• Alcantarillado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 74,54 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja probabilidad de ingresos. El proyecto Yachay exige capacidades de empleo específicas.</li> </ul>
San Antonio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media Agua</li> <li>• Tapial y teja</li> <li>• 6 – 8 miembros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponen de agua entubada, no potable</li> <li>• Alcantarillado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 74,54 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja probabilidad de ingresos. El proyecto Yachay exige capacidades de empleo específicas y menor cantidad de mano de obra que las haciendas.</li> </ul>
San Vicente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media Agua</li> <li>• Bloque y eternit</li> <li>• 6 – 8 miembros en algunos casos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponen de agua entubada, no potable</li> <li>• Alcantarillado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 74,54 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja probabilidad de ingresos. Disminución de la oferta de empleo agrícola.</li> </ul>

<sup>12</sup> Necesidades Básicas Insatisfechas, la elaboración de la tabla se basó en un documento emitido por la CEPAL.

<sup>13</sup> Se analizó el tipo de vivienda, materiales de construcción y hacimaniento (casas de 1 o 2 cuartos compartidos por 4 – 8 miembros)

<sup>14</sup> Se evaluó la disponibilidad de agua potable y servicios sanitarios para el desecho de excretas

<sup>15</sup> Asistencia de menores de edad a un establecimiento educativo

<sup>16</sup> Probabilidad de insuficiencia de ingresos del hogar

Tapiapamba	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media Agua</li> <li>• Bloque y eternit</li> <li>• 4 – 8 miembros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponen de agua entubada, no potable</li> <li>• Alcantarillado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 74,54 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja probabilidad de ingresos. El proyecto Yachay exige capacidades de empleo específicas y menor cantidad de mano de obra que las haciendas.</li> </ul>
Urcuquí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casas</li> <li>• Bloque y losa</li> <li>• No existe hacinamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponen de agua entubada, potable</li> <li>• Alcantarillado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 84,78 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media probabilidad de ingresos.</li> </ul>

## CAPÍTULO 3

### 4. Análisis de Riesgo

El informe publicado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica - IGEPN, reúne las observaciones realizadas sobre la actividad microsísmica registrada en la zona de Urcuquí, a unos 10 km al NO de Ibarra, donde la población reportó que sentían con mayor frecuencia y fuerza los pequeños movimientos que ocurrían.

Para analizar con mayor detalle la actividad sísmica, se instaló de una estación sísmica sobre la zona epicentral. La estación registró los eventos entre el 23 de junio y 24 de julio, permitiendo llevar un mejor control del número de eventos que no fueron detectados por la RENSIG<sup>17</sup>.

La estación portátil registró eventos con magnitud máxima de 4.3 grados en la escala de Richter. Además, con el análisis de movimiento de las primeras ondas a las estaciones de la RENSIG y a la estación temporal de Tapiapamba, se corroboró que la fuente informativa de estos sismos, son contiene los rasgos del Sistema de Fallas El Angel – Otavalo. La detección de la sismicidad, está asociada a una liberación de energía acumulada por la convergencia y movimientos relativos a las Placas Nazca, Sudamericana y el Bloque Andino (IGEPN, 2005).

De los distintos fenómenos naturales, los sismos son los que más eventos secundarios pueden producir, como: deslizamientos, licuación, tsunamis, inundaciones e incendios; por lo que normalmente el efecto directo del sismo se incrementa en razón a eventos secundarios (Rubiano & Ramírez, 2009). Al ser un área, donde el evento sísmico se presenta con una misma magnitud. Se analizará la amenaza ocasionada por el evento sísmico, para la implementación de albergues.

Una vez identificadas las características del territorio dentro del área de estudio, se descartaron ciertos eventos secundarios.

---

<sup>17</sup> Red Nacional de Sismógrafos

Por tanto al tratarse de un área lejana a las costas ecuatorianas, la posibilidad de que ocurra un tsunami es nula. Las inundaciones como efecto de un evento sísmico tampoco son eventos secundarios; al no tratarse de un sector de clima seco.

Sin embargo se consideró una distancia prudente lejos de los cuerpos de agua para la selección de albergues.

Los incendios ocasionados por un sismo, pueden aparecer, en el área urbana principalmente por el uso de gas doméstico y el tendido eléctrico. Además, una vez terminado la construcción de Yachay, el área destinada a la actividad industrial, tiene una baja probabilidad de incendio debido a la seguridad industrial<sup>18</sup> (ECUAMBIENTE - Cosulting Group, 2014).

Por otro lado los procesos de licuefacción se producen en suelos de textura arenosa y saturados de agua; las zonas que podrían ser propensas son las que se encuentran a la orilla del río Ambi (Yachay EP., 2013). Sin embargo, para la implementación de albergues se busca que las estructuras estén lejos de los ríos, por lo que no se considera a los cuatro eventos secundarios como una amenaza producida por un evento sísmico.

Por el contrario, los deslizamientos son eventos tomados en cuenta para el análisis en la implementación de los albergues. Debido a que la mayor parte de los asentamientos poblacionales se encuentran en pendientes, >70% y entre el 25% - 50%, es decir, en áreas montañosas y colinadas respectivamente. De esta manera el análisis permite identificar tanto áreas alejadas de fuertes pendientes para la implementación de albergues, como la población que debe ser evacuada con más prioridad.

---

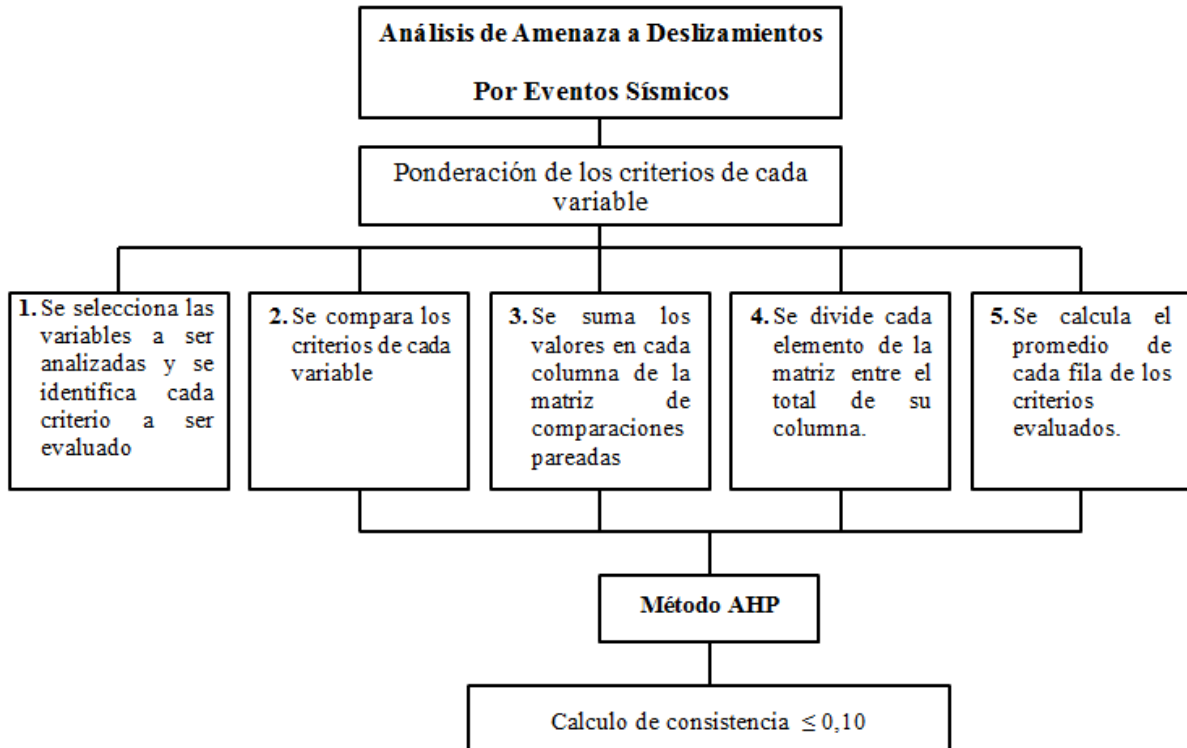
<sup>18</sup> Bloqueo automático de maquinaria, en caso de emergencias.

## 4.1. Evaluación de Amenazas Producidas por Sismos

### 4.1.1. Metodología

Para el análisis de la amenaza se utilizó la Evaluación Multicriterio (EMC), con el método de Saaty. El método requiere un proceso de evaluación subjetiva, respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios. Teniendo la información sobre la importancia relativa y las preferencias, se realiza un proceso matemático. El resultado proporciona una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada alternativa (Toskano, s.f.).

El proceso para sintetizar los juicios, se realizó de la siguiente manera:



**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.1.1.1. Selección de variables y criterios a ser analizados

Existen diversos factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad y son relativos a las características de las laderas. Las laderas tienen un estado natural de equilibrio establecida por características intrínsecas como: la morfología, la pendiente, el tipo de material, la cobertura vegetal, el uso del suelo, entre otras.

Sin embargo de todo ello los deslizamientos se producen por efecto de un agente detonante. En este caso el detonante es el evento sísmico. Vale señalar que la exposición ante la amenaza sísmica está condicionada a las aceleraciones, velocidades o desplazamientos máximos probables que se puedan presentar como consecuencia de un movimiento sísmico (Rubiano & Ramírez, 2009).

En la siguiente tabla se enlista las variables y los criterios a ser evaluados, los cuales condicionan al territorio a amenazas por deslizamiento, en caso de ocurrir un sismo. Además se muestra la escala de preferencia, que busca evaluar el criterio que incrementa el nivel de amenaza, es decir, identificar las áreas donde el nivel de amenaza es alto y medio.

**Tabla No. 13 Variables Condicionantes**

<b>Aceleración</b>	
Alto 0,35 g - 0,4 g <sup>19</sup>	
<b>Geomorfología</b>	
Valles - Superficies planas	
Colinas medianas	
Vertientes	
Relieve escarpado – montañoso	
<b>Grado de pendiente</b>	
0 - 12%	Casi plano a ligeramente ondulado
12 - 25%	Moderadamente ondulado
25 - 50%	Colinado
50 - >70%	Escarpado a montañoso

<sup>19</sup> Según los valores mostrados de aceleración sísmica, en la escala de Mercalli los valores corresponden a una intensidad sísmica “Moderado a Fuerte”

### Categorías de cobertura vegetal del suelo

Eriales  
Vegetación arbustiva y herbácea  
Agropecuarias  
Antrópico

### Categorías de uso del suelo

Agropecuario Mixto - Conservación y Protección  
Agrícola/pecuario - Protección y Conservación  
Agrícola  
Urbano

### Tipos de textura de suelo

Fina  
Media  
Moderadamente gruesa a Gruesa  
Sin suelo

**Fuente:** Yachay EP.

#### 4.1.1.2. Proceso de análisis jerárquico (AHP<sup>20</sup>)

Se elabora una matriz para cada variable, con el objetivo de comparar cada criterio y determinar el factor que incrementa la amenaza de deslizamiento producido por eventos sísmicos. La evaluación subjetiva realizada, utiliza comparaciones pareadas, es decir se compara el criterio de la fila con el de la columna. Vale mencionar que se usó una escala del 1 al 5 para distinguir las preferencias entre dos alternativas.

**Tabla No. 14 Escala de Preferencias**

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Igualmente amenazado	1
Entre igualmente y moderadamente amenazado	2
Moderadamente amenazado	3
Entre moderadamente y fuertemente amenazado	4
Fuertemente amenazado	5

**Fuente:** Toscano H., Proceso de análisis jerárquico

<sup>20</sup> Analytic Hierarchy Process

Posteriormente para determinar la eficacia del juicio formado, se calcula la razón de consistencia. El método AHP ofrece un método para medir la consistencia entre las opiniones pareadas que se evaluaron en la matriz.

La razón de consistencia (RC), es el resultado de la relación entre el Índice de Consistencia (IC) y el Índice Aleatorio (IA). El cociente está diseñado para que los valores menores a 0.10, evidencien un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas (Toskano, s.f.).

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

- $IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$
- IA

**Tabla No. 15 Valores asignados para IA**

No. de elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0	0	0,58	0,89	1,11	1,24	1,32	1,40	1,45	1,49

### Matriz AHP 1. Geomorfología

Condiciones de Geomorfología											n= 4
Código	C1	C2	C3	C4	Normalización de la matriz				Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Relieve escarpado montañoso	Vertientes	Colinas medianas	Valles Superficies planas	C1	C2	C3	C4	Ti		
<b>C1</b>	Relieve escarpado montañoso	1	2	3	5	0,49	0,56	0,41	0,38	<b>0,46</b>	0,937
<b>C2</b>	Vertientes	0,50	1	3	4	0,25	0,28	0,41	0,31	<b>0,31</b>	1,112
<b>C3</b>	Colinas medianas	0,33	0,33	1	3	0,16	0,09	0,14	0,23	<b>0,16</b>	1,144
<b>C4</b>	Valles Superficies planas	0,20	0,25	0,33	1	0,10	0,07	0,05	0,08	<b>0,07</b>	0,944
<b>Total</b>		<b>2,03</b>	<b>3,58</b>	<b>7,33</b>	<b>13,00</b>					1,00	4,138

Calculamos la razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 4 (ver tabla 13).

$$IC = \frac{4,138 - 4}{4 - 1} = 0,046$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,046}{0,89} = 0,051$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

## Matriz AHP 2. Pendiente

Condiciones de pendiente											n= 4
Código	C1	C2	C3	C4	Normalización de la matriz				Vector propio	V Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	50 - >70% Escarpado a montañoso	25 - 50% Colinado	12 - 25% Moderadamente ondulado	0 - 12% casi Plano a ligeramente ondulado	C1	C2	C3	C4	Ti		
<b>C1</b>	50 - >70% Escarpado a montañoso	1	3	4	5	0,56	0,65	0,47	0,42	<b>0,53</b>	0,937
<b>C2</b>	25 - 50% Colinado	0,33	1	3	4	0,19	0,22	0,35	0,33	<b>0,27</b>	1,251
<b>C3</b>	12 - 25% Moderadamente ondulado	0,25	0,33	1	2	0,14	0,07	0,12	0,17	<b>0,12</b>	1,057
<b>C4</b>	0 - 12% casi Plano a ligeramente ondulado	0,20	0,25	0,50	1	0,11	0,05	0,06	0,08	<b>0,08</b>	0,927
<b>Total</b>		<b>1,78</b>	<b>4,58</b>	<b>8,50</b>	<b>12,00</b>					<b>1,00</b>	4,171

De igual manera que en el caso anterior, calculamos la razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 4 (ver tabla 13).

$$\mathbf{IC} = \frac{4,171 - 4}{4 - 1} = 0,057$$
$$\mathbf{RC} = \frac{\mathbf{IC}}{\mathbf{IA}} = \frac{0,057}{0,89} = 0,064$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

### Matriz AHP 3. Cobertura Vegetal

Condiciones de cobertura vegetal											n= 4
Código	C1	C2	C3	C4	Normalización de la matriz				Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Antrópico	Agropecuarias	Vegetación arbustiva y herbácea	Eriales	C1	C2	C3	C4	Ti		
<b>C1</b>	Antrópico	1	3	4	5	0,56	0,62	0,53	0,45	<b>0,54</b>	0,967
<b>C2</b>	Agropecuarias	0,33	1	2	3	0,19	0,21	0,27	0,27	<b>0,23</b>	1,128
<b>C3</b>	Vegetación arbustiva y herbácea	0,25	0,50	1	2	0,14	0,10	0,13	0,18	<b>0,14</b>	1,048
<b>C4</b>	Eriales	0,20	0,33	0,50	1	0,11	0,07	0,07	0,09	<b>0,08</b>	0,931
<b>Total</b>		<b>1,78</b>	<b>4,83</b>	<b>7,50</b>	<b>11,00</b>					1,00	4,074

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 4 (ver tabla 13).

$$IC = \frac{4,074 - 4}{4 - 1} = 0,025$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,025}{0,89} = 0,028$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

#### Matriz AHP 4. Uso del Suelo

Condiciones de uso del suelo											n= 4
Código	C1	C2	C3	C4	Normalización de la matriz				Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Urbano	Agrícola	Agrícola/pecuario - Protección y Conservación	Agropecuario Mixto Conservación y Protección	C1	C2	C3	C4	Ti		
<b>C1</b>	Urbano	1	3	4	5	0,56	0,62	0,53	0,45	<b>0,54</b>	0,967
<b>C2</b>	Agrícola	0,33	1	2	3	0,19	0,21	0,27	0,27	<b>0,23</b>	1,128
<b>C3</b>	Agrícola/pecuario - Protección y Conservación	0,25	0,50	1	2	0,14	0,10	0,13	0,18	<b>0,14</b>	1,048
<b>C4</b>	Agropecuario Mixto Conservación y Protección	0,20	0,33	0,50	1	0,11	0,07	0,07	0,09	<b>0,08</b>	0,931
<b>Total</b>		<b>1,78</b>	<b>4,83</b>	<b>7,50</b>	<b>11,00</b>					<b>1,00</b>	<b>4,074</b>

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 4 (ver tabla 13):

$$IC = \frac{4,074 - 4}{4 - 1} = 0,025$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,025}{0,89} = 0,028$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

### Matriz AHP 5. Tipo de Suelo - Textura

Condiciones según el tipo de suelo (textura)											n= 4
Código	C1	C2	C3	C4	Normalización de la matriz				Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Sin suelo	Moderadamente gruesa a Gruesa	Media	Fina	C1	C2	C3	C4	Ti		
<b>C1</b>	Sin suelo	1	2	3	5	0,49	0,56	0,40	0,42	<b>0,47</b>	0,949
<b>C2</b>	Moderadamente gruesa a Gruesa	0,50	1	3	4	0,25	0,28	0,40	0,33	<b>0,31</b>	1,127
<b>C3</b>	Media	0,33	0,33	1	2	0,16	0,09	0,13	0,17	<b>0,14</b>	1,044
<b>C4</b>	Fina	0,20	0,25	0,50	1	0,10	0,07	0,07	0,08	<b>0,08</b>	0,954
	Total	<b>2,03</b>	<b>3,58</b>	<b>7,50</b>	<b>12,00</b>					<b>1,00</b>	<b>4,075</b>

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 4 (ver tabla 13).

$$IC = \frac{4,075 - 4}{4 - 1} = 0,025$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,025}{0,89} = 0,028$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

## Conclusiones

- Los valores asignados sobre la diagonal corresponden a la escala de preferencia asignada en la Tabla No12. Mientras que los valores bajo la diagonal, corresponden al inverso del criterio analizado sobre la diagonal.
- En la diagonal se coloca el valor de “1”, al comparar con el mismo criterio, las condiciones son de “igualmente amenazada”.
- Entre menos visible es la diferencia entre los criterios pareados, el valor asignado disminuye. Al contrario si los criterios pareados presentan características opuestas. El valor del criterio descrito en la fila, aumentará la escala de preferencia.
- El objetivo de la evaluación multicriterio AHP, es identificar las áreas con condiciones que incrementen el nivel de amenaza, que representan, el criterio de preferencia.
- Las matrices permiten sustentar la jerarquización de los criterios de cada variable. Debido a este criterio de evaluación, las siguientes tablas muestran un valor del 1 – 4, asignados según el vector propio. Donde 1 corresponde a las condiciones que representan menos amenaza y 4 a las condiciones que representan mayor amenaza.

