



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD Y PELIGROSIDAD POR  
DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, EN LAS MICROCUENCAS  
YANTZAZA Y PITÁ, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA (SIG)”.

Tesis de grado previa a la obtención  
del título de ingeniero en Manejo y  
Conservación del Medio Ambiente.

#### **AUTOR.**

Ariel Fernando Becerra Merino

#### **DIRECTOR:**

Ing. Osmani Eduardo López Celi Mg. Sc.

**ZAMORA – ECUADOR**

**2016**

## CERTIFICACIÓN

**Ing. Osmani Eduardo López Celi. Mg. Sc.**

**DOCENTE DE LA MODALIDAD DE ESTUDIOS PRESENCIAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTIGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.**

### CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD Y PELIGROSIDAD POR DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, EN LAS MICROCUENCAS YANTZAZA Y PITÁ, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”**, desarrollado por el señor Ariel Fernando Becerra Merino, ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Zamora, 27 de Abril de 2016

Atentamente

**Ing. Osmani Eduardo López Celi. Mg. Sc**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

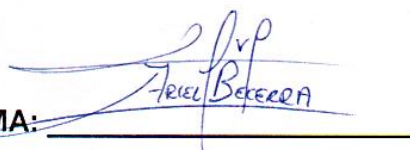
## AUTORÍA

Yo Ariel Fernando Becerra Merino, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**AUTOR: Ariel Fernando Becerra Merino.**

**FIRMA:**



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ariel Becerra', is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes some additional markings above it.

**CÉDULA: 1900709633**

**FECHA: Loja, Junio de 2016**

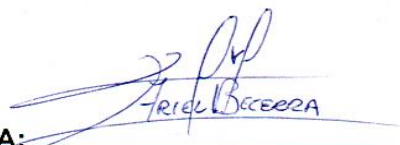
**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

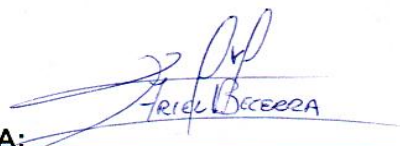
Yo, ARIEL FERNANDO BECERRA MERINO, declaro ser autor de la Tesis titulada **“ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD Y PELIGROSIDAD POR DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, EN LAS MICROCUENCAS YANTZAZA Y PITÁ, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”**., como requisito para optar por el grado de: INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de Junio del dos mil diez y seis, firma el autor:



**FIRMA:**   
**AUTÓR:** Ariel Fernando Becerra Merino.

**CÉDULA:** 1900709633

**DIRECCIÓN:** Yantzaza, Barrio La Delicia, Calles Machinatza y Cóndor Mirador.

**CORREO ELECTRÓNICO:** arfebeme@hotmail.com

**TELÉFONO:** 072300311    **CELULAR:** 0989924954

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**DIRECTOR DE TESIS:** Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg. Sc.

**TRIBUNAL DE GRADO**

**Ing. Galo Enrique Ramos, Mg. Sc.**

**(Presidente)**

**Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña., Mg.Sc.**

**(Vocal)**

**Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg.Sc.**

**(Vocal)**

## DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedicar este trabajo a mi señora madre, María Merino, la cual a través de todo el esfuerzo que ha realizado desde que tengo uso de razón, lo ha sabido sobrellevar de una manera correcta, dándome una gran motivación para llegar a donde estoy.

También se lo dedico a mi señor padre Telmo Becerra que en paz descanse, el cual estaría muy satisfecho de poder graduarme, a mis hermanos Roger Becerra, Paul Becerra, mi sobrinito Bryan Becerra los cuales quiero y aprecio mucho y a mi tío Marco Merino que siempre estuvo atrás diciéndome que siga estudiando.

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios, por permitirme poder llegar a donde estoy, por darme salud, familia y sabiduría, para sobrellevar todo lo que eh enfrentado a lo largo del camino que es la vida.

A su vez quiero agradecer a todas las personas que fueron mis profesores, a lo largo de la universidad, en especial al Ing. Osmani López por enseñar conocimientos que nos van a servir para toda la vida profesional, la Ing. María Luisa Díaz la cual a través de la práctica hizo más claro lo que se impartía en clases y también por haber sido mi tutora de tesis y que lastimosamente haya tenido que salir, sucediéndola como tutor el Ing. Osmani López, el Lic. Hitalo Pucha por haberme generado el interés por mi tema de tesis, al momento de haber recibido clases con su persona y fin a todos mis profesores de la Universidad.

Agradecer a mi madre por todo la ayuda brindada a lo largo del camino, la cual me enseñó tanto como son los valores y la educación que una persona debe tener.

A mis hermanos Roger y Paul, a mi sobrino Brayan y mi tío Marco Merino muchísimas gracias.

## **1. TITULO**

“ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD Y PELIGROSIDAD POR DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, EN LAS MICROCUENCAS YANTZAZA Y PITÁ, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”

## 2. RESUMEN

Este documento presenta la investigación desarrollada en la zona occidental de la ciudad de Yantzaza, que comprende dos microcuencas (Yantzaza y Pitá), mismas que abastecen de agua a la ciudad de Yantzaza, donde se analizó el nivel de susceptibilidad que existe por deslizamientos de tierra.

Para el análisis realizado se ocupó cuatro variables: pendiente, geología, precipitación y cobertura vegetal, las cuales a través de una superposición ponderada (Weighted Overlay, herramienta del SIG), se generó un mapa de susceptibilidad provisional, al cual se sobrepuso un mapa corrector (densidad de deslizamientos), generado a partir de un inventario de deslizamientos realizado en la zona. La superposición de estos dos mapas, muestra que un 60.07% de la superficie en estudio presenta condiciones de susceptibilidad por deslizamientos de tierra, encontrándose niveles de medio a alto.

El cruce de estos dos mapas dio origen a un mapa final de susceptibilidad, donde hallamos zonas que son amenazadas por eventualidades de este tipo encontrándose vías, captaciones de agua, plantas de tratamiento e infraestructura urbana.

La variable más influyente para la elaboración del mapa de susceptibilidad por factores es la cobertura vegetal con un 44% de atribución; todo esto se debe a que los pastizales que cubren el 43.76% no ofrecen un enraizado profundo al suelo, ubicándose aquí el 67.88% del total de deslizamientos inventariados. Y por último a través de una encuesta realizada los habitantes de la zona, estas no se encuentran preparadas para enfrentar este tipo de eventos en caso de sucederse.



## 2.1. SUMMARY

This document presents the research developed in the western part of the city of Yantzaza, comprising two watersheds (Yantzaza and Pitá), same that supply water to the city of Yantzaza, where the level of susceptibility that exists for landslides is analyzed.

For the analysis, four variables were held: slope, geology, precipitation and vegetation cover, which through a weighted overlay (Weighted Overlay, tool GIS), generated a map of provisional susceptibility, to which is overlay a corrector map (density of landslides), generated from a landslide inventory conducted in the area. Overlaying these two maps shows that 60.07% of the area under study presents conditions for landslides susceptibility, being medium to high levels.

The crossing of these two maps gave a final susceptibility map, where we find areas that are threatened by such eventualities finding roads, water catchments, treatment plants and urban infrastructure.

The most influential variable for the map of susceptibility of factors is vegetation cover with 44% of attribution; this is because grasslands covering 43.76% do not offer a deep rooted to the ground, being located here 67.88% of all inventoried landslides. And finally through inquest to the habitants of the area, these are not prepared to face such events in case of succession.

### 3. INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de tierra son eventos que constituyen una de las principales amenazas para el territorio ecuatoriano, son limitados en área pero con un nivel de frecuencia elevada, causando una gran cantidad de pérdidas materiales y destruyendo todo lo que este a su paso ya sea viviendas, carreteras, instalaciones, en si toda la infraestructura que es amenazada por este tipo de eventos.

La zona occidental de la ciudad de Yantzaza se caracteriza por albergar 2 microcuencas, (Yantzaza y Pitá) las cuales dotan de agua a las plantas de captación de agua potable para la ciudad de Yantzaza, estas captaciones muy a menudo son inhabilitadas por grandes descargas de tierra y lodo que se producen aguas arriba de las captaciones.

Todo esto se debe a la influencia del crecimiento urbano que no ha sido planificado, las características geológicas, topografía del lugar y a su vez las extensiones de pastizales que encontramos, generados por actividades antrópicas a lo largo de los años desde la llegada de sus primeros pobladores a estas áreas. Estas zonas de pastizales son donde más a menudo se encuentran grandes cantidades de deslizamientos porque el enraizado de los pastos no es muy fuerte, provocando eventualidades de este tipo.

La presencia continua de precipitaciones, genera grandes deslizamientos los cuales en algunos casos obstruyen vías, y represan quebradas, provocando como hace 17 años el colapso de los tanques de captación dejando sin el líquido

vital a la ciudad de Yantzaza por varios días, además de que se dinamitó el puente a la altura de la calle Zamora debido a un taponamiento en el mismo.

Esta investigación se la realizó con la finalidad de estimar la susceptibilidad del terreno por deslizamientos de tierra a través del uso de Sistemas de Información Geográfica; con esto a su vez se genera información que aporte al ordenamiento del territorio y crecimiento cuidadoso de la ciudad sobre zonas de riesgo.

Es importante mencionar que esta investigación se la hizo en base a los siguientes objetivos:

### **OBJETIVO GENERAL**

- Analizar la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG)”

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Analizar y generar las variables que influyen en la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos en las microcuencas que abastecen de agua a la ciudad de Yantzaza.
2. Analizar la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos del área de estudio, utilizando Sistemas de Información Geográfica.
3. Analizar y generar un mapa de peligrosidad por susceptibilidad y deslizamientos a la que está expuesta la infraestructura, en el área de estudio.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Marco conceptual

#### 4.1.1 Características de las microcuencas.

El presente capítulo aborda, temas como son la conceptualización de la microcuenca hidrográfica, hidrografía, topografía, que son contenidos involucrados en esta investigación, además se hace un pequeño resumen de temas como pendiente de la zona de estudio, características de la geología del cantón Yantzaza, y cómo influye la precipitación y cobertura vegetal en un deslizamiento.

##### ***4.1.1.1 La microcuenca hidrográfica.***

Si bien el significado de cuenca hidrográfica es de conocimiento público, es importante remarcar la necesidad de considerar la microcuenca bajo un enfoque social, económico y operativo, además del enfoque territorial e hidrológico tradicionalmente utilizado. De esta manera, la microcuenca se define como una pequeña unidad geográfica donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación. Desde el punto de vista operativo, la microcuenca posee un área que puede ser planificada mediante la utilización de recursos locales y un número de familias que puede ser tratado como un núcleo social que comparte intereses comunes (agua, servicios básicos, Infraestructura, organización, entre otros.) Food and Agriculture Organization (FOD, 2015, p.67.).

#### **4.1.1.2 Hidrografía.**

“Rama de la ciencia aplicada que tiene por objeto la medición y descripción de las características físicas de la porción navegable de la superficie de la tierra y áreas costeras adyacentes, esencialmente, con vista a facilitar la navegación”. (OHI, 1996, p.87.).

#### **4.1.1.3 Topografía.**

“Configuración de la superficie de la tierra incluyendo su relieve, la posición de sus cursos de agua, caminos, ciudades, etc. Las características naturales y físicas de la tierra en su conjunto”. (OHI, 1996, p.279).

##### **4.1.1.3.1 Elevaciones.**

Representa los distintos niveles de elevación del terreno en base a la altura del nivel del mar, se lo representa en nueve clases con el fin de observar el detalle de las elevaciones presentes en el cantón. A estas elevaciones se procedió a crear los pisos altitudinales, utilizando los rangos conforme a la zonificación ecológica del Ministerio del Ambiente (MAE), para la vertiente amazónica, hecha en Septiembre del 2010. (GAD-YANTZAZA, 2015, p.3.).

**Tabla 1.** *Zonificación ecológica del MAE.*

ELEVACIÓN	RANGO
<b>PREMONTANO</b>	700 – 1500
<b>MONTANO BAJO</b>	1500 – 1900
<b>MONTANO</b>	1900 – 2800
<b>MONTANO ALTO</b>	2800 – 3600

**Fuente:** *(Ministerio del ambiente, 2010, p.19.).*

#### 4.1.1.3.2 Pendientes.

“Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal, está expresado en porcentaje” (GAD-YANTZAZA, 2015, p.5).

**Tabla 2.** Rangos de pendientes.

PENDIENTE		
GRADOS	PORCENTAJE	CLASE
0-8	0-15	Baja
8-16	15-30	Moderada
16-27	30-50	Fuerte
27-45	50-100	Muy Fuerte
>45	>100	Extremadamente Fuerte

**Fuente:** (Suárez, 1998, p.360.).

#### 4.1.1.3.3 Geología.

La geología se refiere a los tipos de rocas existentes y es importante porque se estima la estabilidad de un terreno en función de sus características geológicas. La geología es un factor determinante en la ocurrencia de deslizamientos de tierra, pues afecta la infiltración y los flujos de agua subterránea y define la forma y tiempos de saturación y de ascenso de los niveles freáticos. (González y Guillen, 2010, p. 33.).

Cuando un talud está formado por varios tipos de roca, el comportamiento geotécnico del conjunto es diferente al de cada material por separado. Deben estudiarse las propiedades de cada tipo de roca, las características de sus discontinuidades y a su vez la interacción de las propiedades y discontinuidades dentro del conjunto. (Suarez, 1998, p.151.).

- **Rocas Ígneas intrusivas.**

Las rocas Ígneas intrusivas son el producto del enfriamiento del Magma, antes de aflorar este a la superficie. Las rocas ígneas forman el 98% del volumen de la corteza terrestre, aunque en superficie son más comunes las rocas sedimentarias y en menor proporción las ígneas y metamórficas. Las rocas ígneas intrusivas poseen generalmente, una microestructura desordenada e isotrópica con uniones muy fuertes entre los cristales, en su estado intacto. Generalmente, son rocas muy duras y densas, y en su estado natural inalterado poseen una resistencia al cortante muy alta, sin embargo, al fracturarse y meteorizarse pueden ser blandas y débiles. El comportamiento de las rocas ígneas sanas o no meteorizadas en los taludes es controlado por su estructura, conformada por las juntas o diaclasas, fallas y zonas de corte, las cuales actúan como superficies de debilidad. Las principales rocas ígneas intrusivas son el granito, la diorita, la dolerita, y el gabro. (Suarez, 1998, p.152.).

- **Granito.**

“El Granito es una roca ígnea ácida de grano grueso, compuesto principalmente por cuarzo, feldespatos y algo de mica con algunos otros componentes secundarios” (Suarez, 1998, p.152).

- **Diorita.**

La Diorita es una roca ígnea intermedia de grano grueso compuesta principalmente, de feldespatos, plagioclasa, así como hornblenda, que es un material ferromagnesiano de color verde. El contenido del cuarzo puede llegar hasta el 10%. La roca tiene un color que varía de blanco verdoso a verde,

dependiendo del contenido de Hornblenda. La granodiorita es una roca intermedia entre el granito y la diorita y su textura es generalmente gruesas. La diorita se encuentra en masas más pequeñas que los granitos, y frecuentemente forma modificaciones locales a granodiorita, tonalita e inclusiones de granito (Suarez, 1998, p.153.).

- **Acidez de las rocas ígneas.**

La acidez es una de las características de las rocas ígneas que más afecta su comportamiento, especialmente por su efecto sobre la meteorización. Las rocas ígneas ácidas son aquellas que poseen un alto contenido de cuarzo y las básicas son las que contienen poco o ningún cuarzo (Tabla 3); este se meteoriza con mayor dificultad que los Feldespatos y forma suelos más granulares. El contenido de cuarzo se reconoce como acidez (Suarez, 1998, p.155.).

**Tabla 3.** *Acidez de las rocas ígneas.*

Modo de ocurrencia	Ácida >66% SiO <sub>2</sub>	Intermedia 52-66% SiO <sub>2</sub>	Básica < 52% SiO <sub>2</sub>
<b>Extrusiva volcánica</b>	Riolita	Andesita	Basalto
<b>Diques e intrusiones menores</b>	Cuarzo Porfirita	Porfirita	Dolerita
<b>Intrusiones mayores Plutónicas</b>	Granito	Diorita	Gabro

**Fuente:** (Suárez, 1998, p.155.).

- **Rocas Sedimentarias.**

Las rocas Sedimentarias están formadas por la sedimentación y cementación de partículas de arcilla, arena, grava o cantos. Sus características de estabilidad dependen generalmente, del tamaño de los granos, los planos de estratificación, las fracturas normales a la estratificación y el grado de cementación. Las rocas sedimentarias más comunes son el conglomerado,



breccia, las lutitas, areniscas limolitas, calizas, dolomitas, y evaporitas (Suarez, 1998, p.157.).

- **Lutitas o arcillolitas.**

Las lutitas son uno de los materiales más complejo desde el punto de vista de estabilidad de taludes. De acuerdo con el grado de solidificación las lutitas varían en su comportamiento. Las lutitas de grado bajo tienden a desintegrarse después de varios ciclos de secado y humedecimiento. Algunas Lutitas son muy resistentes pero la mayoría presentan una resistencia al cortante, de mediana a baja. Las lutitas pueden ser arcillosas, limosas, arenosas o calcáreas de acuerdo a los tamaños y composición de las partículas. En ocasiones tienen una presencia de roca cementada y en otras el de un suelo con capas relativamente sueltas (Suarez, 1998, p.159.).

- **Suelos aluviales.**

Los suelos aluviales son depósitos transportados por el agua en movimiento y depositados cuando la velocidad del agua ha disminuido; estos materiales pueden ser de origen fluvial o lacustre y pueden contener partículas finas, gruesas o entremezcladas. Los depósitos aluviales generalmente, son estratificados y la permeabilidad en la dirección horizontal es mayor que en la dirección vertical. (Suarez, 1998, p.161.).

- **Suelos coluviales.**

“Los suelos coluviales o coluviones son depósitos de ladera, producto de desprendimientos o deslizamiento de roca o suelo y son materiales muy susceptibles a los deslizamientos” (Suarez, 1998, p.161).

#### *4.1.1.3.4 Precipitación.*

La precipitación es un factor que influye considerablemente en la estabilidad de los taludes, ya que después de épocas de grandes lluvias se suelen producir grandes deslizamientos.

El agua puede activar un deslizamiento a través de procesos como la lubricación, ablandamiento, fluctuaciones bruscas del nivel freático, lavado de cementantes, dispersión, aumento de densidad, presión por fuerzas hidráulicas internas, grietas por desecación y colapso. Asimismo puede afectar por medio de interacciones químicas como ataque por ácidos, oxidación-reducción, hidrólisis, hidratación, intercambio iónico, disolución y corrosión. (González y Guillen, 2010, p.34.).

#### *4.1.1.3.5 Cobertura Vegetal.*

La cobertura vegetal es considerada otra variable porque la vegetación que existe en la zona influye en la probabilidad de deslizamientos.

El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales; en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.

Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo, al tomar el agua que requiere para vivir. (Suarez, 1998, p.275.).

#### **4.1.1.4 Áreas en riesgo.**

En este capítulo se le da una definición a los movimientos en masa y se habla sobre la actividad sísmica, que puede existir en el cantón Yantzaza.