**Tabla No. 16 Revaloración de Condiciones Geomorfológicas**

<b>Morfología</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
Valles - Superficies planas	0,07	1
Colinas medianas	0,16	2
Vertientes	0,31	3
Relieve escarpado - montañoso	0,46	4

**Tabla No. 17 Revaloración de Condiciones de Pendiente**

<b>Grado de pendiente</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
0 - 12% Casi plano a ligeramente ondulado	0,08	1
12 - 25% Moderadamente ondulado	0,12	2
25 - 50% Colinado	0,27	3
50 - >70% Escarpado a montañoso	0,53	4

**Tabla No. 18 Revaloración de Condiciones de Cobertura Vegetal**

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
Eriales	0,08	1
Vegetación arbustiva y herbácea	0,14	2
Agropecuarias	0,23	3
Antrópico	0,54	4

**Tabla No. 19 Revaloración de Condiciones de Uso del Suelo**

<b>Uso de Suelo</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
Agropecuario Mixto - Conservación y Protección	0,08	1
Agrícola/pecuario - Protección y Conservación	0,14	2
Agrícola	0,23	3
Urbano	0,54	4

**Tabla No. 20 Revaloración de Condiciones según el tipo de suelo (textura)**

<b>Textura</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
Fina	0,08	1
Media	0,14	2
Moderadamente gruesa a Gruesa	0,31	3
Sin suelo	0,47	4

Una vez evaluados los criterios de cada variable condicionante, se realiza la matriz AHP.

**Tabla No. 21 Variables**

<b>Variables condicionantes</b>
Aceleración
Geomorfología
Grado de pendiente
Cobertura vegetal del suelo
Uso del suelo
Tipos de textura de suelo

**Matriz AHP 6. Variables Condicionantes**

Código	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Normalización de la matriz						Vector propio	n= 6	
Variables	Intensidad Sísmica	Geomorfología	Pendiente	Cobertura	Uso de suelo	Textura	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Ti	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
<b>C1</b>	Intensidad Sísmica	1	2	2	3	3	4	0,34	0,44	0,33	0,31	0,23	0,21	<b>0,31</b>	0,902
<b>C2</b>	Geomorfología	0,50	1	2	3	2	4	0,17	0,22	0,33	0,31	0,15	0,21	<b>0,23</b>	1,063
<b>C3</b>	Pendiente	0,50	0,50	1	2	3	4	0,17	0,11	0,16	0,21	0,23	0,21	<b>0,18</b>	1,104
<b>C4</b>	Cobertura	0,33	0,33	0,50	1	4	3	0,11	0,07	0,08	0,10	0,30	0,16	<b>0,14</b>	1,328
<b>C5</b>	Uso de suelo	0,33	0,50	0,33	0,25	1	3	0,11	0,11	0,05	0,03	0,08	0,16	<b>0,09</b>	1,194
<b>C6</b>	Textura	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	1	0,09	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	<b>0,05</b>	0,930
<b>Total</b>		<b>2,92</b>	<b>4,58</b>	<b>6,08</b>	<b>9,58</b>	<b>13,33</b>	<b>19,00</b>							<b>1,00</b>	<b>6,522</b>

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 6 (ver tabla 13).

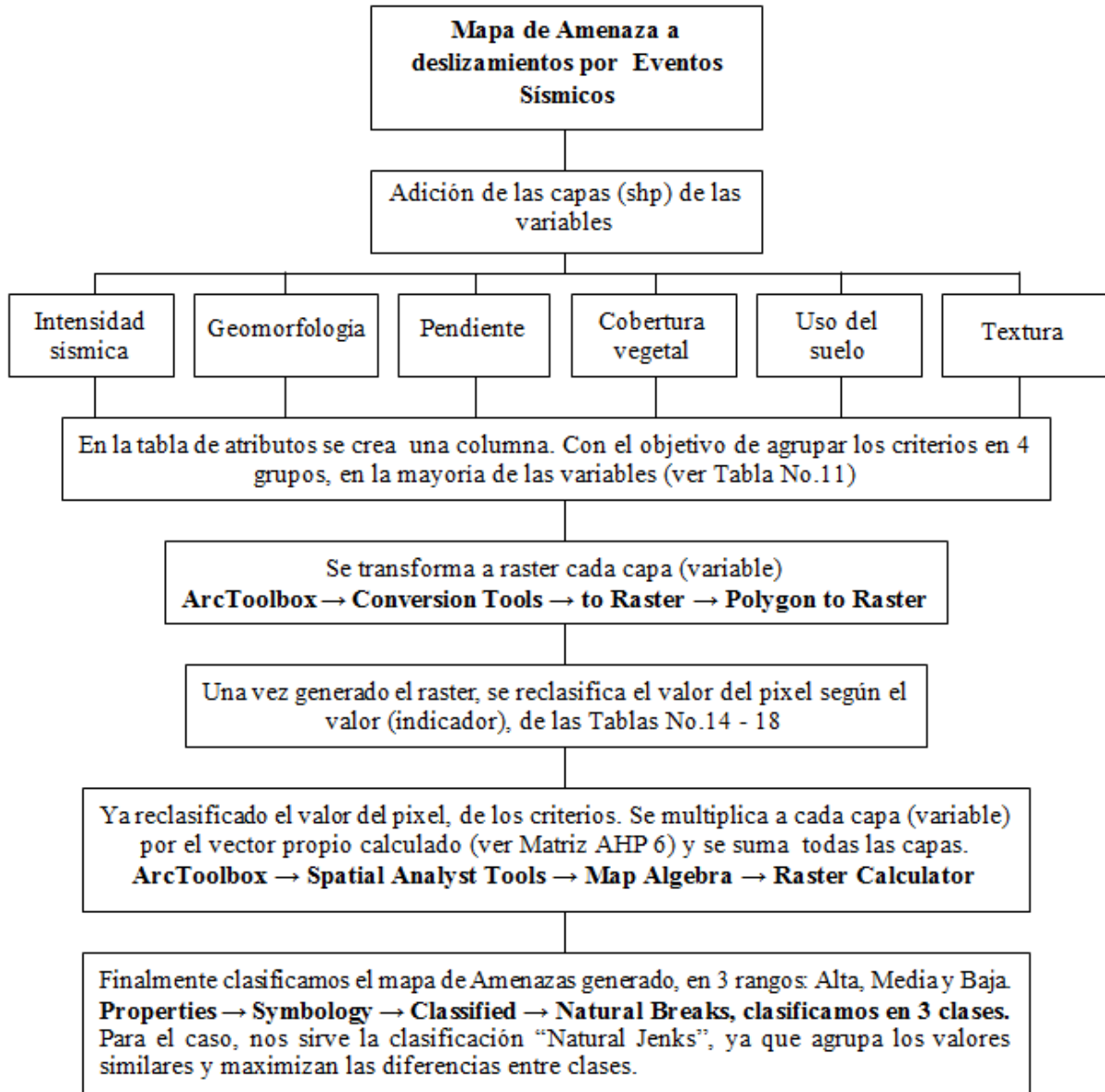
$$IC = \frac{6,522 - 6}{6 - 1} = 0,104$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,104}{1,24} = 0,084$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

#### 4.1.2. Mapa de Amenazas Producidas por Sismos

Para la evaluación y análisis de la amenaza en Yachay – Urcuquí, una vez calculado el vector propio y designado el indicador para los criterios de cada variable. Se utilizan los valores para la elaboración del mapa.



### Reclasificación de los criterios

La reclasificación se realizó en base al método AHP, se ordenó de manera ascendente a los criterios, dependiendo del valor del vector propio. Posteriormente se le asignó un valor de 1 – 4. En el que 1 corresponde a los criterios con el menor valor de vector propio y 4 los que tienen el mayor valor de vector propio. Es decir, los criterios van de condiciones que no incrementan de manera significativa la amenaza, hasta lo que aumentan el nivel de amenaza.

**Tabla No. 22 Reclasificación de Valores**

<b>Intensidad Sísmica</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Valles - Superficies planas	0	3

**Tabla No. 23 Reclasificación de Valores**

<b>Morfología</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Valles - Superficies planas	2	1
Colinas medianas	0	2
Vertientes	3	3
Relieve escarpado – montañoso	1	4

**Tabla No. 24 Reclasificación de Valores**

<b>Grado de pendiente</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
0 - 12%      Casi plano a ligeramente ondulado	0	1
12 - 25%    Moderadamente ondulado	1	2
25 - 50%    Colinado	2	3
50 - >70%   Escarpado a montañoso	3	4

**Tabla No. 25 Reclasificación de Valores**

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Eriales	0,08	1
Vegetación arbustiva y herbácea	0,14	2
Agropecuarias	0,23	3
Antrópico	0,54	4

**Tabla No. 26 Reclasificación de Valores**

Uso de Suelo	Old Value	New Value
Agropecuario Mixto - Conservación y Protección	2	1
Agrícola/pecuario - Protección y Conservación	1	2
Agrícola	0	3
Urbano	3	4

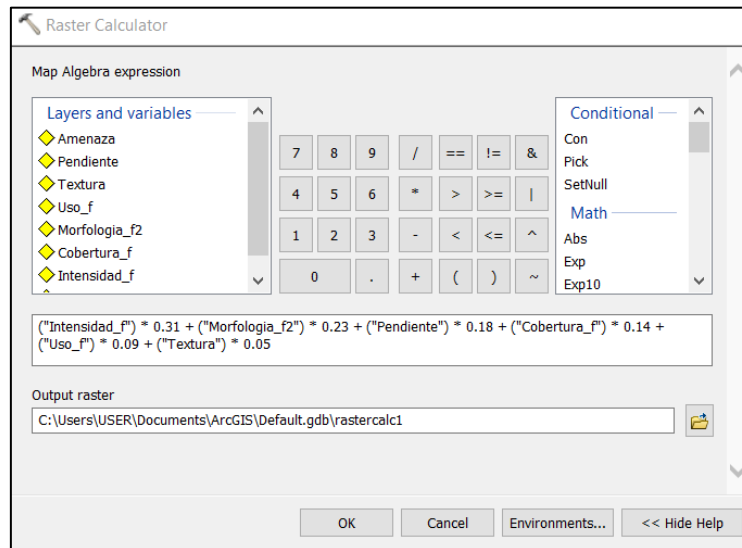
**Tabla No. 27 Reclasificación de Valores**

Textura	Old Value	New Value
Fina	0	1
Media	1	2
Moderadamente gruesa a Gruesa	2	3
Sin suelo	3	4

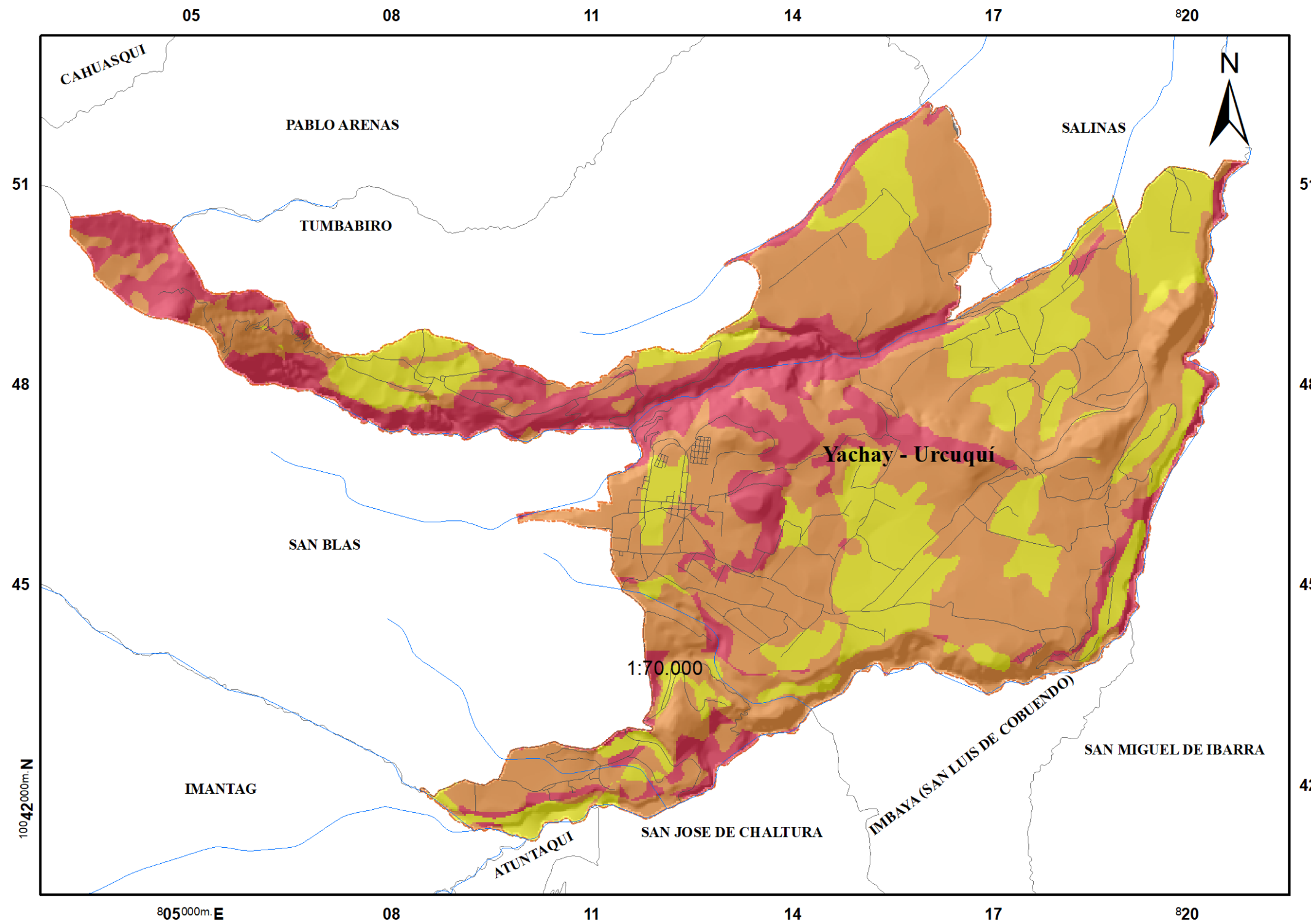
**Ráster Calculator**

El álgebra de mapas, consiste en el análisis de capas ráster, que contiene un conjunto de procedimientos que nos permiten extraer información a partir de cada capa (Olaya, s.f.).

Una vez ponderadas las variables y calculado el vector propio de cada una, mediante el método AHP (ver Matriz AHP 6), seleccionamos la capa (variable) y multiplicamos a cada una por el vector propio. Y, sumamos cada capa, con el objetivo de combinarlas y que el resultado nos permita obtener una mayor combinación de resultados.