#### **4.1.1.5 Áreas amenazadas por movimientos en masa (mm).**

Estas amenazas se caracterizan por la presencia de fenómenos de remoción en masa (reptación, flujo de suelo en estado plástico, flujos de suelo en estado líquido, deslizamientos, desprendimientos, desplomes y derrumbes), los cuales son procesos de degradación de los suelos en áreas con predominancia de materiales no consolidados en pendiente, bajo la acción combinada de la gravedad, saturación del agua y actividad antrópica (desmonte paulatino de los bosques y la actividad ganadera) (GAD-YANTZAZA, 2015, p.82.).

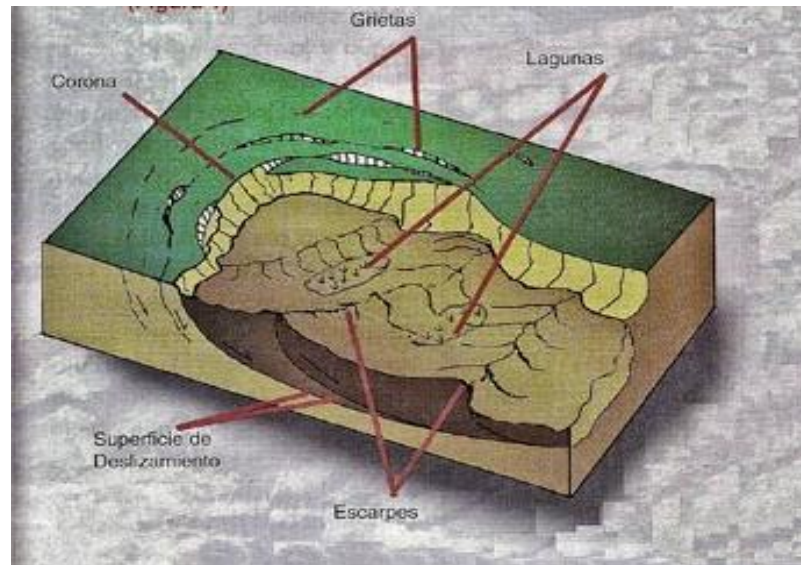
#### **4.1.1.6 Amenaza por actividad sísmica.**

Las zonas de actividad sísmica son áreas que pueden ser afectadas por sismos (terremotos o temblores), de acuerdo con la magnitud, frecuencia y grado de exposición o susceptibilidad. El factor geodinámico está condicionado a las sacudidas sísmicas en los alrededores de fallas activas pudiendo ocasionar el desplazamiento súbito de los terrenos (GAD-YANTZAZA, 2015, p.82.).

#### **4.1.2 Deslizamientos.**

En ese capítulo nos da a conocer sobre la conceptualización del deslizamiento, los factores determinantes para que se dé un evento de este tipo, también se puede conocer los elementos o partes que conforman un deslizamiento y por último la clasificación de estos.

#### 4.1.2.1 Deslizamiento.



**Figura 1.** Deslizamiento.

El término deslizamiento ha sido definido como el movimiento de una masa de roca, escombros o tierra a lo largo de una ladera. Son modificaciones del terreno dentro del ciclo geomorfológico continuo, y que corresponden a la respuesta normal del sistema debido a complejos parámetros exogénicos (meteóricos) y endogénicos (tectónicos) (Aristizábal y Yokota, 2006, p.7.).

Los terrenos inestables se originan cuando en las pendientes naturales decrece la capacidad para resistir las fuerzas de gravedad, las cuales entran en fase de desequilibrio a causa de las modificaciones geométricas del relieve, originadas por factores como la disminución de la cohesión interna, la presión del agua, etc. Pueden movilizarse de forma lenta, rápida y extremadamente rápida, según la topografía, el tamaño de la masa del suelo o roca afectada, el modo de falla y la acción del agua, entre otros factores. Pueden activarse o acelerarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento de nivel de aguas subterráneas, por erosión y socavamiento de los ríos (Parra, 2004,p. 25.).

#### **4.1.2.2 Factores que determinan el proceso de deslizamiento.**

##### *4.1.2.2.1 Clima.*

“De acuerdo a las características que presenta puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua, que llegue a superar la capacidad de infiltración del mismo” (Parra, 2004,p. 9.).

##### *4.1.2.2.2 Relieve.*

“Presencia de laderas con pendientes pronunciadas que incrementan el riesgo a los deslizamientos” (Parra, 2004,p. 9.).

##### *4.1.2.2.3 Geología.*

Aporta un número de parámetros importantes para comprender la desestabilización de las laderas, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

##### **a) Litología:**

“Los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con la que la superficie se degrada” (Parra, 2004,p. 10.).

##### **b) Estructuras:**

“Determinan zonas de debilidad (fallas o plegamientos), o la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad” (Parra, 2004,p. 10.).

**c) Sismicidad:**

“Las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar deslizamientos” (Parra, 2004,p. 10.).

**d) Vulcanismo:**

“Es un elemento disparador de inestabilidad tanto por la propia actividad volcánica, como por la acumulación progresiva de materiales fragmentarios” (Parra, 2004,p. 10.).

**e) Factores antrópicos:**

La actividad constructiva y/o destructiva del hombre, contribuye a provocar o acelerar los fenómenos nombrados, cuando la actividad humana se realiza sin una adecuada planificación. Otros aspectos que influyen relevantemente son, en primer lugar la ausencia de capacitación de la población ante tales amenazas y en segundo lugar la inexistencia de medidas de control y mitigación (Parra, 2004,p. 9.).

4.1.2.2.4 *Clima y Vegetación.***Tabla 4.** *Clasificación en regiones.*

Región	Subregión	Sector	Tipo	Altitud referencial
Amazonía	Sur	Tierras Bajas	Bosque siempre verde de tierras bajas	600 – 900
		Estribaciones de la Cordillera Oriental y de las Cordilleras Amazónicas	Bosque siempre verde pie montano	800 – 1300
		Cordillera de El Cóndor	Bosque Montano Bajo	1300 – 1800
			Bosque Montano Bajo de Tepuy Sobre Arenisca	1800 – 2000
Sierra	Sur	Estribaciones orientales de la Cordillera Andina	Bosque siempre verde montano bajo	1300 – 1800
			Bosque de neblina montano	1800 - 2800
			Bosque siempre verde montano alto	2800 – 3100

**Fuente:** (Sierra, 1999, p. 118.).

La cobertura vegetal: es “el manto vegetal de un territorio dado”, la importancia de considerar la cobertura vegetal en el ordenamiento de usos del terreno radica, entre otros aspectos, en su capacidad de asimilación de energía solar, en ser protector primario de casi todos los ecosistemas. “Los cambios en la estructura, la fisiología, la composición y patrón espacial de las comunidades vegetales a menudo son utilizados como indicadores de los efectos del manejo. (García, 2000, p. 37.).

#### *4.1.2.2.5 Población.*

“Acción y efecto de poblar. Número de habitantes de un pueblo, nación, etc. ciudad, villa o lugar” (Castell, 1986, p.774.).

#### **4.1.2.3 Elementos de los deslizamientos.**

##### *4.1.2.3.1 Escarpe principal.*

Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferia del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura. (Varnes, 1998, p.6-21).

##### *4.1.2.3.2 Escarpe secundario.*

“Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante” (Varnes, 1998, p.6-21).

##### *4.1.2.3.3 Cabeza.*

“La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal” (Varnes, 1998, p.6-21).

##### *4.1.2.3.4 Puntera.*

“El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento” (Varnes, 1998, p.6-21).



#### 4.1.2.3.5 *Pie.*

“La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura” (Varnes, 1998, p.6-21).

#### 4.1.2.3.6 *Cuerpo.*

“Aquella parte del material desplazado suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura” (Varnes, 1998, p.6-21).

#### 4.1.2.3.7 *Flanco.*

“El costado de un deslizamiento de tierras” (Varnes, 1998, p.6-21).

#### 4.1.2.3.8 *Corona.*

“El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal” (Varnes, 1998, p.6-21).

#### 4.1.2.3.9 *Superficie de ruptura principal.*

“La pendiente que existía antes que ocurra el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado” (Varnes, 1998, p.6-21).

#### 4.1.2.3.10 *Superficie de ruptura secundaria.*

“Es la superficie que separa el material desplazado del material estable pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló” (Varnes, 1998, p.6-21).

#### 4.1.2.3.11 Material desplazado.

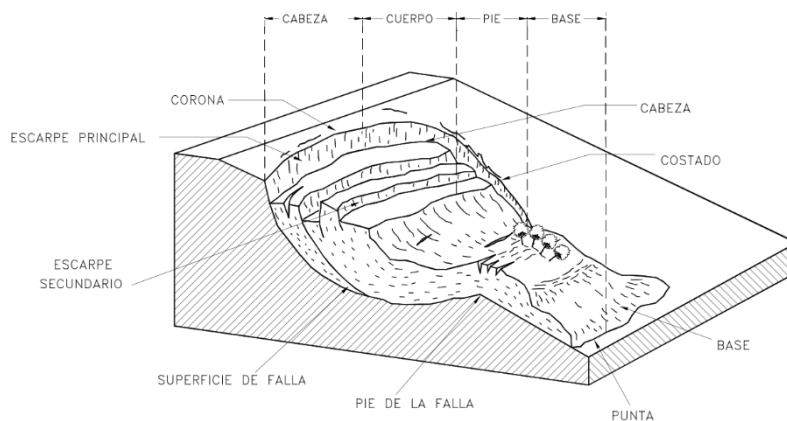
“El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme” (Varnes, 1998, p.6-21).

#### 4.1.2.3.12 Zona de agotamiento.

“El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno” (Varnes, 1998, p.6-21).

#### 4.1.2.3.13 Zona de acumulación:

“El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno” (Varnes, 1998, p.6-21).



**Figura 2. Partes de un Deslizamiento.**

**Fuente:** (Suarez, 1998, p.3.).

#### 4.1.2.4 Clasificación De Los Deslizamientos.

##### 4.1.2.4.1 Un desprendimiento.

Es aquel movimiento de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados o masivamente que, en una gran parte de su trayectoria desciende por el aire en caída libre, volviendo a entrar en contacto con el terreno, donde se producen saltos, rebotes y rodaduras (Corominas y García, 1997, p. 9).

#### *4.1.2.4.2 Los vuelcos.*

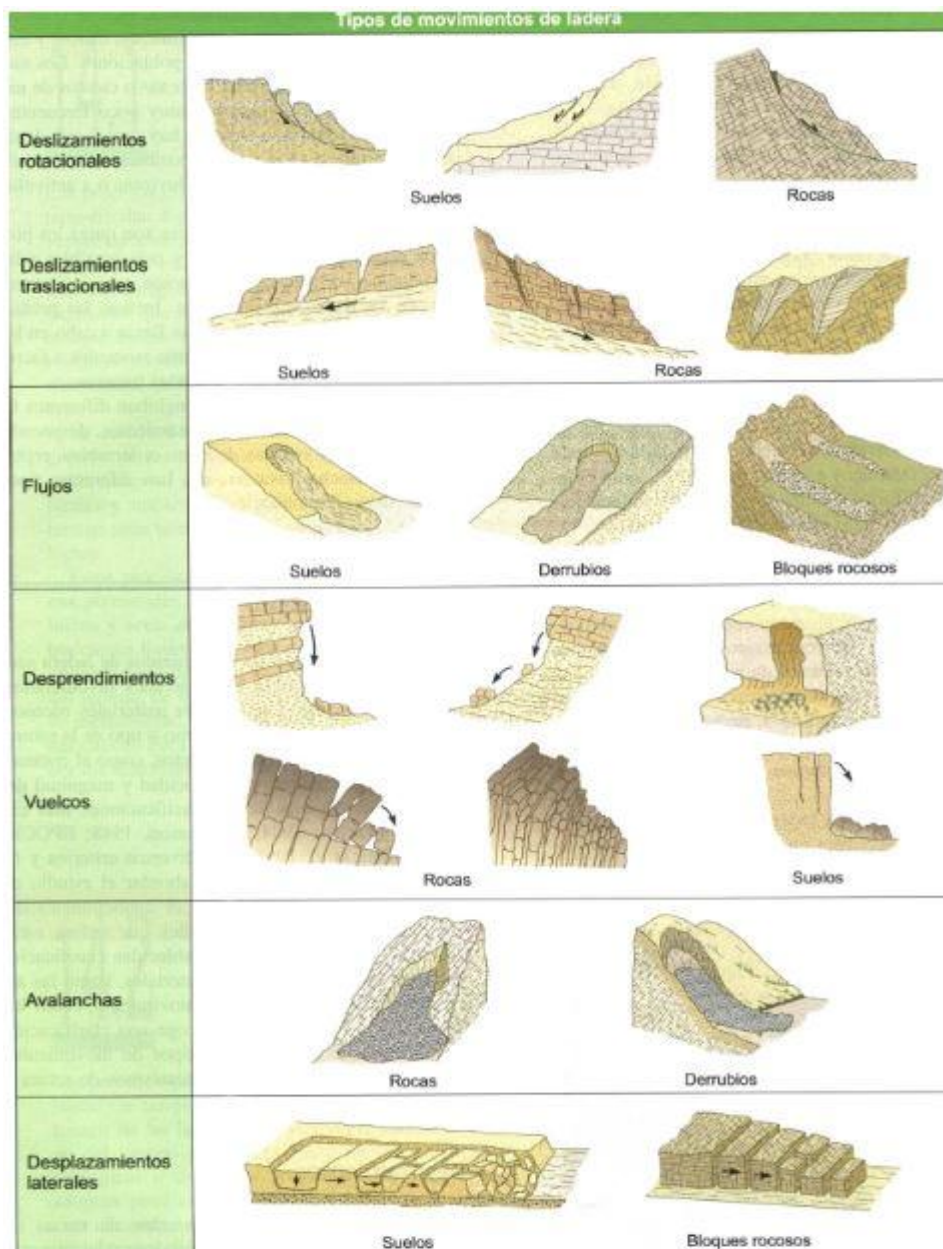
Son movimientos de rotación hacia el exterior, de una unidad o conjunto de bloques, alrededor de un eje pivotante situado por debajo del centro de gravedad de la masa movida (Corominas y García, 1997, p. 9).

#### *4.1.2.4.3 Los deslizamientos.*

Son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja estrecha. El movimiento dominante en las expansiones laterales es la extrusión plástica lateral, acomodada por fracturas de cizalla o de tracción que en ocasiones pueden ser de difícil localización (Corominas y García, 1997, p. 10).

#### *4.1.2.4.4 Los Flujos.*

Son movimientos de una masa desorganizada o mezclada donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas. Debido a ello la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas (Corominas y García, 1997, p. 9).



**Figura 3.** Clasificación general de los movimientos de ladera.  
**Fuente:** (Gonzales de Vallejo, 2005, p.624.).

#### 4.1.3 Métodos de Susceptibilidad.

Este capítulo abarca temas como la definición de la susceptibilidad, los métodos heurísticos que categorizan y ponderan los factores para determinar la susceptibilidad, los métodos geomorfológicos que se basan en cartografía geomorfológica, el proceso de normalización cuyo propósito es de obtener escalas comparables de las variables a utilizar, luego está el proceso de

jerarquías analíticas, en donde a partir de una escala se da la importancia que va a tener cada variable y por último tenemos la escala de Lickert la cual determina la valoración interna de cada variable.

#### **4.1.3.1 Susceptibilidad.**

“La susceptibilidad es el grado de propensión que tiene una zona a resultar afectada por movimientos de masa debido a sus condiciones intrínsecas (litología, pendiente, uso de suelo, vegetación, etc.)” (González y Guillen, 2010, p, 12).

#### **4.1.3.2 Métodos heurísticos.**

Los métodos heurísticos se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de deslizamientos. Son métodos conocidos como indirectos. Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores. Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinará con los demás para la obtención del mapa final de zonificación de inestabilidad. El inconveniente de este método bastante popularizado recae en la ponderación exacta de los distintos factores, dado que a menudo, se basa en un conocimiento insuficiente en el campo de los factores importantes para definir la estabilidad. El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita el comparar documentos producidos por diferentes autores (Santacana&Quintas, 2001, p.28.).

#### **4.1.3.3 Métodos geomorfológicos.**

Son métodos directos que se basan en cartografía geomorfológica a partir de la cual el autor identifica y localiza los deslizamientos y procesos asociados a

éstos directamente en el campo. La elaboración de estos mapas exige conocer la morfología y tipología de movimientos. Estos métodos así como los heurísticos se basan en una información de partida que es el mapa inventario de deslizamientos de un área. Este mapa se elabora a partir de fotointerpretación, trabajo de campo y recogida de información de eventos históricos (Santacana&Quintas, 2001, p.29.).

El análisis de densidad de deslizamientos es una variante del de distribución, dado que la distribución de deslizamientos se puede representar como un mapa de densidad. Se puede calcular las densidades a partir del recuento de deslizamientos incluidos en círculos. Los valores de densidades resultantes del recuento son interpolados y presentados como medias de líneas de igual número (isopleas) de deslizamientos. El método no investiga las relaciones entre deslizamientos y factores causantes de los mismos (Santacana&Quintas, 2001, p.29.).

#### ***4.1.3.4 Normalización.***

Las puntuaciones en los atributos son normalizadas a efectos de eliminar problemas de cálculo originados en la utilización de diferentes escalas y/o unidades utilizadas en la matriz de decisión.

El propósito de la normalización es el de obtener escalas comparables, lo que permitirá realizar comparaciones entre atributos diversos. Los puntajes normalizados son adimensionales (Barragán, 2007, p.15.).

#### **4.1.3.5 Proceso de Jerarquía Analítica (Analytic Hierarchy Process).**

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema Multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas. Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones de pares entre dichos elementos (criterios, subcriterios y alternativas). (Barragán, 2007, p.18.).

El AHP pide a quien toma las decisiones señalar una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de la medida en la que contribuya a cada criterio. Teniendo la información sobre la importancia relativa y las referencias, se utiliza el proceso matemático denominado síntesis, para resumir la información y para proporcionar una jerarquización de prioridades de las alternativas, en términos de la preferencia global (Barragán, 2007, p.18.).

#### **4.1.3.6 La Escala De Lickert.**

Es un tipo de instrumento de medición o de recolección de datos que se dispone en la investigación social para medir actitudes. Consiste en un conjunto de ítems bajo la forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se solicita la reacción (favorable o desfavorable, positiva o negativa) de los individuos. (Malave, 2007, p.2.).