## Parroquia San Miguel de Urcuquí - Yachay: Nivel de Amenaza a Deslizamientos por Eventos Sísmicos

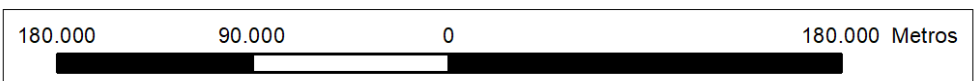
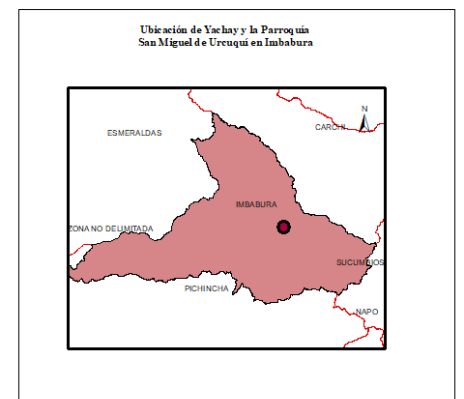


**Leyenda**  
**Nivel de Amenaza**

- Baja
- Media
- Alta

**Simbolos Convencionales**

- Vías
- Río/ Quebrada
- Área de Estudio
- Parroquias



Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas Ingeniería en CCGG y Gestión Ambiental		
<b>Contiene:</b> Límites, cuerpos de agua, vías y nivel de amenaza de la Parroquia San Miguel de Urcuquí y Yachay		
<b>Elaborado por:</b> Abigail Criollo E.	<b>Revisado por:</b> Msc. Santiago Jaramillo	
<b>Fuente:</b> Yachay E.P/ GAD Urcuquí	<b>Mapa N°:</b> 9	
<b>Datum:</b> WGS84 Zona 17S	<b>Escala:</b> 1:70.000 <b>Formato:</b> A3	<b>Fecha:</b> 02/11/2016

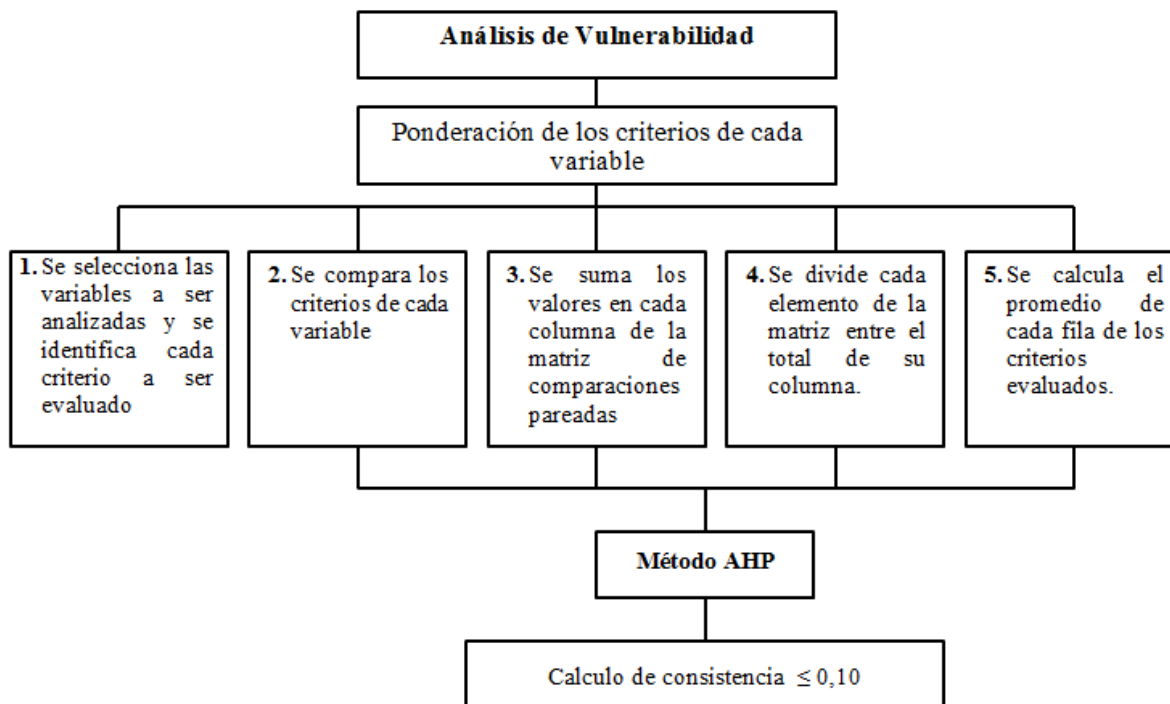
## 4.2. Evaluación de la Vulnerabilidad

A partir de un punto de vista espacial, los eventos sísmicos afectan extensas áreas, por ello la población, las edificaciones, las infraestructura y actividades económicas, están permanentemente expuestas a esta amenaza. En consecuencia, el manejo del riesgo sísmico se centra fundamentalmente en la reducción de la vulnerabilidad (Rubiano & Ramírez, 2009).

### 4.2.1. Metodología

Para el análisis de la vulnerabilidad se utilizó la Evaluación Multicriterio (EMC), con el método de Saaty utilizado para el análisis de amenaza.

El proceso para sintetizar los juicios, se realiza de la siguiente manera:



**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.1.1. Selección de variables y criterios a ser analizados

En cuanto a la visión espacial, un evento sísmico afecta extensas áreas, de tal manera que el conjunto de la población, las edificaciones, las infraestructuras y las actividades económicas están expuestas de forma permanente a esta amenaza. Por ello el manejo del riesgo sísmico se centra fundamentalmente en la reducción de la vulnerabilidad (Rubiano & Ramírez, 2009).

En la siguiente tabla se enlista las variables con sus criterios a ser evaluados. Además, se muestra la escala de preferencia, que busca evaluar el criterio que incrementa el nivel de vulnerabilidad. Es decir, identificar las condiciones donde el grado de vulnerabilidad es alto y medio.

**Tabla No. 28 Variables Condicionantes**

<b>Tipo de vivienda</b>
Casa
Media Agua
Departamento
Choza
<b>Material de construcción</b>
Hormigón y ladrillo
Eternit y ladrillo/bloque
Teja y tapial
Zinc y bloque
<b>Procedencia del agua</b>
Red pública
Vertiente de río – acequia
Pozo
<b>Tipo de servicio higiénico</b>
Alcantarillado
Sin red pública
<b>Luz eléctrica</b>
Red pública
No tiene

<b>Vialidad</b>
Camino pavimentado
Calle
Camino empedrado
Camino lastrado

**Fuente:** Yachay EP.

#### 4.2.1.2. *Proceso de análisis jerárquico (AHP)*

Se elabora una matriz para cada variable, con el objetivo de comparar cada criterio y determinar la condición que incrementa el grado de vulnerabilidad. La evaluación realizada, utiliza comparaciones pareadas, donde se compara el criterio de la fila con el de la columna. Se usó una escala del 1 al 5 para distinguir las preferencias entre dos alternativas.

**Tabla No. 29 Escala de Preferencias**

<b>Planteamiento verbal de la preferencia</b>	<b>Calificación Numérica</b>
Igualmente vulnerable	1
Entre igualmente y moderadamente vulnerable	2
Moderadamente vulnerable	3
Entre moderadamente y fuertemente vulnerable	4
Fuertemente vulnerable	5

**Fuente:** Toscano H., Proceso de análisis jerárquico

Posteriormente, para determinar la eficacia del juicio formado, se calcula la razón de consistencia. Como en el caso de las matrices de amenaza. El cociente está diseñado para que los valores menores a 0.10, evidencien un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas (Toscano, s.f.).

**Tabla No. 30 Valores asignados para IA**

<b>No. de elementos que se comparan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>IA</b>	0	0	0,58	0,89	1,11	1,24	1,32	1,40	1,45	1,49

### Matriz AHP 7. Tipo de Vivienda

Condiciones de Vivienda (Tipo de vivienda)											n= 4
Código	C1	C2	C3	C4	Normalización de la matriz				Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Choza	Departament o/Edificio	Media agua	Casa	C1	C2	C3	C4	Ti		
C1	Choza	1	3	4	5	0,56	0,62	0,55	0,38	<b>0,53</b>	0,944
C2	Departament o/Edificio	0,33	1	2	3	0,19	0,21	0,28	0,23	<b>0,23</b>	1,088
C3	Media agua	0,25	0,33	1	4	0,14	0,10	0,14	0,31	<b>0,31</b>	1,249
C4	Casa	0,20	0,20	0,25	1	0,11	0,07	0,03	0,08	<b>0,08</b>	0,951
	<b>Total</b>	<b>1,78</b>	<b>4,83</b>	<b>7,25</b>	<b>13,00</b>	<b>1,00</b>				<b>4,232</b>	

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 4 (ver tabla 28).

$$IC = \frac{4,232 - 4}{4 - 1} = 0,077$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,077}{0,89} = 0,087$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

### Matriz AHP 8. Material de Construcción de la Vivienda

Condiciones de Vivienda (Material)											n= 4
Código	C1	C2	C3	C4	Normalización de la matriz				Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Zinc y bloque	Teja y tapial	Eternit y ladrillo	Hormigón y ladrillo	C1	C2	C3	C4	Ti		
<b>C1</b>	<b>Zinc y bloque</b>	1	2	3	5	0,49	0,54	0,48	0,33	<b>0,46</b>	0,94
<b>C2</b>	<b>Teja y tapial</b>	0,5	1	2	5	0,25	0,27	0,32	0,33	<b>0,29</b>	1,082
<b>C3</b>	<b>Eternit y ladrillo</b>	0,33	0,50	1	4	0,16	0,14	0,16	0,27	<b>0,18</b>	1,134
<b>C4</b>	<b>Hormigón y ladrillo</b>	0,2	0,20	0,25	1	0,10	0,05	0,04	0,07	<b>0,06</b>	0,972
	<b>Total</b>	<b>2,03</b>	<b>3,70</b>	<b>6,25</b>	<b>15,00</b>					<b>1,00</b>	4,126

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 4 (ver tabla 28).

$$IC = \frac{4,126 - 4}{4 - 1} = 0,042$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,042}{0,89} = 0,047$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

### Matriz AHP 9. Procedencia del Agua

Procedencia del Agua								n=3	
Código	C1	C2	C3	Normalización de la matriz			Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Pozo	Vertiente de río - acequia	Red pública	C1	C2	C3	Ti		
<b>C1</b>	<b>Pozo</b>	1	2	5	0,59	0,62	0,50	<b>0,57</b>	0,965
<b>C2</b>	<b>Vertiente de río - acequia</b>	0,50	1	4	0,29	0,31	0,40	<b>0,33</b>	1,085
<b>C3</b>	<b>Red pública</b>	0,20	0,25	1	0,12	0,08	0,10	<b>0,10</b>	0,982
	Total	1,70	3,25	10,00				1,00	3,033

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 3 (ver tabla 28).

$$IC = \frac{3,033 - 3}{3 - 1} = 0,017$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,042}{0,58} = 0,029$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

### Matriz AHP 10. Acceso Principal

Acceso Principal (Vías)											n=4
Código	C1	C2	C3	C4	Normalización de la matriz				Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Camino lastrado	Camino empedrado	Calle	Camino pavimentado	C1	C2	C3	C4	Ti		
<b>C1</b>	<b>Camino lastrado</b>	1	3	4	5	0,56	0,65	0,47	0,42	<b>0,53</b>	0,937
<b>C2</b>	<b>Camino empedrado</b>	0,33	1	3	4	0,19	0,22	0,35	0,33	<b>0,27</b>	1,251
<b>C3</b>	<b>Calle</b>	0,25	0,33	1	2	0,14	0,07	0,12	0,17	<b>0,12</b>	1,057
<b>C4</b>	<b>Camino pavimentado</b>	0,20	0,25	0,50	1	0,11	0,05	0,06	0,08	<b>0,08</b>	0,927
	Total	1,78	4,58	8,50	12,00					1,00	4,171

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 4 (ver tabla 28).

$$IC = \frac{4,171 - 4}{4 - 1} = 0,057$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,057}{0,89} = 0,064$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

## Conclusiones

- Ante el estado de amenaza sísmica, las construcciones e infraestructuras, deben ser capaces de resistir a la fuerza que le impone el sismo. Por ello, tanto el diseño como la tecnología utilizada en las construcciones, debe contemplar ciertas condiciones que le permitan resistir un evento probable. En la matriz AHP 8 se evalúa, como el material de construcción incrementa las condiciones de vulnerabilidad. Sin embargo, es necesario mejorar las condiciones de las comunidades dentro del polígono de La Ciudad del Conocimiento Yachay.
- El objetivo de la evaluación multicriterio AHP, es identificar las áreas con condiciones de vulnerabilidad física. Que representan, el criterio de preferencia. Así, áreas donde el tipo de vivienda es media agua o choza, el grado de intensidad del sismo será mayor que en tipo de viviendas, correspondientes a casa.

Por otro lado, en las edificaciones, las condiciones de vulnerabilidad se dan debido a que las edificaciones son construcciones donde la loza es más fuerte que las columnas. Además, construyen pocas paredes en plantas bajas y bastantes paredes en los pisos superiores. Lo que provoca un gran piso blando que frente a un evento sísmico se puede venir abajo (Secretaría Técnica de Gestión de Riesgo, s.f.).

- Las matrices permiten sustentar la jerarquización de los criterios de cada variable. Debido a este criterio de evaluación, las siguientes tablas muestran un valor del 1 – 4, asignados según el vector propio. Donde 1 corresponde a las condiciones que representan menos condiciones de vulnerabilidad física y 4 a las condiciones que representan mayores condiciones de vulnerabilidad física.

**Tabla No. 31 Revaloración de Tipo de Vivienda**

<b>Tipo de vivienda</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
Casa	0,08	1
Departamento/Edificio	0,23	2
Media agua	0,31	3
Choza	0,53	4

**Tabla No. 32 Revaloración de Condiciones Materiales de Construcción**

<b>Materiales de construcción</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
Hormigón y ladrillo	0,06	1
Eternit y ladrillo	0,18	2
Teja y tapial	0,29	3
Zinc y bloque	0,46	4

**Tabla No. 33 Revaloración de Condiciones de Procedencia del Agua**

<b>Procedencia del agua</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
Red pública	0,10	1
Vertiente de río - acequia	0,33	2
Pozo	0,57	3

**Tabla No. 34 Revaloración de Condiciones de Acceso Principal**

<b>Acceso principal</b>	<b>Vector Propio</b>	<b>Indicador</b>
Camino pavimentado	0,08	1
Calle	0,12	2
Camino empedrado	0,27	3
Camino lastrado	0,53	4

**Tabla No. 35 Variables****Variables Condicionantes**

Tipo de vivienda

Material de construcción

Vialidad

Procedencia del agua

Luz eléctrica

Tipo de servicio higiénico

### Matriz AHP 11. Variables Condicionantes

Identificación de ponderados														n=6	
Código	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Normalización de la matriz						Vector propio	Vector lambda máximo (n <sub>max</sub> )	
Variables	Tipo de vivienda	Material de construcción	Vialidad	Procedencia del agua	Luz eléctrica	Tipo de servicio Higiénico	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Ti		
C1	Tipo de vivienda	1	2	3	3	3	4	0,36	0,47	0,43	0,31	0,21	0,18	<b>0,33</b>	0,899
C2	Material de construcción	0,50	1	2	3	4	5	0,18	0,23	0,28	0,31	0,28	0,23	<b>0,25</b>	1,084
C3	Vialidad	0,33	0,50	1	2	3	5	0,12	0,12	0,14	0,21	0,21	0,23	<b>0,17</b>	1,202
C4	Procedencia del agua	0,33	0,33	0,50	1	3	4	0,12	0,08	0,07	0,10	0,21	0,18	<b>0,13</b>	1,223
C5	Luz eléctrica	0,33	0,25	0,33	0,33	1	3	0,12	0,06	0,05	0,03	0,07	0,14	<b>0,08</b>	1,118
C6	Tipo de servicio Higiénico	0,25	0,20	0,20	0,25	0,33	1	0,09	0,05	0,03	0,03	0,02	0,05	<b>0,04</b>	0,956
<b>Total</b>		<b>2,75</b>	<b>4,28</b>	<b>7,03</b>	<b>9,58</b>	<b>14,33</b>	<b>22,00</b>							<b>1,000</b>	<b>6,482</b>

Calculamos la Razón de consistencia para verificar la confiabilidad de evaluación pareada. El índice de consistencia aleatorio es un valor definido por el número de elementos que se comparan, para el caso son 6 (ver tabla 28).