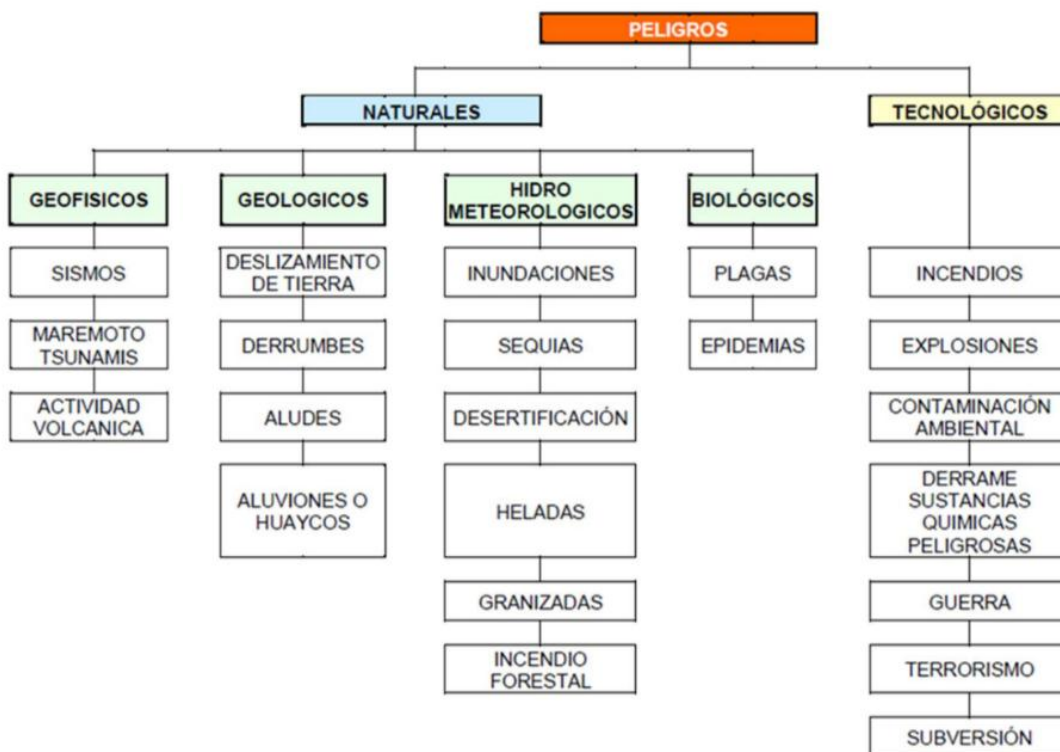
#### 4.1.4 Peligrosidad.

En este capítulo se explica las definiciones de peligro, peligrosidad y vulnerabilidad., conceptos acordes a la investigación.

##### 4.1.4.1 Peligro.

“Peligro es un evento externo, representado por un fenómeno físico de origen natural o antrópico, se manifiesta en sitios específicos y durante un tiempo de exposición determinado, puede ocasionar daños físicos, económicos, ambientales, sociales. Peligro es sinónimo de amenaza” (González y Guillen, 2010, p, 13.).

De acuerdo a la UNESCO, los peligros se clasifican en:



**Figura 4.** Clasificación de peligros según la UNESCO.

**Fuente:** (González y Guillen, 2010, p.14.).



#### **4.1.4.2 Peligrosidad.**

“La peligrosidad es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente perjudicial dentro de un período de tiempo determinado y en un área específica” (González y Guillen, 2010, p, 14.).

#### **4.1.4.3 Vulnerabilidad.**

“La vulnerabilidad es el grado de pérdida provocado por la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada sobre un elemento o conjunto de elementos” (González y Guillen, 2010, p, 15.).

#### **4.1.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

En este apartado se define que es un sistema de información geográfica, la cual es una herramienta para realizar investigaciones en campo o en la ciudad; además tenemos los elementos de un SIG o los subsistemas que lo componen dentro de los cuales están la recopilación de datos, adecuación de datos, administración y manipulación de datos, análisis y representación de resultados.

Aquí también se ubica la confección de mapas de peligrosidad, ya sea estos con base geomorfológica o basada en la susceptibilidad relativa, igualmente tenemos las escalas de trabajo con los que se preparan los mapas de trabajo, las unidades de terreno con las que se va a trabajar también tenemos en este apartado y por último están las ventajas y desventajas del uso del SIG.

##### **4.1.5.1 Definición de Sistema de Información Geográfica (SIG).**

Un Sistema de Información Geográfica es esencialmente una herramienta para la investigación urbana y regional, análisis de políticas, simulación de

actuaciones y planificación. Un SIG consiste en una base de datos que contiene datos referenciados espacialmente y, que como un LIS (Land Information System), tiene una serie de procedimientos y técnicas para la recogida, actualización y análisis de los datos. Funcionalmente se puede definir como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Comas y Ruiz, 1993, p.26.).

#### **4.1.5.2 Elementos de un SIG.**

Un sistema de información geográfica está constituido por varios subsistemas o módulos, que a continuación se describen:

##### *4.1.5.2.1 Recopilación de datos.*

En un SIG es posible incorporar cualquier variable que pueda ubicarse espacialmente. Las bases de datos de los SIG almacenan información de la ubicación de los rasgos en el espacio, pero también de los atributos de dichos rasgos. Las fuentes de información son diversas y aunque los mapas representan un insumo primordial, existen varias otras opciones de utilidad. Muchos datos escritos pueden ser llevados a un SIG. Los datos en las etiquetas de herbario son el típico ejemplo de esta opción. El trabajo de campo puede aportar información clave a un SIG cuando se tiene claro qué tipo de datos se requieren y de qué manera se van a sistematizar después (Flamenco, 1999, p.9.).

#### *4.1.5.2.2 Adecuación de datos.*

Una vez que se cuenta con los datos, es necesario adecuarlos a las características del SIG. Los elementos geográficos o espaciales se pueden representar con puntos, líneas o polígonos, que en realidad representan áreas. La forma en que se incorporan los datos a un SIG se debe acoplar a un modelo determinado. Han existido varios modelos pero los preponderantes son el matricial y el vectorial (Flamenco, 1999, p.10.).

#### *4.1.5.2.3 Administración y manipulación de datos.*

Por lo general, la información se almacena en bases de datos. Esto permite realizar en ellos actualizaciones, modificaciones o alteraciones de una manera sencilla. Otra función de este subsistema es que permite el intercambio de información con otros SIG y así se facilita el flujo pero también el incremento de información disponible, lo que redundará en generación de nueva información más robusta, complementaria y confiable (Flamenco, 1999, p.10.).

#### *4.1.5.2.4 Análisis.*

“Ningún SIG puede preciarse de serlo si no cuenta con un subsistema orientado a realizar análisis, pues sería simplemente un sistema cartográfico sistematizado. Se pueden distinguir cuatro tipos generales de análisis: consulta, sobreposición, modelación topológica y redes” (Flamenco, 1999, p.11.).

#### *4.1.5.2.5 Representación o publicación de los resultados.*

En primera instancia, la publicación de los resultados de un SIG deben ser mapas, sin embargo, no siempre es el caso. La generación de tablas para

describir, por ejemplo, las superficies que corresponden a los diferentes tipos de vegetación puede ser más útil que ver los distintos manchones en el mapa. En el mismo sentido, un histograma de frecuencias nos daría una mejor idea de la distribución de edades de la población que una tabla. Cada caso requiere distintas acciones y la versatilidad de los SIG ha podido responder a tales requerimientos (Flamenco, 1999, p.12.).

#### ***4.1.5.3 Confección de mapas de peligrosidad.***

La mayoría de los estudios para evaluar la peligrosidad a los deslizamientos en realidad se limitan a estimar la susceptibilidad, siendo muy pocos los que llegan a estimar el alcance y la recurrencia, aspectos que también forman parte de la peligrosidad. Los resultados de esta evaluación, a menudo se expresan en forma cartográfica, resultando en mapas de peligrosidad (o susceptibilidad), mediante la zonificación del territorio. Ésta divide el terreno en áreas homogéneas según rangos de peligrosidad (o susceptibilidad) actual o potencial causadas por deslizamientos (Santacana y Quintas, 2001, p.25.).

##### *4.1.5.3.1 Mapas con base geomorfológica.*

Dentro de los mapas con base geomorfológica encontramos la zonación basada en inventarios de deslizamientos y los mapas geomorfológicos. Los primeros se basan en un índice de susceptibilidad que viene indicado por la presencia o ausencia de deslizamientos en el terreno. Se obtienen mediante fotointerpretación y un mínimo reconocimiento de campo y son los mapas base a partir de los cuales se realizan estudios más detallados sobre la peligrosidad. Los segundos son mapas más elaborados donde la zonación de la peligrosidad precisa trabajo adicional para la transformación del mapa geomorfológico en

mapa de peligrosidad. Estos precisan un conocimiento profundo de la morfología del relieve así como una buena interpretación de las formas del paisaje y procesos asociados a ellas. La principal limitación de estos mapas radica en el grado de subjetividad en su realización, mientras que la principal ventaja del método es la rapidez de estimación de la susceptibilidad por parte de un experto (Santacana y Quintas, 2001, p.25.).

#### *4.1.5.3.2 Mapas basados en la susceptibilidad relativa.*

Los mapas basados en la combinación de factores estiman la susceptibilidad relativa según una ponderación definida por el autor para cada factor, en base a su contribución respecto a la estabilidad de ladera. Normalmente los distintos factores se cartografían en mapas temáticos separados que luego se combinarán para obtener el mapa de susceptibilidad. El principal inconveniente de estos mapas es el grado de subjetividad que se introduce cuando se seleccionan y se ponderan los factores que contribuyen a la inestabilidad de las laderas y el coste en tiempo y dinero para la adquisición de los datos necesarios. La ventaja principal es que se puede automatizar la recogida y posterior análisis de los datos mediante un SIG (Santacana y Quintas, 2001, p.25.).

#### *4.1.5.4 Escalas de trabajo.*

Cuando se preparan mapas de susceptibilidad, se debe valorar la influencia que un número de factores incidirá en la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos. Cuanto más detallado sea el mapa más factores deberán ser estudiados. La escala de análisis es uno de los primeros puntos a considerar en un proyecto. De ella dependerá la metodología utilizada, los factores o

datos considerados, la unidad de terreno, etc., en general se pueden distinguir tres escalas para la zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos:

- ✓ Escala regional (< 1:100 000)
- ✓ Escala media (1:25 000 a 1:50 000)
- ✓ Gran escala (1:5 000 a 1:10 000)
- ✓ Más una cuarta escala, la escala detallada (> 1:5 000), que se puede añadir a las tres anteriores (Santacana y Quintas, 2001, p.33,34.).

#### **4.1.5.5 Unidad de terreno utilizada.**

Para realizar un mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de una zona mediante un SIG es necesario seleccionar la unidad del terreno que se va a utilizar en el análisis. Se entiende como unidad del terreno o unidad cartográfica a la porción de una superficie del área que contiene una serie de condiciones del terreno que difieren de las unidades adyacentes mediante límites bien definidos. La selección de la unidad de terreno influye enormemente todos los análisis siguientes (Santacana y Quintas, 2001, p.34.).

Se han propuesto varios métodos para definir la unidad del terreno:

- ✓ Unidades geomorfológicas.
- ✓ Unidad celda (pixel) de una malla regular.
- ✓ Unidades de condición única.
- ✓ Unidad de ladera (slope unit).
- ✓ Unidad faceta (facet).

#### **4.1.5.6 Ventajas e inconvenientes del uso del SIG.**

Las ventajas del uso de SIG para la evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos son:

- La aplicación que se puede realizar con un SIG de una gran variedad de técnicas de análisis de la susceptibilidad. Debido a la velocidad de cálculo de un SIG se pueden aplicar técnicas complejas que requieren gran número de cruce de mapas y cálculos de tablas.
- La posibilidad de mejorar modelos, evaluando sus resultados y ajustando las variables de entrada. El usuario puede obtener los mejores resultados en un proceso de prueba y error, ejecutando los modelos varias veces.
- En el transcurso de un proyecto de evaluación de la susceptibilidad los mapas de entrada derivados de observaciones de campo se pueden actualizar rápidamente. De la misma forma, una vez concluido el proyecto los datos pueden ser utilizados por otros usuarios de manera efectiva (Santacana y Quintas, 2001, p.41.).

A pesar de las ventajas existen unos inconvenientes que no hay que perder de vista en el análisis de la susceptibilidad:

- La enorme cantidad de tiempo que se necesita para entrar los datos (en el caso que entren mediante la digitalización).
- El error en que se puede caer poniendo el énfasis en el análisis de los datos y no en la calidad de obtención y manejo de los mismos. Es posible utilizar varios métodos distintos de análisis pero a menudo faltan

los datos necesarios para aplicarlas. A veces se dispone de muchas técnicas, pero éstas no se pueden usar debido a la incertidumbre o a la falta de estos datos (Santacana y Quintas, 2001, p.42.).

#### **4.1.6 Otras Experiencias**

Este capítulo nos da a conocer sobre la presencia de estas investigaciones en otros lugares del Ecuador siendo estos la cuenca superior del río Zamora en la provincia de Loja y la otra en el sector de Quimsacocha, provincia del Azuay.

El análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra con el uso de factores y utilizando SIG, es una investigación que ha resultado confiable en la generación de resultados, ya sea esto a nivel de países e incluso a nivel nacional.

Aquí se mencionan 2 metodologías ocupadas en estos estudios:

- Gonzales y Guillen 2010, ocuparon una metodología heurística y geomorfológica para la realización de este análisis. Ellos se basaron en los factores de: precipitación, pendiente, geología y cobertura vegetal. Esta investigación se realizó en la cuenca superior del río Zamora, provincia de Loja.
- Abril, L. 2011, ocupa una metodología indirecta semicuantitativa de evaluación Multicriterio dentro de un SIG. Los factores que utiliza son los de precipitación, hidrología de la cuenca, geomorfología, pendientes, geología y uso de suelo. Esta investigación se dio en el sector de Quimsacocha, provincia del Azuay a 30 km de distancia de la ciudad de Cuenca.



## **4.2. Marco legal**

Este capítulo contiene toda la normativa legal, con la cual el autor elaboró este proceso de investigación, basándose en la pirámide jurídica que maneja el estado ecuatoriano.

### **4.2.1 Constitución Política del Ecuador. (2008)**

La Constitución en su artículo 275, establece “El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente.

En el artículo 389, se establece que el estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley.

En el artículo 391, menciona “El Estado generará y aplicará políticas demográficas que contribuyan a un desarrollo territorial e intergeneracional

equilibrado y garanticen la protección del ambiente y la seguridad de la población, en el marco del respeto a la autodeterminación de las personas y a la diversidad”.

#### **4.2.2 Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública. (2004)**

En el artículo 1, establece “El acceso a la información pública es un derecho de las personas que garantiza el Estado”. El artículo 5, señala “Se considera información pública, todo documento en cualquier formato, que se encuentre en poder de las instituciones públicas y de las personas jurídicas a las que se refiere esta Ley, contenidos, creados u obtenidos por ellas, que se encuentren bajo su responsabilidad o se hayan producido con recursos del Estado”

#### **4.2.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014)**

En el artículo 1 se señala “Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley.

Que, en su artículo 3, menciona “El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución”

#### **4.2.4 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (2010)**

Esta ley en su Artículo 32 señala que “Los gobiernos autónomos descentralizados regionales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen:

b) Gestionar el ordenamiento de cuencas hidrográficas y propiciar la creación de consejos de cuencas hidrográficas, de acuerdo con la ley”, además que “Los gobiernos autónomos descentralizados provinciales c) Ejecutar, en coordinación con el gobierno regional y los demás gobiernos autónomos descentralizados, obras en cuencas y micro cuencas”

Esta ley en su Artículo 132 señala que “Los gobiernos autónomos descentralizados regionales, en coordinación con todos los niveles de gobierno, implementarán el plan de manejo de cuencas, subcuencas y microcuencas, en sus respectivas circunscripciones territoriales. Los gobiernos autónomos descentralizados provinciales ejecutarán las obras de infraestructura fijadas en el marco de la planificación nacional y territorial correspondiente, y de las políticas y regulaciones emitidas por la autoridad única del agua”

Esta ley en su Artículo 136 señala que “Los gobiernos autónomos descentralizados regionales y provinciales, en coordinación con los consejos de cuencas hidrográficas podrán establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la conservación de las cuencas hidrográficas y la gestión ambiental; cuyos recursos se utilizarán, con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales y las comunidades rurales, para la conservación y recuperación de los ecosistemas donde se encuentran las fuentes

y cursos de agua”. En el artículo 140 establece 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 gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos sísmicos con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza.

#### **4.2.5 Ley de la Cartografía Nacional. (2005)**

En su artículo 1 se menciona “El Instituto Geográfico Militar (IGM), entidad de derecho público y personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio propio, orgánica y disciplinariamente subordinado a la Comandancia General del Ejército con sede en la ciudad de Quito tendrá a su cargo y responsabilidad la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación y control de las actividades encaminadas a la elaboración de la Cartografía Oficial del Ecuador, el archivo de datos geográficos y cartográficos del país, y establecer las normas y especificaciones en el ámbito de la información geográfica y la tecnología asociada en el ámbito de su competencia, como apoyo a los procesos de planificación y desarrollo nacional”.

En su artículo 4 se señala “A la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo le corresponde determinar los requerimientos en materia de cartografía acorde al Plan Nacional de Desarrollo”

#### **4.2.6 Decreto Ejecutivo N° 2250. (2004)**

Que, mediante el Decreto Ejecutivo N° 2250 de 11 de noviembre del 2004, publicado en el registro oficial N° 466 de 22 de noviembre del 2004, se crea el Concejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), como organismo técnico dependiente de la Presidencia de la República, cuyo objetivo es impulsar la creación de la infraestructura de Datos Geoespaciales (IEDG)

#### **4.2.7 Decreto Ejecutivo N° 1577. (2009)**

Que , mediante Decreto Ejecutivo N° 1577, publicado en R.O: N° 535 de 26 de febrero del 2009, se establece que la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo hará las veces de la Secretaría Técnica del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa.

#### **4.2.8 Ley de Seguridad Pública y del Estado. (2009)**

En su artículo 11 de los órganos ejecutores.- Los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado estarán a cargo de las acciones de defensa, orden público, prevención y gestión de riesgos, conforme lo siguiente:

De la gestión de riesgos.- La prevención y las medidas para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad, corresponden a las entidades públicas y privadas, nacionales, regionales y locales. La rectoría la ejercerá el Estado a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se muestran, los materiales y métodos que se utilizó para realizar la presente investigación.

### 5.1. Materiales

#### 5.1.1 De campo.

- ✓ GPS navegador GARMIN etrex 30.
- ✓ Cámara digital fotográfica.
- ✓ Matrices.
- ✓ Cinta adhesiva.

#### 5.1.2 De oficina.

- ✓ Referencias bibliográficas: libros y periódicos.
- ✓ Shape de curvas de Nivel. (GAD-YANTZAZA, 2015).
- ✓ Shape Geológico (GAD-YANTZAZA, 2015).
- ✓ Shape de Cobertura Vegetal (GADP-Zamora Chinchipe-2014).
- ✓ Software: Microsoft Word, Excel, Power Point, ArcGis 9.3
- ✓ Papel.
- ✓ Calculadora.
- ✓ Impresora.
- ✓ Copiadora.
- ✓ Computadora.

## 5.2. Método

Aquí se hizo una descripción de la ubicación política y geográfica de la zona de estudio, así como de la metodología que permitió hacer el análisis en esta investigación, la cual nos ayudó a cumplir con los objetivos que se plantearon, en este proyecto.