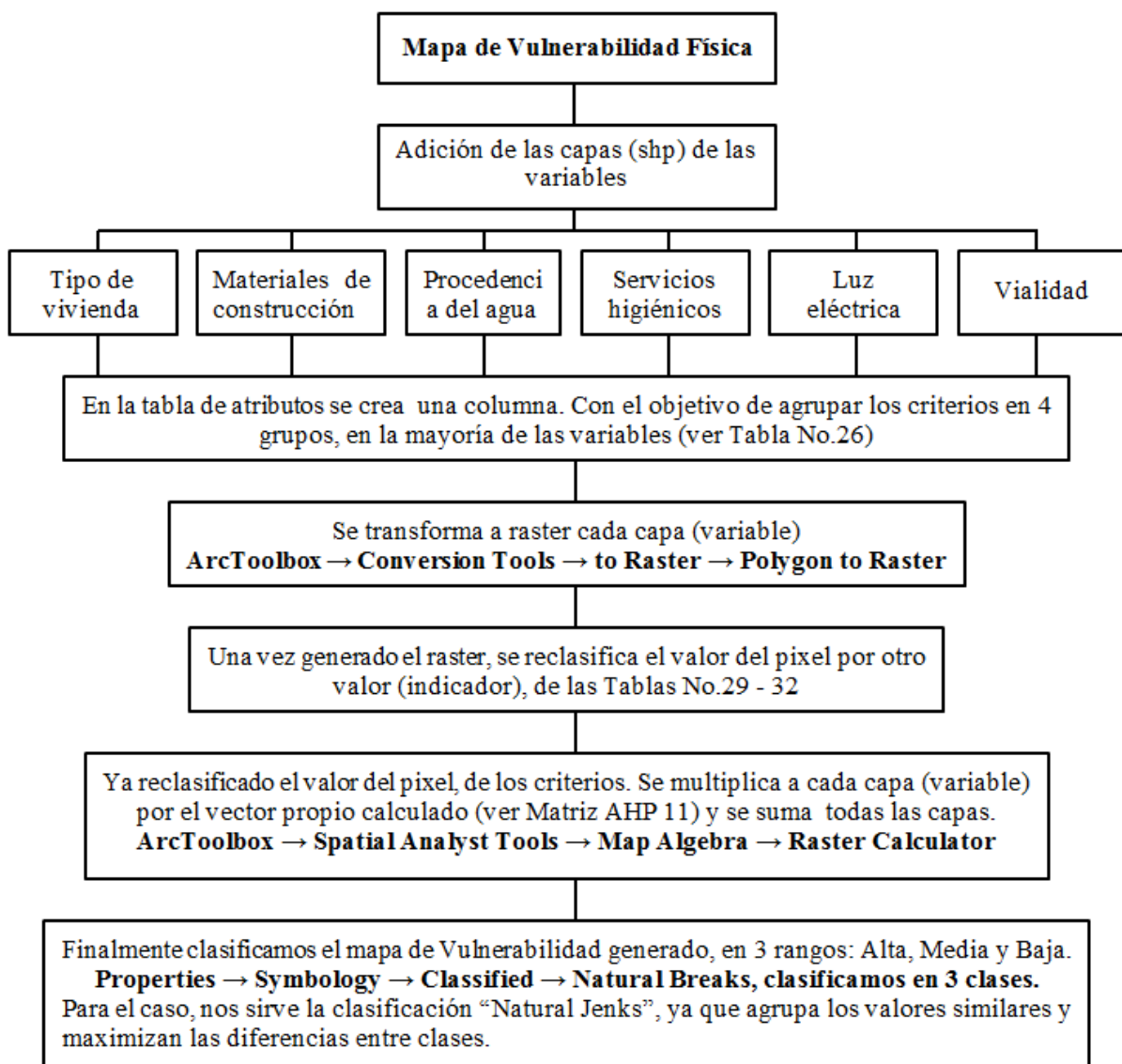
$$IC = \frac{6,482 - 6}{6 - 1} = 0,096$$

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,096}{1,24} = 0,078$$

El resultado muestra que la evaluación de juicio tiene una Relación de Consistencia menor a 0.1, por lo tanto no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones.

#### 4.2.2. Mapa de Vulnerabilidad

Para la evaluación y análisis de la vulnerabilidad en Yachay – Urcuquí, una vez calculado el vector propio y designado el indicador para los criterios de cada variable, se utilizan los valores para la elaboración del mapa



### Reclasificación de los criterios

La reclasificación se realizó en base al método AHP, se ordenó de manera ascendente a los criterios dependiendo del valor del vector propio. Posteriormente se le asignó un valor de 1 – 4, donde 1 corresponde a los criterios con el menor valor de vector propio y 4 los que tienen el mayor valor de vector propio. Es decir, los criterios van de condiciones que no incrementan de manera significativa la vulnerabilidad física, hasta los que aumentan las condiciones de vulnerabilidad física.

**Tabla No. 36 Reclasificación de Valores**

<b>Tipo de Vivienda</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Casa	2	1
Departamento	3	2
Media agua	1	3
Choza	4	4

**Tabla No. 37 Reclasificación de Valores**

<b>Material de Construcción</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Hormigón y ladrillo	3	1
Eternit y ladrillo	2	2
Teja y tapial	1	3
Zinc y bloque	4	4

**Tabla No. 38 Reclasificación de Valores**

<b>Procedencia del Agua</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Red Pública (Potable)	2	1
Vertiente de río – acequia	1	2
Pozo	3	3

**Tabla No. 39 Reclasificación de Valores**

<b>Tipo de Servicio Higiénico</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Alcantarillado	1	1
Pozo ciego	2	3

**Tabla No. 40 Reclasificación de Valores**

<b>Luz eléctrica</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Red pública	2	1
No tiene	1	4

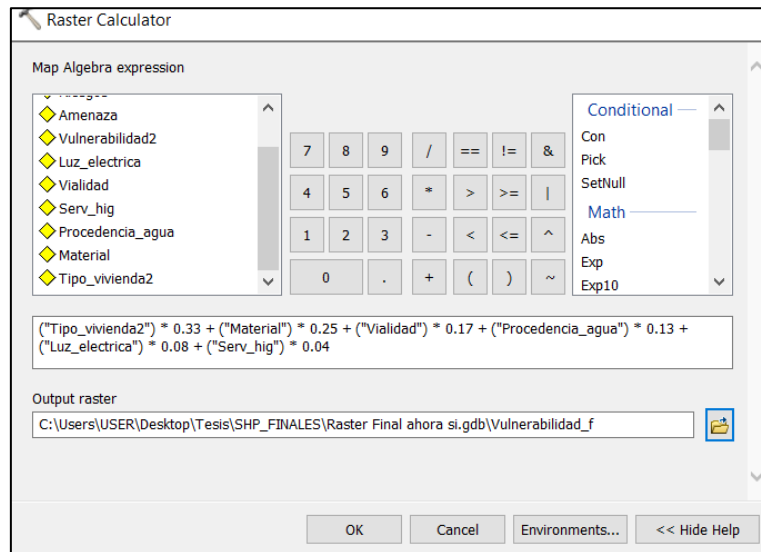
**Tabla No. 41 Reclasificación de Valores**

<b>Vialidad</b>	<b>Old Value</b>	<b>New Value</b>
Camino pavimentado	4	1
Calle	3	2
Camino empedrado	2	3
Camino lastrado	1	4

**Ráster Calculator**

El álgebra de mapas consiste en el análisis de capas ráster, que contiene un conjunto de procedimientos que nos permiten extraer información a partir de cada capa (Olaya, s.f.).

Una vez ponderadas las variables y calculado el vector propio de cada una, mediante el método AHP (ver Matriz AHP 6), seleccionamos la capa (variable) y multiplicamos a cada una por el vector propio. Y, sumamos cada capa, con el objetivo de combinarlas y que el resultado nos permita obtener una mayor combinación de resultados posible.



### **4.3. Clasificación del Nivel de Riesgo**

El riesgo que relaciona con la exposición de poblaciones dispersas a condiciones reiteradas, se denomina riesgo extensivo (ISDR, 2009). El área donde se asienta la población, caracterizada por una amenaza localizada, como son las fallas tanto de Otavalo – El Ángel como de la falla Río Ambi, puede conducir a un impacto acumulativo muy debilitante de los desastres.

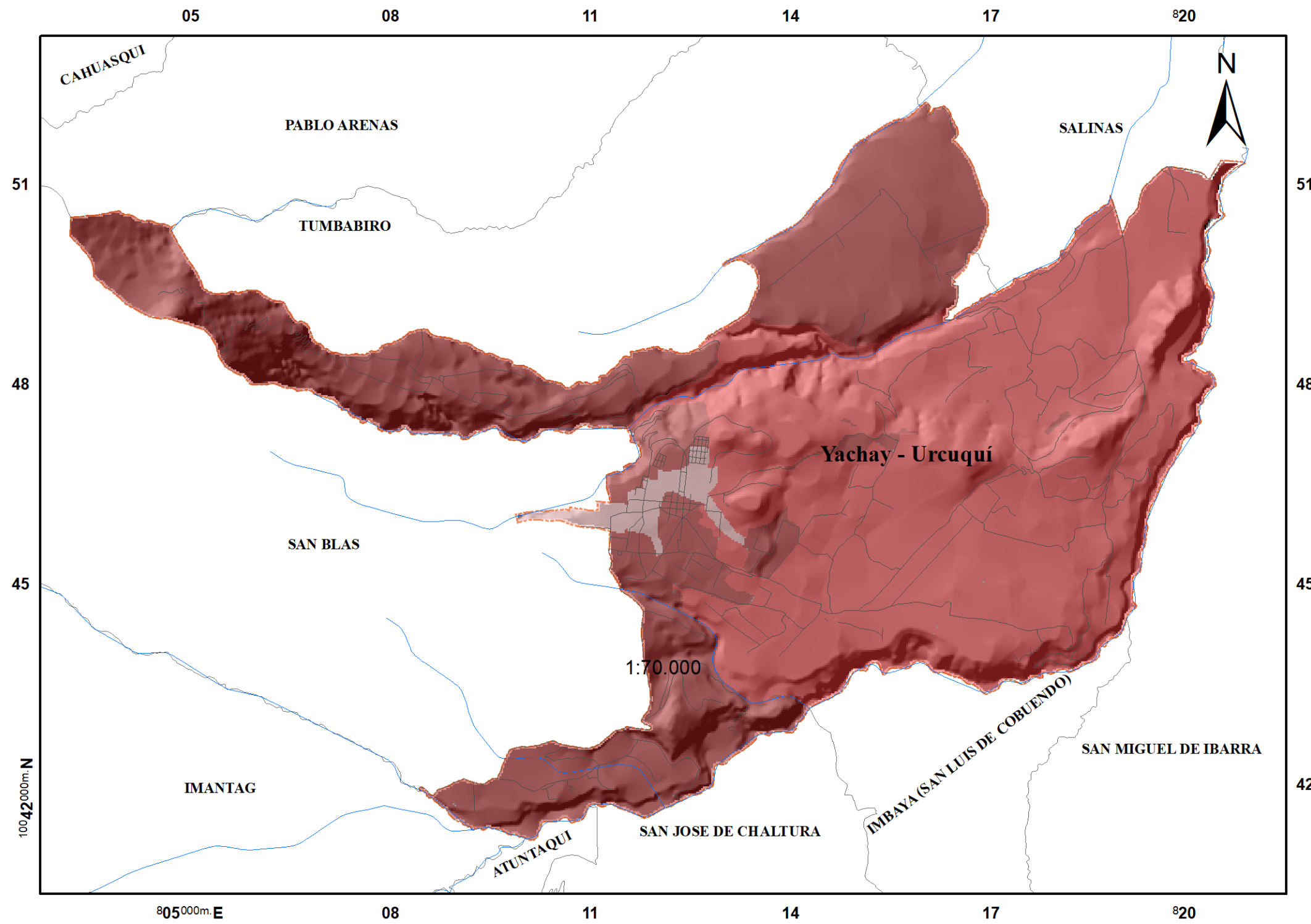
Sin embargo, la prevención y mitigación, permiten planificar actividades con el objetivo de reducir los factores de amenaza y vulnerabilidad ; por tanto, reducir la magnitud de impacto de futuros desastres.

La fase de preparación comprende acciones para eliminar o reducir el riesgo, mediante la eliminación o reducción de la vulnerabilidad. Mientras mayor sea la preparación menor será el impacto producido por el evento adverso (Wilches, 1993). La respuesta de emergencia pretende garantizar condiciones de seguridad y de vida para las poblaciones. Dentro del plan de emergencia, están acciones de evacuación de las personas asentadas en áreas donde el nivel de riesgo es alto y medio.

La gestión de riesgos es una composición de medidas y herramientas dirigidas a la intervención de la amenaza o la vulnerabilidad, con el objetivo de reducir los riesgos existentes. El objetivo de la gestión de riesgos es articular los tipos de intervención, prevención – mitigación, sin olvidar la intervención sobre el desastre.

La gestión de riesgos debe estar dirigida tanto a las fuerzas gubernamentales como no gubernamentales, para enfrentar los desastres en forma preventiva. En este contexto, una política de gestión de riesgos debe contemplar la identidad territorial, articulada a las diversas fuerzas existentes: sociales, políticas, institucionales, públicas, privadas de todos los niveles territoriales (Cardona O. , 2001).

## Parroquia San Miguel de Urcuquí - Yachay: Nivel de Vulnerabilidad Física

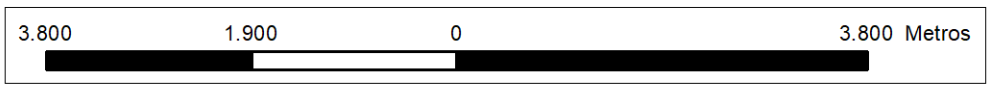
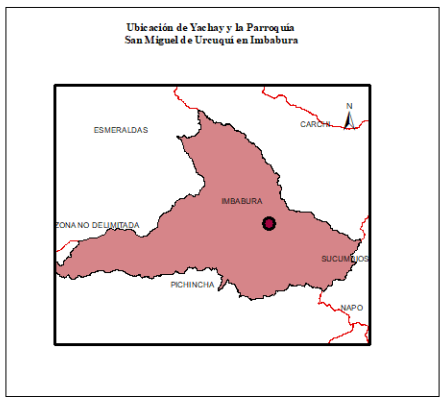


**Legenda**  
**Nivel de Vulnerabilidad**

- Baja
- Media
- Alta

**Simbolos Convencionales**

- Vías
- Río/ Quebrada
- Área de Estudio
- Parroquias



Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas Ingeniería en CCGG y Gestión Ambiental		
<b>Contiene:</b> Límites, cuerpos de agua, vías y nivel de vulnerabilidad de la Parroquia San Miguel de Urcuquí y Yachay		
<b>Elaborado por:</b> Abigail Criollo E.	<b>Revisado por:</b> Msc. Santiago Jaramillo	
<b>Fuente:</b> Yachay E.P/ GAD Urcuquí	<b>Mapa N°:</b> 10	
<b>Datum:</b> WGS84 Zona 17S	<b>Escala:</b> 1:70.000 <b>Formato:</b> A3	<b>Fecha:</b> 02/11/2016

#### 4.4. Mapa de Riesgos

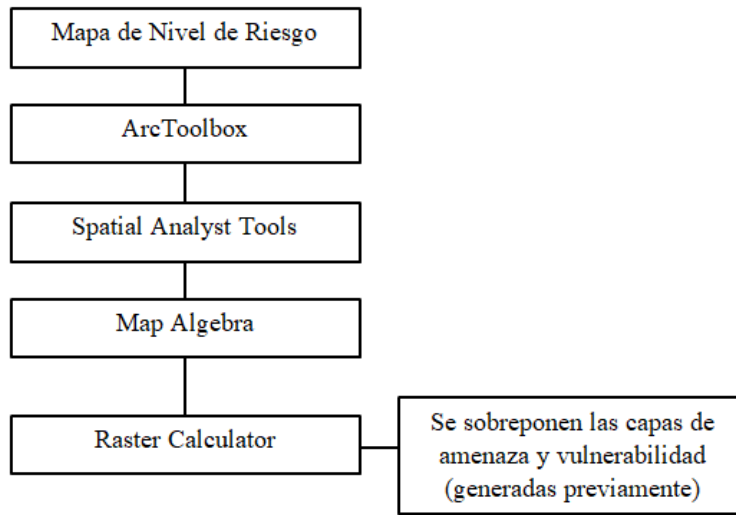
El riesgo puede plasmarse en mapas. Estos mapas pueden ser, probabilísticos o determinísticos, dependiendo de la naturaleza de la amenaza. El mapa de tipo probabilístico representa el grado de riesgo probable, que puede causar un evento de una intensidad definida, sobre un área geográfica, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos expuestos (Cardona O. D., 1993). Estos mapas, como se puede percibir, no sólo son fundamentales para la planificación del territorio, teniendo presente la amenaza, sino que también sirven para reducir la vulnerabilidad a través de los planes de desarrollo (Cardona O. D., 1993).

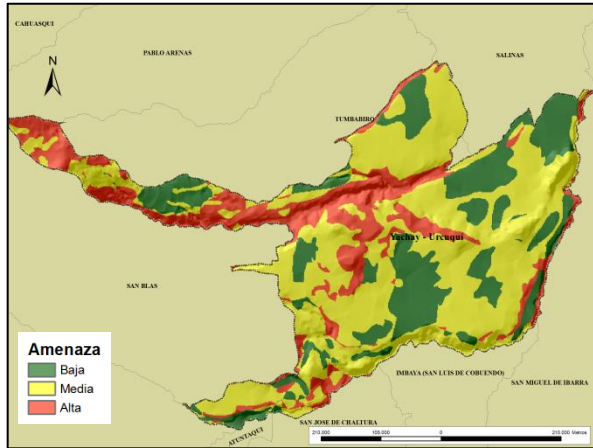
Analizada la amenaza y la vulnerabilidad, en los puntos previos, el riesgo se estima mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{R} = \text{Amenaza} \otimes \text{Vulnerabilidad}$$

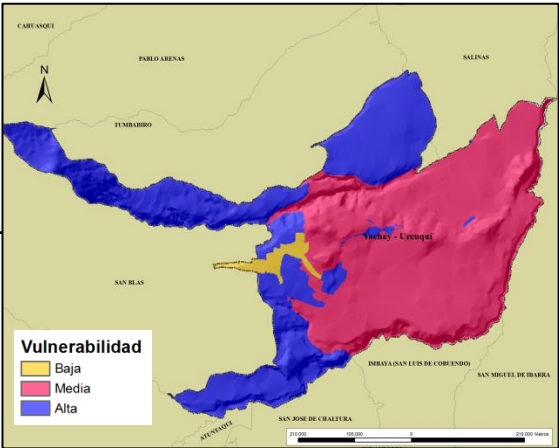
El riesgo es el resultado de la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad. La convolución es un concepto que se refiere al condicionamiento de la amenaza y la vulnerabilidad. No se puede ser vulnerable, si no se está expuesto; y no existe amenaza para un elemento que no es vulnerable a la acción potencial que representa cualquier tipo de amenaza. Es decir, sin amenaza o vulnerabilidad, no existe riesgo (Cardona O. , 2001).

En el área de estudio existen la amenaza y el riesgo, por lo tanto para la representación del nivel de riesgo probable, se utilizó las capas de amenaza y vulnerabilidad, con el objetivo de definir el nivel de riesgo a deslizamientos por eventos sísmicos.





Amenaza



Vulnerabilidad

Raster Calculator

Map Algebra expression

Layers and variables

- Riesgos
- Amenaza
- Vulnerabilidad2
- Luz\_electrica
- Vialidad
- Serv\_hig
- Procedencia\_agua

Conditional

- Con
- Pick
- SetNull
- Math
- Abs
- Exp
- Exp10

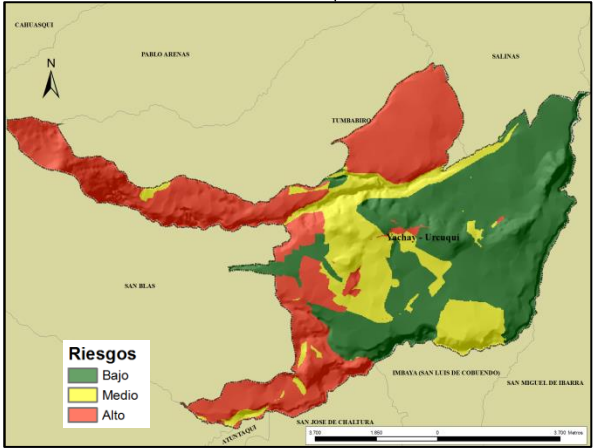
7 8 9 / == != &  
4 5 6 \* > >= |  
1 2 3 - < <= ^  
0 . + ( ) ~

("Amenaza") \* ("Vulnerabilidad2")

Output raster

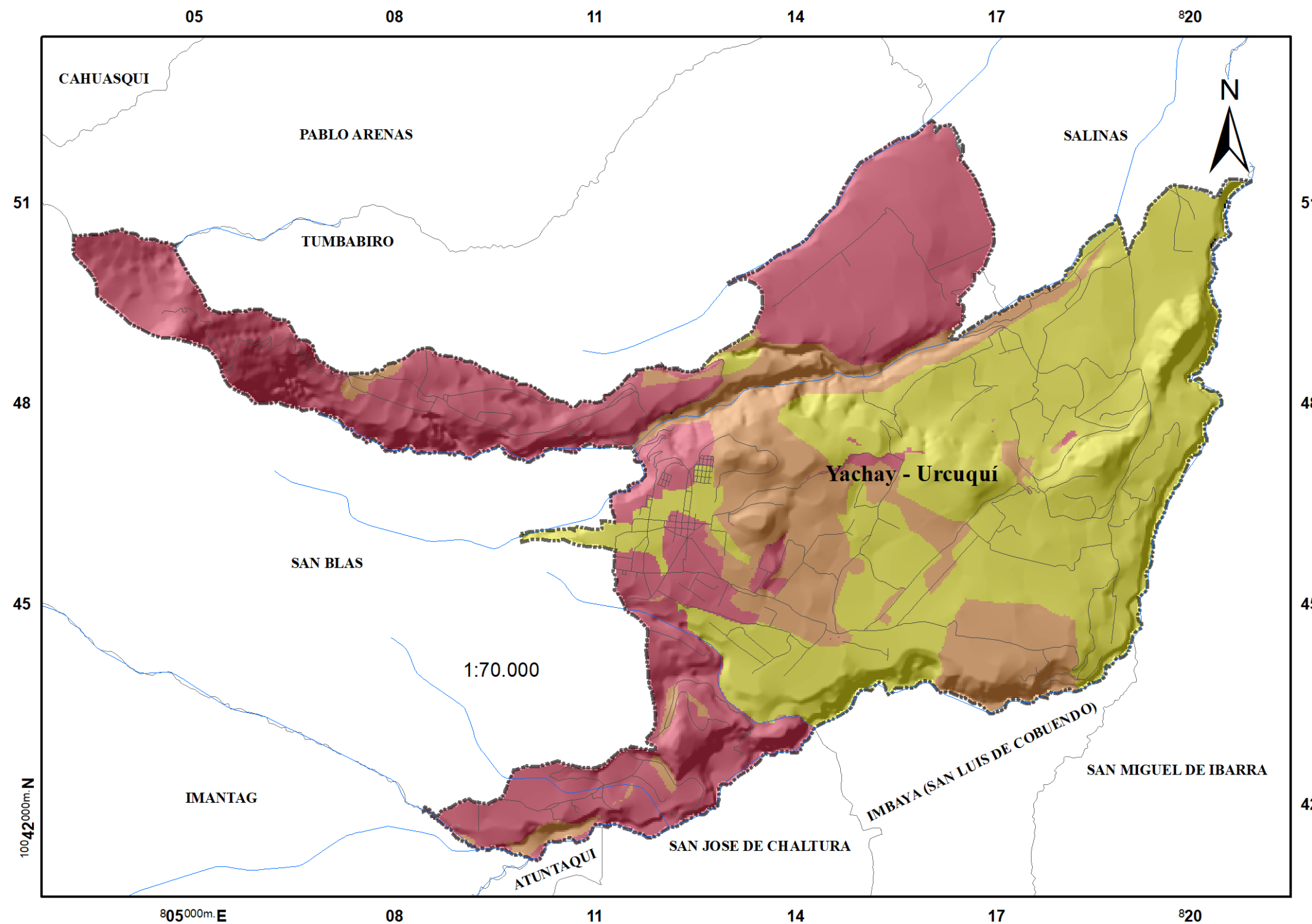
C:\Users\USER\Desktop\Tesis\SHF\_FINALES\Raster Final ahora si.gdb\Vulnerabilidad\_f

OK Cancel Environments... << Hide Help



Riesgo

# Parroquia San Miguel de Urcuquí - Yachay: Nivel de Riesgo por Eventos Sísmicos

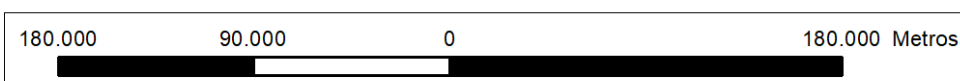
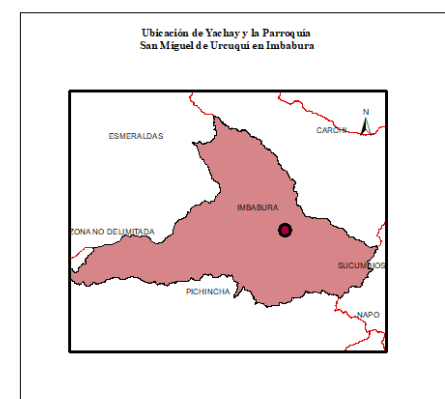


**Leyenda**  
**Nivel de Riesgo**

- Baja
- Media
- Alta

**Simbolos Convencionales**

- Vías
- Río/ Quebrada
- AreaEstudio
- Parroquias



Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas Ingeniería en CCGG y Gestión Ambiental		
Contiene: Límites, cuerpos de agua, vías y nivel de riesgo de la Parroquia San Miguel de Urcuquí y Yachay		
Elaborado por: Abigail Criollo E.	Revisado por: Msc. Santiago Jaramillo	
Fuente: Yachay E.P/ GAD Urcuquí	Mapa N°: 11	
Datum: WGS84 Zona 17S	Escala: 1:70.000 Formato: A3	Fecha: 02/11/2016

## **CAPÍTULO 4**

### **5. Selección de Áreas y Rutas de Evacuación para Implementación de Albergues**

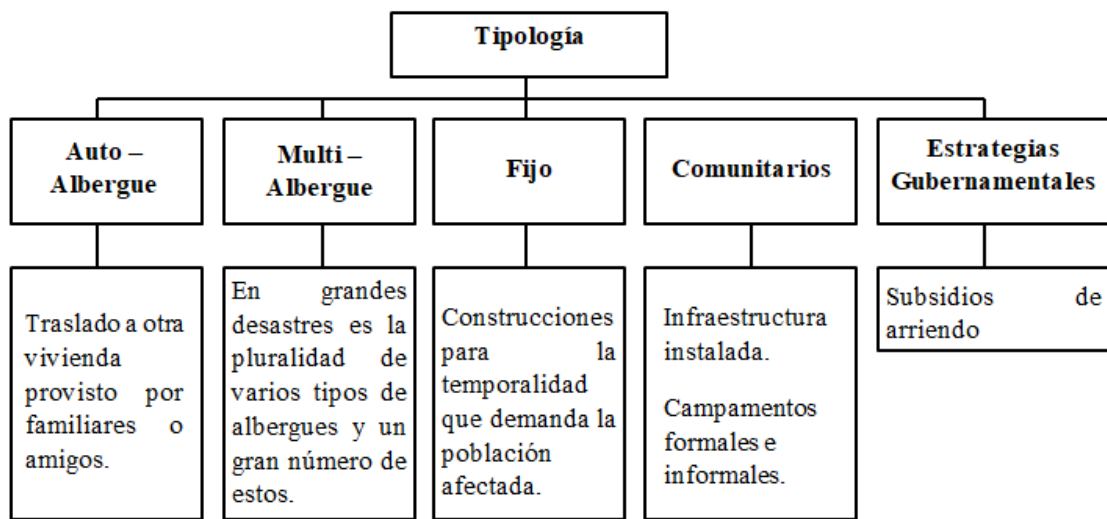
En el Ecuador la entidad responsable de la implementación, organización y administración de los albergues es el Ministerio de Inclusión Económica y Social - MIES. A escala internacional existen normativas importantes para el manejo de albergues, como lo son “El Proyecto Esfera” de la Cruz Roja Internacional; sin embargo el país no cuenta con un verdadero Sistema de Albergues que cumpla con los requerimientos planteados internacionalmente, por lo que todas las instituciones que participan en temas de emergencia deben coordinar sus acciones y unificar los criterios con el MIES, además de generar normas mínimas para el manejo de los albergues y el uso de estándares relacionados con la provisión de insumos como alimentos; equipos y muebles necesarios para la adecuación e instalación de los albergues (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo, 2011).

El capítulo tiene la finalidad de definir y determinar los sitios seguros para albergar a la población en caso de que se presente una emergencia. En el capítulo tres se identificaron las zonas con bajo nivel de riesgo a deslizamiento por eventos sísmicos, lo que ayudará a la selección de zonas seguras (bajo nivel de riesgo).

En la primera etapa de selección, los condicionamientos fueron estructurales (edificaciones y ubicación). En la segunda etapa la selección de albergues está condicionada a la accesibilidad.

## 5.1. Selección de Albergues

Es importante mencionar que dependiendo de complejidad de la emergencia o desastre, además de la capacidad instalada a nivel local, regional y nacional, es esencial considerar las instalaciones o los espacios en los cuales se ubicará la población, tomando en cuenta las condiciones y el número de familias o personas que requieran albergue. En el siguiente cuadro se observa el tipo de albergues en caso de emergencia.



**Fuente:** (Sociedad Nacional de la Cruz Roja Colombiana - Dirección General del Socorro Nacional , 2008).

### 5.1.1. Metodología

Una vez elaborado el mapa de riesgo probable dentro del área de estudio, se procedió a seleccionar los lugares aptos para que funcionen los albergues.

Primero, en el proceso de elección de alternativas, se reclasificó los criterios generados en el mapa de nivel de riesgo mediante procedimiento booleano simple, eliminando las zonas de alto y mediano riesgo, con el objetivo de enfocarse en la búsqueda de lugares aptos para albergues en zonas de bajo nivel de riesgo.

Posteriormente, empleando el SIG se ubicaron las instalaciones que cubrían los requisitos de seguridad para ser usados como albergues. Los condicionamientos para que una instalación sea aceptada como albergue es que sea una infraestructura de cemento armado, que tenga acceso a agua potable, energía eléctrica, recolección de basura, que disponga de áreas comunes, salud, seguridad, transporte público y telecomunicaciones

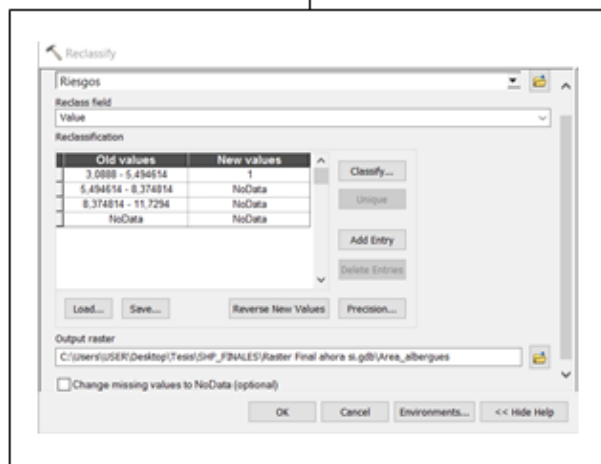
(Sociedad Nacional de la Cruz Roja Colombiana - Dirección General del Socorro Nacional, 2008). Además el número de personas que posiblemente lo llegarán a utilizar, corresponde al menos al 10% de su capacidad (Gaytán, Arroyo, P. E., & Enríquez, 2012).

Al identificar los posibles lugares, también se consideraron posibles condiciones adversas al clima y meteorológicas, previendo que la ubicación de los albergues no se ubique en zonas cuyos valles son estrechos o espacios en los cuales se vean expuestos principalmente a inundaciones, deslizamientos o avalanchas.

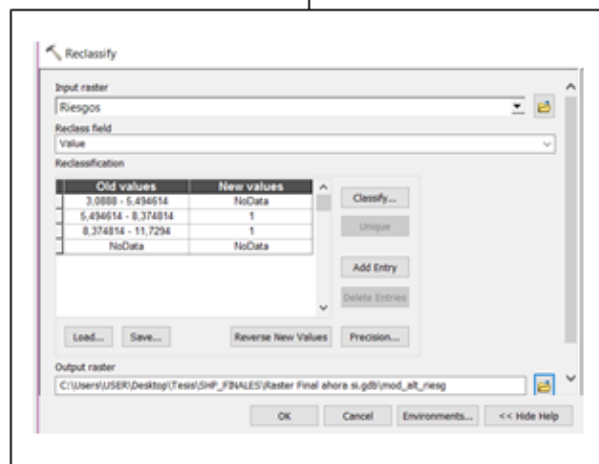
Para los albergues se seleccionaron principalmente escuelas, iglesias, hostales, haciendas y edificios públicos. También se realizó una visita de campo para verificar que las estructuras seleccionadas cumplan con los requisitos definidos.

## Selección de Albergues

## Reclasificación de riesgos



Selecciono el área con menor probabilidad de riesgo para posteriormente seleccionar los albergues.



Selecciono el área con media y alta probabilidad de riesgo para identificar la población a ser evacuada.