### 5.2.1 Ubicación política y geográfica del área de estudio.

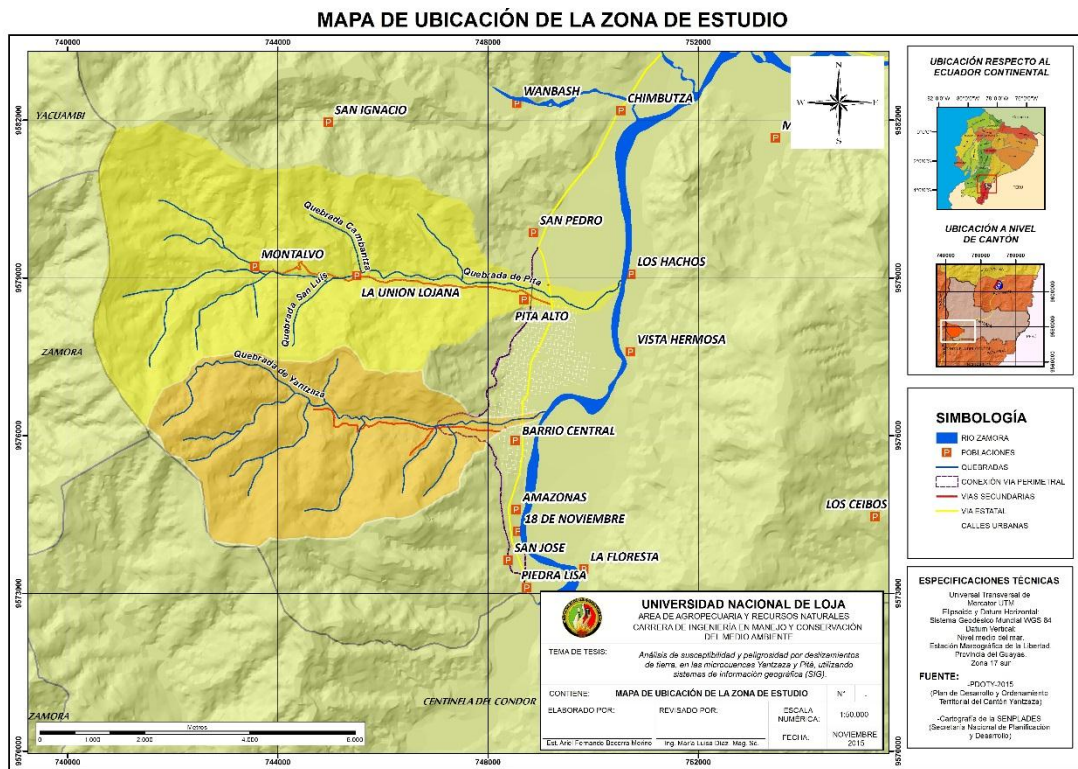
El área de estudio está ubicada al oeste de la ciudad de Yantzaza, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe; la ocupan dos quebradas Yantzaza y Pitá, cabe mencionar que estas dos microcuencas son afluentes del río Zamora.

Estas dos microcuencas tienen una área aproximada de 52,31 Km<sup>2</sup> o 5231.56 Ha, comprendidas entre las siguientes coordenadas planas.

**Cuadro 1.** *Coordenadas de Ubicación del área de estudio.*

<b>CUADRO DE COORDENADAS</b>	
Coordenadas X	Coordenadas Y
748368	9575894
743428	9573804
740957	9581790
748694	9579109

**Ubicación:**



**Mapa 1.** Localización del área de estudio.

Elaboración: El autor.



**Fotografía 1.** Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google-Earth.



## **5.2.2 Aspectos biofísicos y climáticos.**

Según el PDOT-YANTZAZA, (2015) los aspectos biofísicos y climáticos son:

### **5.2.2.1 Biofísicos.**

#### *5.2.2.1.1 Relieve.*

El cantón Yantzaza presenta un relieve muy variado debido a su ubicación geográfica, con presencia de pendientes fuertes y con cambios altitudinales que van aproximadamente desde los 3200 metros de altura en la parte noroccidental del cantón en los bosques de los Andes orientales, hasta llegar a cerca de los 800 metros de altura en la parte nororiental siguiendo la ribera del río Zamora, además en la parte oriental se encuentra la Cordillera del Cóndor con una altura aproximada de 2200 metros.

#### *5.2.2.1.2 Pendiente.*

Podemos destacar que el cantón Yantzaza cuenta con cerca del 57% de su territorio en pendientes menores al 12% (Suave), un 42% de su territorio entre pendientes media a fuerte y en pendientes fuerte y escarpada la superficie no supera el 2% del territorio del cantón.

#### *5.2.2.1.3 Geología.*

El cantón Yantzaza geológicamente está compuesto por rocas metamórficas, rocas volcano-sedimentarias y depósitos superficiales, además de cuerpos intrusivos; con edades que van desde el paleozoico hasta el Cuaternario. La geología del cantón Yantzaza presenta de igual manera que la geomorfología,

grandes unidades geológicas, no se puede observar una variedad de unidades pequeñas, más bien son grandes unidades que abarcan gran extensión de territorio. Es así que en la parroquia Yantzaza sobresale las lavas lutitas rojas y las rocas graníticas, granodioritas, tonalita y diorita además de en las zonas planas los depósitos aluviales.

### **5.2.2.2 Climáticos.**

#### *5.2.2.2.1 Precipitación.*

En base a los valores de los promedios anuales (serie 1985-2009), los valores de las isoyetas varían desde valores de 2000 mm., aumentando estos valores hasta alcanzar la máxima isoyeta de 2400 mm.

#### *5.2.2.2.2 Temperatura.*

La temperatura media anual del cantón Yantzaza es aproximadamente de 23,05°C. El mes de julio es el que presenta menor temperatura media mensual, y los valores más altos registrados se encuentran en los meses de diciembre y enero.

#### *5.2.2.2.3 Evapotranspiración.*

La ETP media mensual oscila entre los 80,8 mm en el mes de Julio hasta los 111,3mm en el mes de noviembre (p. 3, 5, 11, 51, 54, 56).

### **5.2.3 Tipo de investigación/estudio.**

El presente proyecto tiene un enfoque cualitativo, porque el alcance del estudio es descriptivo.

El método empleado para este trabajo de titulación es de carácter deductivo, recolectando, analizando y generando información por parte del autor, así como también recopilando información de otros trabajos realizados anteriormente.

**5.2.4 Metodología para Analizar y generar las variables que influyen en la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos en las microcuencas que abastecen de agua a la ciudad de Yantzaza.**

**5.2.4.1 Variables a analizar.**

Las variables que se analizaron fueron:

- Pendiente
- Geología
- Precipitación
- Cobertura Vegetal

Estas variables fueron seleccionadas a partir de otros estudios realizados, en los cuales se hace notar la importancia de estos factores en cuanto al análisis de susceptibilidad por deslizamientos de tierra.

**5.2.4.2 Generación de Variables.**

**5.2.4.2.1 Pendiente.**

El mapa de pendientes se elaboró a partir de un mapa topográfico de la zona de estudio con curvas de nivel cada 40 metros.

- Con ayuda de las herramientas de Análisis 3D y Análisis Espacial ubicada en la caja de herramientas de Arctoolbox, se calcularon las pendientes para el área de estudio en unidades porcentuales.
- Primero se elaboró una superficie TIN (Triangulated Irregular Network), a partir de curvas de nivel.

- Luego convertimos nuestro TIN a imagen raster, donde nos quedó de esta manera un MDE (Modelo de Elevación Digital).
- Luego ocupamos la herramienta Slope, con la cual se generó un primer raster de pendientes.
- Después reclasificamos nuestra imagen raster con la herramienta reclassify en valores de 5 clases. Esta clasificación es la que mejor se acopla para brindar resultados de las condiciones topográficas en esta área de estudio, y a su vez es la que más se utiliza en este tipo de Análisis (Ver tabla 5).
- Una vez terminada nuestra imagen raster, se procedió a transformarla en un archivo SHP (shapefile).

**Tabla 5.** *Clasificación porcentual de pendiente.*

<b>PENDIENTE</b>		
<b>GRADOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>CLASE</b>
<b>0-8</b>	0-15	Baja
<b>9-16</b>	16-30	Moderada
<b>17-27</b>	31-50	Fuerte
<b>28-45</b>	51-99	Muy Fuerte
<b>&gt;46</b>	>100	Extremadamente Fuerte

**Fuente:** (Suárez, 1998, p.360.).

#### 5.2.4.2.2 Geología.

El mapa geológico se realizó a partir de información generada en el proceso de elaboración del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza, PDOTY 2015 esta información se encontró ya en formato Shape y es de tipo cantonal.

- A este shape se le extrajo la zona de análisis a partir de un recorte en ArcGis Versión 9.3, con la herramienta Clip.

#### *5.2.4.2.3 Precipitación.*

Para realizar el mapa de precipitación o Isoyetas, se trabajó con la información generada en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza PDOTY 2015, la cual ocupa información que ha sido generada por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES.

- Aquí se procedió a realizar un clip del shape generado de Isoyetas a nivel cantonal, en donde se extrajo la parte que corresponde al área cubierta por las dos microcuencas en estudio.
- Cabe mencionar que la elaboración de estos dos mapas tanto el de geología y el de precipitación, ocupan información que ha sido generada por parte de la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES.

#### *5.2.4.2.4 Cobertura vegetal.*

El mapa de cobertura vegetal se trabajó con información generada por el Gobierno Provincial de Zamora Chinchipe, la cual data del año 2014, escala 1:50000.

- Primero se procedió a realizar un recorte con la herramienta clip del shape de cobertura vegetal provincial, extrayendo de esta manera el área de interés de nuestra zona de estudio.
- Luego se realizó un proceso de validación en campo de la información que brinda este shape, corroborando las clases de coberturas existentes.