Convertimos las capas raster reclasificadas a capas tipo vector.  
**ArcToolbox → Conversion Tools → from Raster → Raster to polygon**

Agrego las capas de:

- Área destinada a la selección de albergues (shp polígono)
- Área de riesgo moderado y alto. Población a ser evacuada (shp polígono)
- Edificaciones (shp puntos)

Genero un clip: **Geoprocessing → Clip**

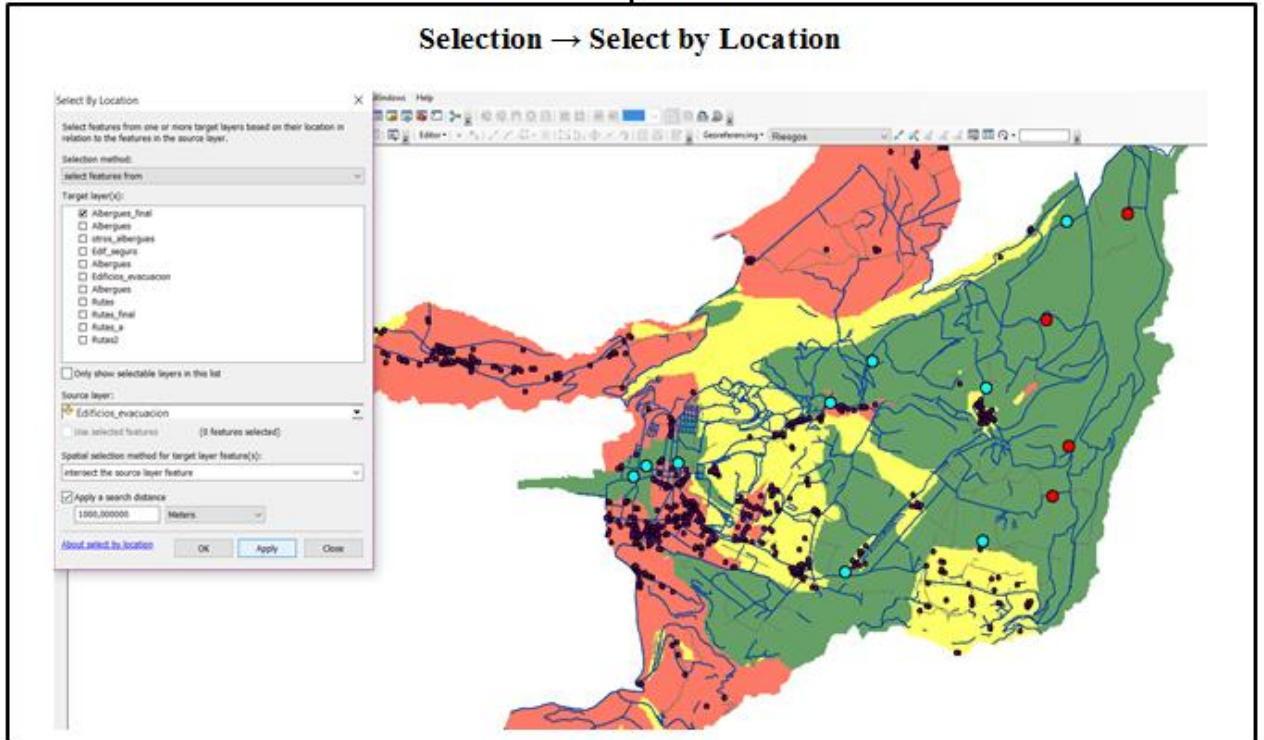
Selección de posibles albergues		Población a ser evacuada	
<b>Input Features:</b>	Edificaciones	<b>Input Features:</b>	Edificaciones
<b>Clip Features:</b>	Area de baja probabilidad de riesgo	<b>Clip Features:</b>	Area de moderada y alta probabilidad de riesgo

→

## Selección de Albergues

Selection → Select by Attributes → Materiales = Hormigón y Ladrillo

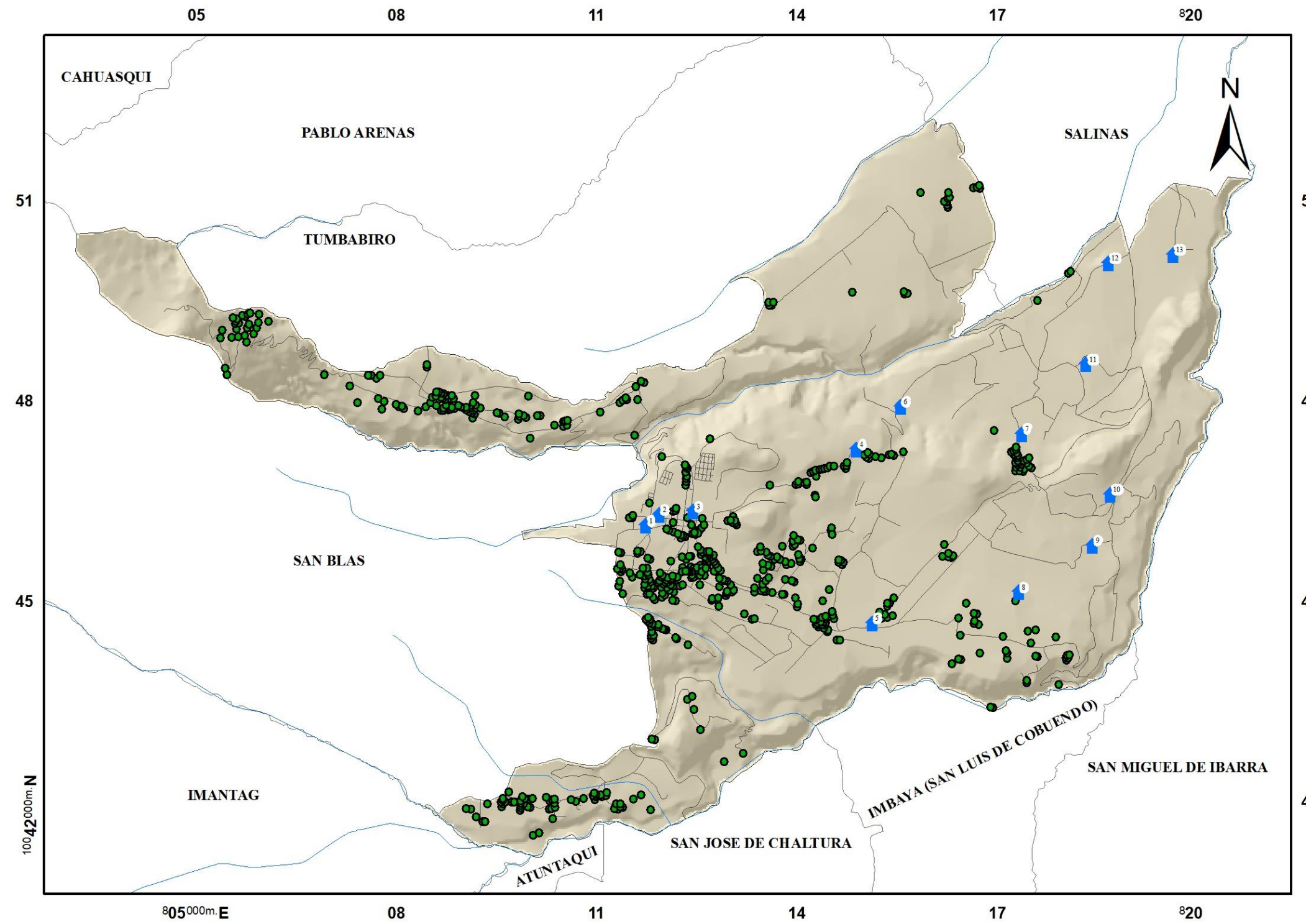
Selection → Select by Location



Apply

Exportamos los albergues seleccionados según los criterios de búsqueda.

# Parroquia San Miguel de Urcuquí - Yachay: Selección de Albergues

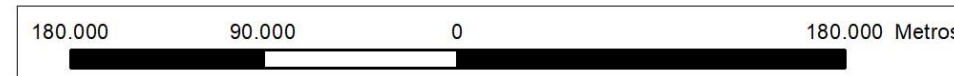
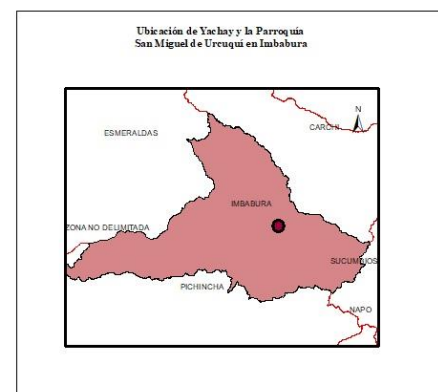


**Leyenda**

- Albergues
- Población a evacuar

**Simbolos Convencionales**

- Vías
- Río/ Quebrada
- Área de Estudio
- Parroquias



Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas Ingeniería en CCGG y Gestión Ambiental		
Contiene: Límites, cuerpos de agua, vías y albergues (selección previa) de la Parroquia San Miguel de Urcuquí y Yachay		
Elaborado por: Abigail Criollo E.	Revisado por: Msc. Santiago Jaramillo	
Fuente: Yachay E.P/ GAD Urcuquí	Mapa N°: 12	
Datum: WGS84 Zona 17S	Escala: 1:70.000 Formato: A3	Fecha: 02/11/2016

### **5.1.2. Análisis e interpretación de resultados**

Existen estándares de calificación para antes y después de un sismo, que permiten describir el rendimiento del plan de evacuación. Dado que el estudio presenta un plan previo al sismo, el criterio que se evalúa consideró el rendimiento de componentes estructurales de acuerdo a estándares predefinidos en términos de:

- Densidad poblacional
- Análisis de conectividad
- Análisis de servicio, en un sentido en el que los albergues deberán ser provistos de insumos

El rendimiento estructural se evaluó usando un análisis cualitativo, dándole mayor importancia a construcciones de cemento armado. Sin embargo para estudios futuros se recomienda un análisis de la infraestructura basado en curvas de fragilidad.

Además del material de construcción, la selección de los albergues se basó en el mapa de riesgos previamente presentado, por lo que están ubicados en áreas de bajo nivel de riesgo. Con ambos parámetros de valoración, se seleccionó a 13 albergues.

Los albergues seleccionados son de tipo comunitario. Los lugares serán utilizados de manera transitoria para el alojamiento de personas afectadas por los efectos de un sismo. Sin embargo el uso de espacios comunitarios en especial de centros educativos, limita la posibilidad de retomar las actividades propias del establecimiento.

Por otro lado, este tipo de instalaciones cuentan con los servicios básicos, áreas comunes amplias, además de acceso a servicios de salud y transporte público.

Los albergues comunitarios permiten agrupar a la población en un solo sitio y su control sobre la distribución de personas. Permite el acceso a condiciones mínimas y dignas. Facilita la implementación y adecuación de servicios básicos, de ser necesario. Al encontrarse en un sitio, facilita la distribución de insumos, por lo que la mayoría de edificaciones seleccionadas corresponden a centros educativos.

Se necesita tener en cuenta el tipo de propiedad (pública o privada) del predio o de las instalaciones para formar el albergue, ya que las propiedades privadas cuando no son del orden comunitario son más difíciles de manejar.

## **5.2. Selección de Rutas de Evacuación**

El análisis geográfico enfocado en la planificación de servicios es uno de los campos que actualmente se utiliza como una herramienta para la localización de equipamientos. Los principales modelos clásicos de localización – asignación contemplan el uso del suelo en el espacio rural y la aparición de la industria, es decir la oferta y la demanda.

Los modelos en los cuales la distancia y los costos de traslado se presentan como principales factores que conducen a distintas configuraciones territoriales, la teoría de la localización examina el problema de la localización de las instalaciones de los servicios. Los modelos permiten evaluar localizaciones para lograr una distribución espacial más eficiente y/o equitativa.

Los modelos de localización – asignación responden a las siguientes características: son modelos matemáticos, ya que se considera un lenguaje apto para captarla realidad; son modelos meso - espaciales, porque los aspectos a resolver se encuentran delimitados en un territorio; son modelos que buscan la mejor solución a un problema determinado (Buzai & Baxendale, 2011).

Para la segunda parte de la selección de albergues, es importante tomar en cuenta la accesibilidad y el tiempo que se invierte en movilizar o que la población se movilice hasta los centros, lo cual permite definir las rutas de evacuación. Las rutas de evacuación se definen para cada par origen- destino, donde los orígenes corresponden a los centroides de la población a evacuar y los destinos a los albergues.

### 5.2.1. Metodología

Para la aplicación de un modelo de localización – asignación, se utilizó el método de cálculo de distancias a través de métricas, donde lo importante del procedimiento constituye la medición de la distancia entre los puntos de demanda (población a ser evacuada) y los puntos de oferta (albergues).

Una red es un conjunto de elementos lineales interconectados, los cuales asumen el flujo de un recurso (datos, personas, etc.). Cuando se hace un análisis de redes, es típico analizar las rutas más cortas entre dos puntos; sin embargo cuando se hace el análisis de la ruta más corta esta considera la longitud más corta entre dos puntos, pero todos los elementos lineales tienen un costo de transporte del recurso y eso puede variar en cada segmento dependiendo de las características del terreno. Por lo que el análisis de la ruta más eficiente, donde se considera el tiempo invertido en transportar el recurso, para hacer un análisis relacionado con la ruta más eficiente es necesario considerar la impedancia (el costo de transporte), es común hacer un análisis de costo de transporte en términos de tiempo (Rodríguez Villalobos, 2007).

La ruta a seguir para evacuar a la población se definió a partir de un análisis de costo – tiempo en un SIG. Con levantamiento de información de campo, se obtuvieron datos de la velocidad promedio en km/h y con el apoyo de información de la red vial de Yachay – Urcuquí se consideró la longitud de los segmentos. Con los datos obtenidos vamos a calcular el tiempo en minutos para llegar al lugar, se utiliza la siguiente ecuación:

$$t \text{ min} = \frac{\text{long (m)}}{\text{vel. (m/min)}}$$

## Crear un Network Dataset

Creamos un Personal Geodatabase "Tesis" → Feature Dataset "vías"

Para la selección de rutas cargamos la capa vías (donde se incluyó la información de la velocidad promedio y la columna shape length que se crea automáticamente) → Table options → Add field "**minutos**"; Tipo: doble → Field calculator: "[Shape\_length]\*0,06/[vel\_km\_h]" → OK

El cálculo realizado dará como resultado el cálculo del tiempo invertido en cada segmento.

### Network Dataset

Personal Geodatabase "Tesis" → Feature Dataset "vías" → click derecho → New → Network Dataset "Vias\_ND" → Seleccionamos el modelamiento de giros que deseamos (al tratarse de la evacuación de la población, no existirá giros prohibidos) "No" → Next → Connectivity Groups (la conectividad se da a partir de los puntos finales del segmento) → Next → Modelamiento de elevación de la red (es útil cuando hay pasos elevados, es decir varias vías pasan por un mismo punto) "None" → Next → Configuración de costo de transporte → Add; Name: longitud; Usage type: cost; Units: minutos; Data type: double → OK → Evaluations.

### Evaluations

Se visualiza las dos direcciones en las que pueden estar los elementos de "vías" → en la columna type seleccionamos field; Value: minutos, ya que el análisis se basará en el tiempo invertido en la evacuación de la población → Next → Configuración para las direcciones (previamente se clasificó las vías según su tipo) → Display length units: metros; Length attribute: longitud; Time attribute: minutos → OK → Next → **Finish**

Se crea el nuevo dataset para realizar el análisis de redes.

## Análisis de Redes

### Abrir y Cargar el proyecto

ArcMap → Add Data → Personal GeoDataset "tesis" → Feature dataset "vias" → Seleccionamos el Network Dataset creado → Add → Cargamos el Network Dataset con todos los elementos que intervienen (vias y nodos que unen las vias) → Yes

## Análisis de Redes

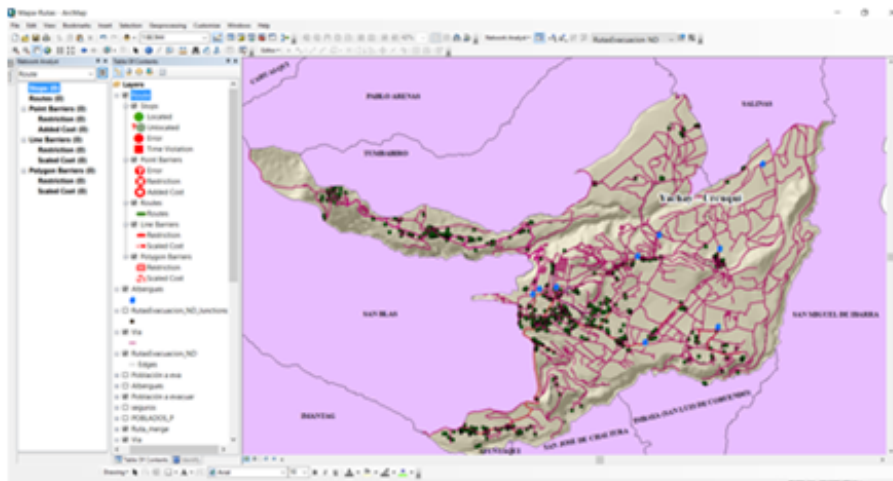
Activamos la extensión  
Customize → Extensions → Network Analyst → Close

Customize → Toolbars → Network Analyst

Activación de herramientas

### Network Analyst

Network Analyst → New Route (configuramos el análisis de redes) → Create Network → Location Tool → Seleccionamos el punto de origen (concentraciones poblacionales "puntos") y el punto de destino (albergues).



Posteriormente se crea un análisis espacial para identificar las rutas según el tiempo invertido. Se crearon 12 rutas de evacuación.

**Rutas de evacuación para la población de la parroquia San Miguel de Urcuquí y Yachay**



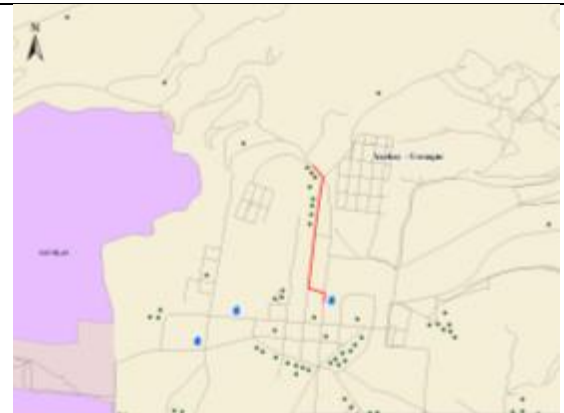
**Ruta N° 1**



**Ruta N° 2**



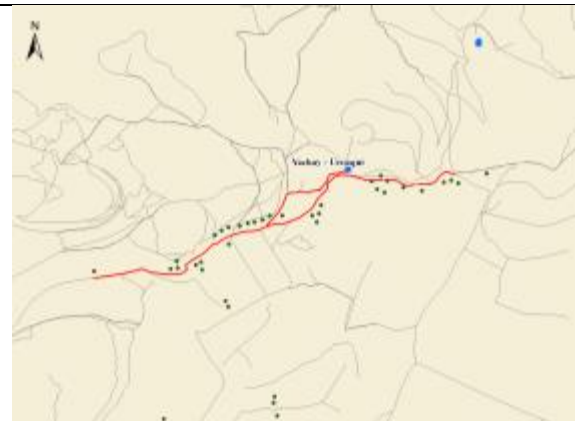
**Ruta N° 3**



**Ruta N° 4**



**Ruta N° 5 - 7**



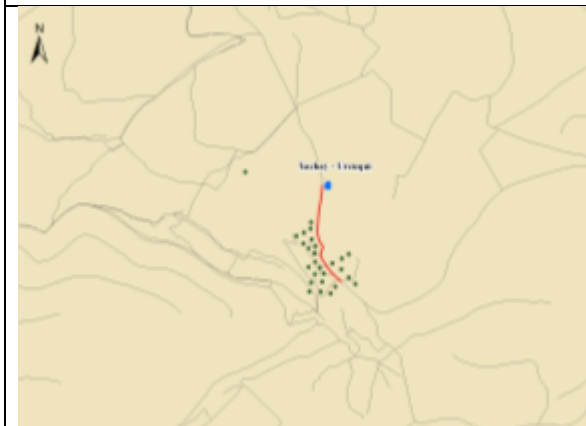
**Ruta N° 8**



**Ruta N° 9**



**Ruta N° 10**

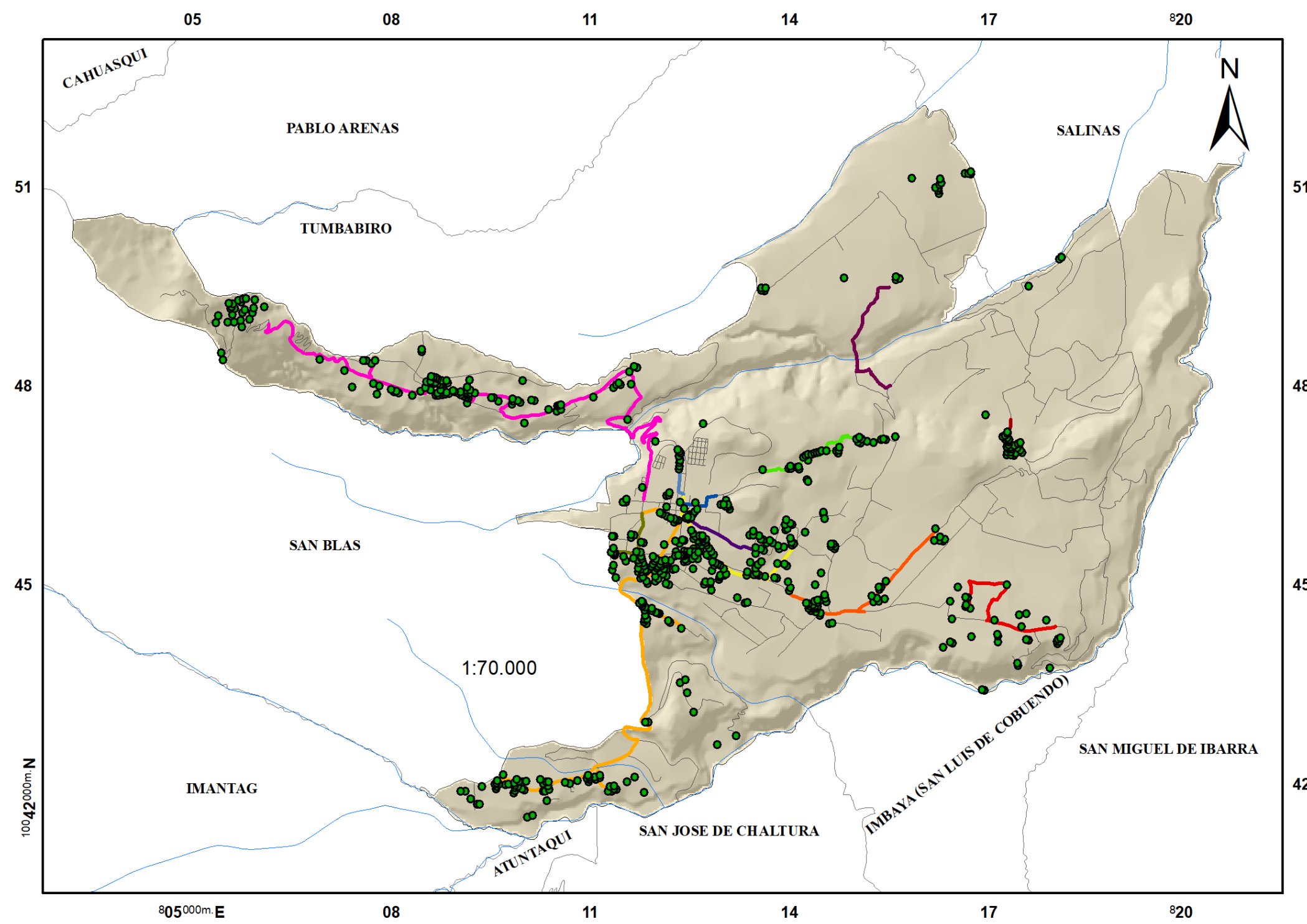


**Ruta N° 11**



**Ruta N° 12**

# Parroquia San Miguel de Urcuquí - Yachay: Selección de Rutas de Evacuación

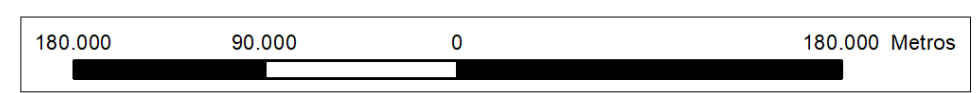
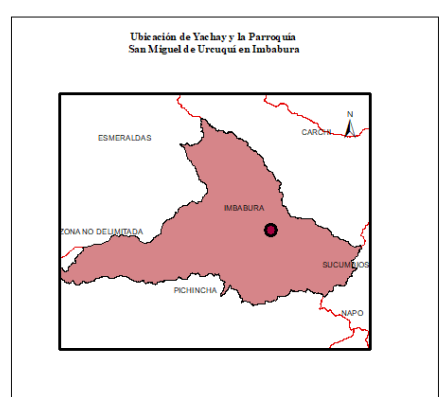


**Leyenda**

- Población a evacuar
- Rutas de Evacuación**
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12

**Simbolos Convencionales**

- Vías
- Río/ Quebrada
- Área de Estudio
- Parroquias



Pontificia Universidad Católica del Ecuador Escuela de Ciencias Geográficas Ingeniería en CCGG y Gestión Ambiental		
Contiene: Límites, cuerpos de agua, vías y rutas de evacuación de la Parroquia San Miguel de Urcuquí y Yachay		
Elaborado por: Abigail Criollo E.	Revisado por: Msc. Santiago Jaramillo	
Fuente: Yachay E.P/ GAD Urcuquí	Mapa N°: 13	
Datum: WGS84 Zona 17S	Escala: 1:70.000 Formato: A3	Fecha: 02/11/2016

### 5.2.2. Análisis e interpretación de resultados

Las vías en la parroquia fueron analizadas según su tipo, por lo que el tiempo de evacuación de las personas dependerá del tipo de vía. Así en vías pavimentadas el tiempo de evacuación se reducirá en comparación a caminos de herradura o de verano.

La parroquia de Urcuquí en su mayoría está ocupada por la ciudad del conocimiento Yachay, sin embargo la situación vial dentro de la parroquia dificultó el análisis de evacuación de la población, debido a que en ciertos casos el acceso a las poblaciones de mayor riesgo no existía. No obstante el análisis de red vial nos permitió definir 12 rutas de evacuación.



**Imagen 1.** Rutas de Evacuación



**Imagen 2.** Rutas de Evacuación

Por otro lado vale mencionar que el servicio y el análisis de conectividad cambia de acuerdo al periodo estudiado. Antes del sismo, la conectividad se definió como la accesibilidad al punto de destino desde el punto de origen. Durante el sismo y en periodo de resiliencia, la conectividad está dada por el acceso entre las instalaciones esenciales y los sitios de origen. En el estudio para la evacuación es importante reducir el bloqueo o flujo de tráfico de las vías a causa de deslizamiento o vías colapsadas. Por lo tanto, un plan de evacuación debe considerar las actividades de rescate y restauración, con base en datos de daño en construcciones y tráfico.

El Network Analyst permite evaluar el grado de servicio de una red vial para un escenario sísmico definido, lo que permitirá desarrollar planes eficientes de respuesta a emergencias y recuperación.

## 6. Propuesta

El objetivo del estudio fue diseñar las bases de un plan de evacuación de la población en caso de emergencia por eventos sísmicos, el cual incluye:

1. La selección de albergues
2. La asignación de individuos a albergues y rutas para su evacuación.

Empleando Sistemas de Información Geográfica se enfocó en dos objetivos: minimizar el tiempo total para la evacuación de las personas y minimizar el costo total de abrir albergues, y de usar las rutas para trasladar a la población.

En el desarrollo de este capítulo se expone como se llevó a cabo la metodología para la obtención del mapa de selección de albergues y rutas de evacuación, así como la descripción de cada uno de los aspectos que permiten la conformación de una Gestión de Riesgos.

Para la obtención de la propuesta se elaboró un mapa, sobre el cual se realizó una superposición de mapas de amenaza a deslizamientos por eventos sísmicos y de vulnerabilidad física. Como resultado se obtuvo el mapa de nivel de riesgo a deslizamientos por eventos sísmicos, dividido en tres niveles de riesgo; Alto, Medio y Bajo.

Se dio valores de 0 y 1 (procedimiento booleano simple) a las zonas de riesgo. Para el área de interés en la selección de albergues, se valoró con 1 a zona con nivel bajo de riesgo.

Posteriormente se seleccionó las edificaciones dentro de las áreas de bajo nivel de riesgo y que cumplían con las características de infraestructura civil para albergar a la población evacuada. Como complemento, se realizó un análisis de red vial para seleccionar los albergues cercanos a la población ubicada en zonas de alto riesgo, con el fin de reducir el costo y tiempo.

## **6.1. Análisis e interpretación de resultados**

Los puntos seleccionados representan opciones con un costo diferente para evacuar a la totalidad de la población afectada, dependiendo del tiempo total para completar la evacuación. Además, las autoridades pueden elegir la opción de menor costo.

A medida que aumenta la población es necesario la selección de más albergues para evacuar a las personas, la dificultad para resolver la selección de albergues, fue principalmente la cercanía de la infraestructura al Río Ambi que es una falla geológica a lo largo del cauce; por lo que en un plan de emergencia es necesario priorizar la evacuación de la población cercana al río.

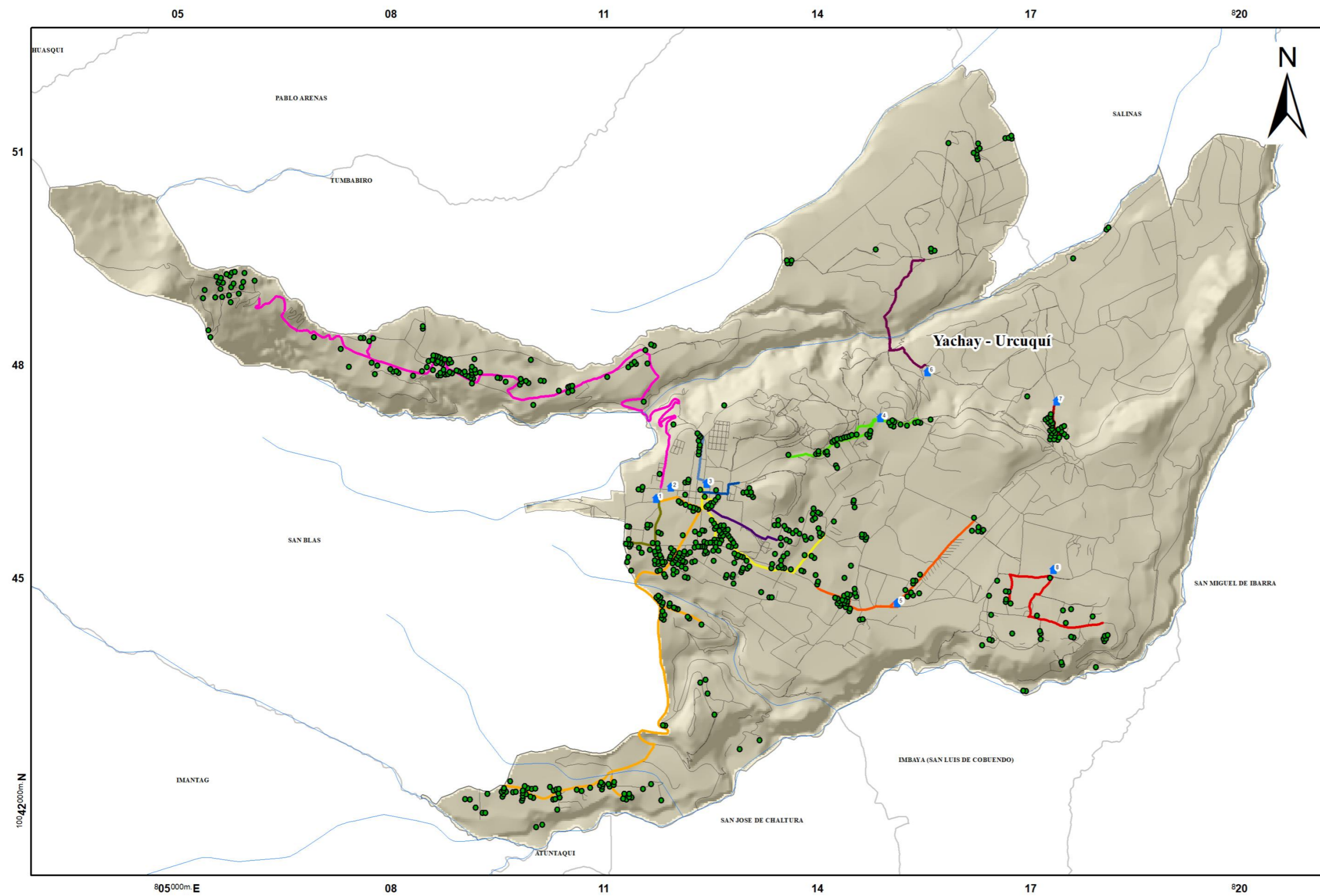
Por otro lado el tipo de vialidad dentro del área de estudio representó un problema, ya que los cálculos arrojaron tiempos de evacuación de 40 a 50 minutos, sumado a una población dispersa.

Varias alternativas pueden resultar aceptables para las entidades responsables de la evacuación de la población en caso de emergencia por eventos sísmicos, se estableció dentro del estudio, el mismo que corresponde a un aspecto de varios, para el diseño de un plan de emergencia; tanto en costos o duración necesarios para completar la evacuación, como en la distribución de la población en los albergues.

La Evaluación Multicriterio proporciona los detalles de cuántos albergues y centros de distribución se deben abrir, dónde ubicarlos, cuáles y cuántos individuos resultan afectados y a dónde hay que trasladar a los damnificados.

Es necesario que el gobierno local en el desarrollo de sus planes de ordenamiento territorial y en sus planes de emergencia, incorporen posibles escenarios que sean útiles para la implementación de los albergues, bien sea de tipo campamento o en infraestructura, atendiendo los tipo y grados de amenaza que se presenten en el territorio.

## Parroquia San Miguel de Urququí - Yachay: Propuesta Selección de Albergues y Rutas de Evacuación



**Leyenda**

- Albergues
- Población a evacuar

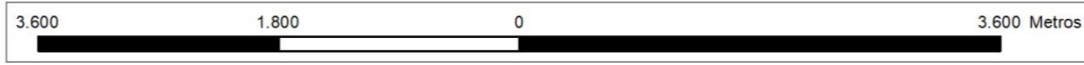
**Rutas de Evacuación**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12

**Simbolos Convencionales**

- Vías
- Río/ Quebrada
- Límites Parroquiales
- Área de Estudio

**Ubicación de Yachay y la Parroquia San Miguel de Urquí en Imbabura**



<b>Pontificia Universidad Católica del Ecuador</b> Escuela de Ciencias Geográficas Ingeniería en CCGG y Gestión Ambiental		
<b>Contiene:</b> Límites, cuerpos de agua, vías, albergues y rutas de evacuación de la Parroquia San Miguel de Urquí y Yachay		
<b>Elaborado por:</b> Abigail Criollo E.	<b>Revisado por:</b> Msc. Santiago Jaramillo	
<b>Fuente:</b> Yachay E.P/ GAD Urquí	<b>Mapa N°:</b> 14	
<b>Datum:</b> WGS84 Zona 17S	<b>Escala:</b> 1:45.000 <b>Formato:</b> A3	<b>Fecha:</b> 02/11/2016

## 5. CONCLUSIONES

- En resumen, el presente estudio determinó las áreas e instalaciones potenciales para ser manejados como albergues en caso de emergencia frente a un evento sísmico, con la utilización de varias capas, como criterio, para apoyar la resolución en la selección de la localización espacial de los albergues. La evaluación multicriterio fue elaborada en un entorno SIG, debido a su capacidad para considerar varios criterios asociados a información del territorio, próxima a la realidad.

Además se seleccionaron rutas para la evacuación de la población, el mismo que consideró factores de orden (tipo de vía) con el fin de calcular el tiempo que se invierte en llegar desde el punto de origen hasta el punto de destino (albergues).

En conclusión los SIG como sistema de apoyo permitieron seleccionar las instalaciones posibles a ser usados como albergues y redujo la selección, evaluando la accesibilidad tanto para el fácil traslado de la población, como para el abastecimiento de insumos (alimentos, medicinas, etc.), en caso de emergencia por eventos sísmicos.

- El análisis de amenazas por eventos sísmicos llevó a la elaboración de un mapa donde se observan los distintos niveles de amenaza: Alta, Media y Baja, tomando en cuenta varios criterios, principalmente la intensidad sísmica, la geología, morfología y edafología. Además se consideró la presencia de la falla Río Ambi. Dentro del análisis se concluyó que una de las principales amenazas son los deslizamientos.

El mapa constituyó un insumo para la elaboración del mapa de riesgos. Además para la elaboración del mapa previamente se realizó una evaluación multicriterio basada en la matriz de Saaty. Asimismo dentro de la elaboración del mapa se seleccionó el procedimiento booleano con el objetivo de seleccionar áreas con aptitud locacional. El procedimiento booleano tiene dos formas de reclasificación, por suma y por multiplicación. En el estudio, se seleccionó el

procedimiento por suma, ya que presentó una mejor distribución del grado de amenaza.

- El análisis de vulnerabilidad física, al igual que en el análisis de amenaza, llevó a la elaboración de un mapa donde se observan los distintos niveles de vulnerabilidad: Alta, Media y Baja. Se tomaron en cuenta criterios principalmente obra civil.

El mapa se elaboró con el objetivo de desarrollar un criterio para la elaboración del mapa de riesgos. Para la elaboración del mapa se realizó una evaluación multicriterio basada en la matriz de Saaty, encontrando el valor del vector propio, importante para ponderar dentro del raster calculator de ArcGis. Dentro de la elaboración del mapa se seleccionó el procedimiento booleano por suma, ya que presentó una mejor distribución del nivel de vulnerabilidad.

- Para la identificación de áreas con bajo nivel de riesgo y la elaboración del mapa de áreas adecuadas para la implementación de albergues, en caso de ocurrencia de un sismo, se elaboró un mapa de riesgos, mediante el cálculo:

$$R = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Debido a que Yachay ocupa la mayor cantidad del área de la parroquia, y al ser una ciudad planificada, y que las edificaciones son construidas con un material sismo resistente, la vulnerabilidad se considera un factor externo, por lo que las áreas con nivel de riesgo bajo aumentan.

En síntesis, con la definición del nivel de riesgo en el territorio analizado, se seleccionaron edificaciones que cumplieran con las condiciones, tanto de infraestructura, como de ubicación, dentro de áreas de bajo nivel de riesgo a deslizamientos por eventos sísmicos.

- Como complemento, se determinaron rutas de evacuación de la población hacia los albergues en caso de alguna emergencia, por eventos sísmicos.

Para el estudio se realizó un análisis de redes, el cual consideró el tiempo que se invierte en la evacuación de la población según el tipo de vías, pese a que la parroquia alberga uno de los más importantes proyectos educativos y de

ordenamiento territorial del país, por lo que la vialidad en la parroquia necesita la mejora y construcción de vías pavimentadas; ya que el tiempo de evacuación de la población más vulnerable lleva alrededor de 40 minutos, esto debido a que la mayor parte de vías son empedradas o caminos de verano. Incluso hay población que ingresa a sus viviendas a través de acequias.

Al respectarse consideró la facilidad de acceso para la selección de albergues, lo que redujo de 13 a 8 la cantidad de edificaciones aptas para el caso.

- Finalmente, la propuesta se basó en un análisis de varios factores que permitan identificar el nivel de riesgo a deslizamientos por eventos sísmicos. De esta manera se pudo aportar con información para un plan de emergencia. Sin embargo es necesario educar a la población en temas de prevención y capacidad de respuesta para reducir el desastre.
- Este estudio podría servir como metodología para la identificación y gestión de riesgos, con variaciones en cuanto al nivel de detalle que viene dado por la escala de la información. Para realizar el estudio se colectó y analizó distintas metodologías, seleccionando las más idóneas de acuerdo a la complejidad y a la información a la que se pudo acceder. También es importante mencionar, que la selección de albergues y rutas de evacuación deben ser actualizadas, de existir mejoras dentro de la infraestructura civil y aumento de la población en la parroquia.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Yachay ciudad del conocimiento. (18 de diciembre de 2013). Recuperado el 19 de abril de 2016, de <http://www.yachay.gob.ec/yachay-promueve-la-inversion/>
- Almeida, L. (2014). *Una Revisión de la Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos de la Provincia de Imbabura*. Quito.
- Baas, S., Ramasamy, S., Dey de Pryck, J., & Battista, F. (2009). *Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres: Una Guía*. Roma: FAO.
- Buzai, G. (2010). Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: Sus Cinco Conceptos Fundamentales. En *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos Conceptuales y Aplicaciones* (pág. Capítulo 7). Buenos Aires.
- Buzai, G., & Baxendale, C. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires: Lugar Editorial S.A.
- Cardona, D. O., Bertoni, J. C., Gibbs, T., Hermelin, M., & Lavell, A. (2010). *Entendimiento y Gestión del Riesgo Asociado a las Amenazas Naturales: Un Enfoque Científico Integral para América Latina y el Caribe*. Río de Janeiro: Offset Rebován.
- Cardona, O. (2001). *Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*. Barcelona.
- Cardona, O. D. (1993). Evaluación De La Amenaza, La Vulnerabilidad Y El Riesgo "Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo. En A. Maskrey, *Los Desastres No Son Naturales* (págs. 45 - 63).
- CEPAL. (s.f.). *Cepal Org*. Recuperado el 05 de marzo de 2017, de El vector de prioridades es una matriz columna que contiene la importancia relativa de los criterios. Los valores contenidos en ella representan el peso que tiene cada criterio o subcriterio en el foco u objetivo general
- CEPREDENAC. (2007). *Glosario Actualizado de Términos en la Perspectiva de la Reducción de Riesgo a Desastres*.
- Diario Regional Independiente. (05 de septiembre de 2014). *El Norte*. Recuperado el 14 de septiembre de 2015, de <http://www.elnorte.ec/ibarra/actualidad/50626-falla-geol%C3%B3gica-tiene-un-pueblo-en-imbabura-entre-el-drama-y-la-pobreza.html>
- Duch Brown , N. (s.f.). *La teoría de la localización*. Barcelona.
- ECUAMBIENTE - Consulting Group. (junio de 2014). *MAE*. Recuperado el 09 de octubre de 2016, de <https://maeimbabura.files.wordpress.com/2014/06/eia-yachay.pdf>
- EIRD. (s.f.). *Terminología: Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres*.

- Escuela Politécnica Nacional Instituto Geofísico. (2005). *Instituto Geofísico*. Recuperado el 28 de marzo de 2015, de <http://www.igepn.edu.ec/informes-sismicos/especiales/especiales-2005-1/237-informe-no-2-actividad-sismicidad-en-urcuqui/file>
- Estacio, J. (2002). *Programa Regional Andino para la Reducción y Mitigación de Riesgos: Plan estratégico para la reducción del riesgo en el territorio ecuatoriano*. Quito.
- Estrucplan. (23 de noviembre de 2006). *Estrucplan Online*. Recuperado el 28 de marzo de 2015, de <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2039>
- GAD Municipal de Urcuquí. (2015). *Plan de Contingencias Interinstitucional*. Urcuquí.
- GAD Municipal San Miguel de Urcuquí. (2011). *GAD Municipal San Miguel de Urcuquí*. Recuperado el 11 de octubre de 2016, de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/IMBABURA/SAN\\_MIGUEL\\_DE\\_URCUQUI/INFORMACION\\_GAD/PDOT%20CANT%20C3%93N%20SAN%20MIGUEL%20DE%20URCUQU%20C3%8D/DOCUMENTOS%20PDOT/\(e\)CAPITULO\\_I/\(e\)%20CAP%20I%20DIAGN%20C3%93STICO%20TERRITORIAL%20S.M](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/SAN_MIGUEL_DE_URCUQUI/INFORMACION_GAD/PDOT%20CANT%20C3%93N%20SAN%20MIGUEL%20DE%20URCUQU%20C3%8D/DOCUMENTOS%20PDOT/(e)CAPITULO_I/(e)%20CAP%20I%20DIAGN%20C3%93STICO%20TERRITORIAL%20S.M)
- GAD Municipal San Miguel de Urcuquí. (s.f.). *GAD Municipal San Miguel de Urcuquí*. Recuperado el 11 de octubre de 2016, de 2011: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/IMBABURA/SAN\\_MIGUEL\\_DE\\_URCUQUI/INFORMACION\\_GAD/PDOT%20CANT%20C3%93N%20SAN%20MIGUEL%20DE%20URCUQU%20C3%8D/DOCUMENTOS%20PDOT/\(e\)CAPITULO\\_I/\(e\)%20CAP%20I%20DIAGN%20C3%93STICO%20TERRITORIAL%20S.M](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/SAN_MIGUEL_DE_URCUQUI/INFORMACION_GAD/PDOT%20CANT%20C3%93N%20SAN%20MIGUEL%20DE%20URCUQU%20C3%8D/DOCUMENTOS%20PDOT/(e)CAPITULO_I/(e)%20CAP%20I%20DIAGN%20C3%93STICO%20TERRITORIAL%20S.M)
- GAD Municipal Urcuquí. (s.f.). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011-2031 del Cantón San Miguel de Urcuquí*. Urcuquí, Imbabura, Ecuador.
- GAD San Miguel de Urcuquí. (2015). *Gobierno Municipal de Urcuquí*. Recuperado el 05 de 10 de 2016, de <http://www.municipiourcuqui.gob.ec/munurcuqui/index.php/2014-08-15-16-40-26/parroquias/urcuqui>
- Gaytán Iniestra, J., Arroyo López, P. E., & Enríquez Colón, R. (2012). Un Modelo Bi-Criterio Para la Ubicación de Albergues, Como Parte de un Plan de Evacuación en Caso de Inundaciones. *Ingeniería Industrial N°2*, 35 - 56.
- Giner, J., & Molina, S. (2001). *Sismicidad y Riesgo Sísmico en la C.A.V*. Alicante, España: Club Universitario.
- IGEPN. (2005). *Informe Sísmico No.2: Actividad Sísmica en Urcuquí*. Quito.
- IGEPN. (15 de agosto de 2013). *Instituto Geofísico*. Recuperado el 18 de abril de 2016, de <http://www.igepn.edu.ec/cayambe/808-el-16-de-agosto-se-recuerda-el-gran-terremoto-de-ibarra>

- INAMHI. (2008 - 2012). Recuperado el 11 de octubre de 2016, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>
- INEC. (2010). *REDATAM*. Recuperado el 05 de 02 de 2016, de <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010&MAIN=WebServerMain.inl>
- Instituto Geofísico del Ecuador. (junio de 2005). *Informe Sísmico N°2, Actividad Sísmica en Urcuquí*.
- ISDR. (2009). *Terminología Sobre Reducción del Riesgo de Desastre*. Ginebra.
- Lizarzaburo, G. (30 de Marzo de 2014). *Andes, Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica*. Recuperado el 14 de septiembre de 2015, de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/yachay-universidad-proyector-formar-elite-cientifica-ecuador-abre-sus-puertas.html>
- MAGAP. (2003). *Pendientes de la Sierra*. Quito, Pichincha.
- MAGAP. (2003). *Taxonomía Sierra*. Quito, Pichincha.
- Olaya, V. (s.f.). *Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado el 30 de octubre de 2016, de [http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Algebra\\_de\\_mapas.html](http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Algebra_de_mapas.html)
- Ortiz, G. (04 de 11 de 2008). *gabrielortiz.com*. Recuperado el 10 de abril de 2015, de [http://foro.gabrielortiz.com/index.asp?Topic\\_ID=23050](http://foro.gabrielortiz.com/index.asp?Topic_ID=23050)
- OSSO. (s.f.). Recuperado el 2015, de <http://www.osso.org.co/docu/tesis/2003/evaluacion/sismologia.pdf>
- Pourrut, P., Róvere, O., Romo, I., & Villacrés, H. (s.f.). Clima del Ecuador. En *El Agua en el Ecuador* (págs. 13 - 26).
- Rodriguez Villalobos, A. (2007). *Integración de un SIG con Modelos de Cálculo y Optimización de Rutas de Vehículos CVRP y Software de Gestión de Flotas*. Madrid.
- Rubiano, D., & Ramírez, F. (2009). *Incorporando La Gestión Del Riesgo De Desastres En La Planificación*. Lima, Perú.
- Savage, W. (1975). *Earthquake Probability Models: Recurrence Curves, Aftershocks and Clusters*. Nevada.
- Secretaría de Gestión de Riesgo. (2014). *Agenda Sectorial de Gestión de Riesgos*. Quito: El Telegrafo.
- Secretaria Nacional de Gestión de Riesgo. (2011). *Normativa para Aplicación de Estándares de Ayuda Humanitaria en Emergencia para Alimentos, Cocina, Hogar y Limpieza*. Quito.

- Secretaría Técnica de Gestión de Riesgo. (s.f.). *Guía Para la Incorporación de la Variable Riesgo en la Gestión Integral de Nuevos Proyectos de Infraestructura*. Quito.
- SENPLADES. (2011). *Identificación de la sede para la Ciudad del Conocimiento*. Técnico, SENPLADES.
- SENPLADES. (2013). *SNI*. Recuperado el 10 de octubre de 2016, de <http://sni.gob.ec/proyecciones-y-estudios-demograficos>
- Sociedad Nacional de la Cruz Roja Colombiana - Dirección General del Socorro Nacional . (2008). *Manual Nacional para el Manejo de Albergues Temporales*.
- Toskano, G. (s.f.). *Repositorio - UNMSM*. Recuperado el 28 de octubre de 2016, de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano\\_hg/cap3.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.pdf)
- Trujillo, G. (1998). *Los Suelos de la Sierra del Ecuador*.
- Wilches, G. (1993). La Vulnerabilidad Global. En A. Maskrey, *Los Desastres No Son Naturales* (págs. 11 - 41). La Red.
- Yachay EP. (11 de junio de 2014). *Yachay Ciudad del Conocimiento*. Recuperado el 21 de abril de 2016, de <http://www.yachay.gob.ec/una-oportunidad-para-las-comunidades-de-yachay/>
- Yachay EP. (2014). *Yachay, Ciudad del Conocimiento*. Recuperado el 02 de 05 de 2016, de <http://www.yachay.gob.ec/planificacion-urbana/>
- Yachay EP. (julio de 2013). *Yachay*. Obtenido de <http://www.yachay.gob.ec/planificacion-urbana/>
- Yachay EP. (s.f.). *Yachay*. Recuperado el 09 de octubre de 2016, de <http://ciudadyachay.com/index.php/ciudad-del-conocimiento-yachay/que-es-yachay/ubicacion-geografica>