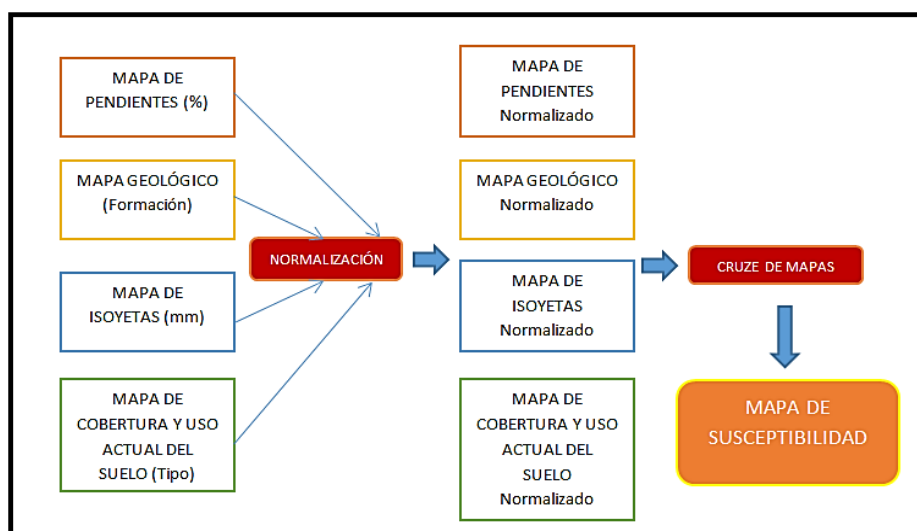
### 5.2.4.3 Generación de mapas.

El programa a utilizar en la elaboración de los mapas temáticos fue ArcGis 9.3 a través de este software se generaron los siguientes mapas:

- Mapa de pendientes.
- Mapa geológico.
- Mapa de precipitación.
- Mapa de cobertura vegetal.

### 5.2.5 Metodología para Analizar la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos del área de estudio, utilizando Sistemas de Información Geográfica.

Para estimar la susceptibilidad se aplicó un método heurístico, el cual nos permitió combinar los factores o variables que influyen en la susceptibilidad y peligrosidad a deslizamientos en las microcuencas que abastecen de agua a la ciudad de Yantzaza. Para este proceso de valoración de la susceptibilidad se ocupó ArcGis Versión 9.3



**Figura 5.** Diagrama para el análisis de susceptibilidad por factores en ArcGis.

**Fuente:** El Autor.

#### **5.2.5.1 Normalización.**

Cada factor tiene unidades y significados diferentes, es por esto que una vez obtenidos los mapas de cada factor se procedió a normalizarlos, ajustando sus valores en una misma escala. Esto se realizó con el fin de compararlos y así poder cruzarlos en ArcGis.

Para poder normalizar los mapas generados se ocupó la escala de valores de tipo Lickert (valores 1 2 3 4 5), en donde 1 es muy bajo, 2 es bajo riesgo, 3 es medio o moderado, 4 es alto riesgo y 5 es extremadamente alto.

#### **5.2.5.2 Escala de valores.**

##### *- Valor relativo 1.*

Se refiere a las condiciones biofísicas menos favorables para que se produzcan las remociones en masa.

##### *- Valor relativo 2.*

A diferencia del caso anterior, las características de las variables consideradas en este estudio van cambiando y con ello, aumentando la susceptibilidad a movimientos en masa.

##### *- Valor relativo 3.*

En este caso, las condiciones que presentan las variables tienden hacia niveles críticos, traduciéndose en condiciones más severas y susceptibles a movimientos en masa.



- Valor relativo 4 y 5.

Los mapas que corresponden a pendientes y precipitación poseen valores numéricos, por lo que la asignación de valores fue sencilla.

En cambio los mapas de unidades geológicas nos dan clases y no valores numéricos, aquí es donde se hizo la asignación de valores, para el mapa geológico se lo hizo en clases y para el mapa de cobertura vegetal se lo hizo según el tipo de vegetación.

En los cuadros a continuación se presentan los valores a normalizar para cada variable, en base a otros estudios y criterios por parte de técnicos.

**Tabla 6.** *Valores normalizados para el factor Pendiente.*

RANGO		VALOR	NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD
Grados	Porcentaje		
0-8	0-15	-	Muy Bajo
8-16	15-30	-	Bajo
16-27	30-50	-	Medio
27-45	50-100	-	Alto
>46	>100	-	Muy Alto

**Fuente:** (González y Guillen, 2010, p.39.).

**Tabla 7.** *Valores normalizados para el factor Precipitación.*

PRECIPITACIÓN (mm/año)	VALOR	NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD
2000	-	Bajo
2100	-	Medio
2200	-	Alto
2300	-	Muy Alto

**Fuente:** (González y Guillen, 2010, p.39.).

**Tabla 8.** *Valores normalizados para el factor Geología.*

INDICADOR	VALOR	NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD
Depósito aluvial	-	Muy Bajo
Depósito Coluvial	-	Bajo
Lavas, Lutitas rojas	-	Alto
Rocas Graníticas	-	Muy Alto

**Fuente:** (González y Guillen, 2010, p.39.).

**Tabla 9.** *Valores normalizados para el factor Cobertura Vegetal.*

TIPO	VALOR	NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD
Bosque	-	Muy Bajo
Pastizal	-	Medio
Cultivos permanente (Café y Cacao)		Alto
Cultivo semipermanente (Caña de azúcar artesanal y Plátano)	-	Alto
Mosaico Agropecuario	-	Alto
Zona antrópica	-	Muy Alto

**Fuente:** (González y Guillen, 2010, p.40.).

### **5.2.5.3 Generación del mapa de susceptibilidad.**

La elaboración del mapa de susceptibilidad, se lo realizó a través del cruce entre los mapas de variables o factores siendo estos el mapa de Pendientes, Geológico, Isoyetas (pluviosidad mm) y el de Cobertura Vegetal.

- Primero se obtuvo listos los mapas normalizados como son: el mapa de Pendientes, Geológico, Isoyetas (pluviosidad mm) y Cobertura Vegetal.
- Para elaborar este mapa, en primer lugar se transformó todas las variables de influencia (pendiente-geología-precipitación-cobertura vegetal) a formato raster.
- Luego con la herramienta weighted overlay, en la cual se empezó a cargar uno a uno los raster generados.

- Después uno a uno se empezó a dar valores, a cada variable con las tablas ya normalizadas que se tiene a disposición.
- Y a su vez se da un valor de peso a cada variable a partir de la metodología que se explica a continuación.

#### **5.2.5.4 Proceso de jerarquía analítica (analytic hierarchy process)**

Esta metodología nos permite conocer el peso que tendrá cada factor planteado como son: Pendiente, Geología, Precipitación y Cobertura Vegetal; para la cual se elaboró una hoja de Excel con esta metodología.

#### **PASO 1.-**

En primer lugar se creó una matriz con todos los factores ubicados en las columnas y filas.

	PEND	GEO	PREC	COBER
PEND	0			
GEO		0		
PREC			0	
COBER				0
SUMA				

#### **PASO 2.-**

A esta tabla se le realizó una comparación de par en par entre cada uno de los factores a ser analizados, aplicando la siguiente valoración:

**Tabla 10.** Valoraciones de Calificación.

VALOR	OBSERVACIÓN
4	Mucho más importante que
3	Más importante que
2	Ligeramente más importante que
1	De igual importancia que
0,5	Ligeramente menos importante que
0,33	menos importante que
0,25	mucho menos importante que

**Fuente:** (González y Guillen, 2010, p.43.).

**PASO 3.-**

Después se hizo una sumatoria de todas las columnas.

	PEND	GEO	PREC	COBER
PEND	0	3	3	1
GEO	0,33	0	0,33	0,33
PREC	0,33	0,5	0	0,33
COBER	3	3	3	0
SUMA	=SUMA(C3:C	6,5	6,33	1,66

**PASO 4.-**

Para la normalización de la matriz de comparación, se dividió cada elemento entre el total de su columna.

	PEND	GEO	PREC	COBER
PEND	0	3	3	1
GEO	0,33	0	0,33	0,33
PREC	0,33	0,5	0	0,33
COBER	3	3	3	0
SUMA	3,66	6,5	6,33	1,66

Obteniendo como prueba de que está bien la sumatoria por columna con el valor de 1.

	PEND	GEO	PREC	COBER
PEND	0,00	0,46	0,47	0,60
GEO	0,09	0,00	0,05	0,20
PREC	0,09	0,08	0,00	0,20
COBER	0,82	0,46	0,47	0,00
	1	1	1	1

**PASO 5.-**

Aquí se estima la importancia relativa de los atributos, calculando el promedio por fila.

	PEND	GEO	PREC	COBER	SUMA	PROMEDIO
PEND	0,00	0,46	0,47	0,60	1,54	0,38
GEO	0,09	0,00	0,05	0,20	0,34	0,09
PREC	0,09	0,08	0,00	0,20	0,37	0,09
COBER	0,82	0,46	0,47	0,00	1,76	0,44
	1	1	1	1	4	1

Por ultimo tenemos el cuadro de tabla de pesos donde se colocan los valores resultantes.

**Cuadro 2.** *Formato para pesos obtenidos.*

<b>CUADRO DE PESOS</b>	
<b>FACTOR</b>	<b>VALOR</b>
Pendiente	-
Geología	-
Precipitación	-
Cobertura Vegetal	-

Cabe mencionar que este mapa es provisional, ya que después se lo cruzó con el mapa de densidad de deslizamientos, generando así un mayor nivel de confiabilidad.

**5.2.6 Metodología para Analizar y generar un mapa de peligrosidad por susceptibilidad y deslizamientos a la que está expuesta la infraestructura, en el área de estudio.**

**5.2.6.1 Encuestas.**

- En primer lugar se hizo un modelo de encuesta. (Ver Anexo 1)
- Luego se aplicó la encuesta a los pobladores de la zona.
- Se aplicó la siguiente formula estadística para obtener la muestra representativa:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

DONDE:

**N:** total de población

**Z:** 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

**p:** proporción esperada (en este caso 5%=0.05)

**q:** 1-p (en este caso 1-0.05= 0.95)

**d:** precisión (usar el 5%)

**5.2.6.2 Análisis de peligrosidad del área de estudio**

- Primero se realizó una matriz de registro para eventos históricos. (Ver Anexo 2.)
- Luego se realizó una indagación en los periódicos locales, acerca de todos los tipos de eventos relacionados a deslizamientos que se hayan suscitado en la zona de estudio.

- Se hizo el registro en la matriz de los eventos encontrados.

#### **5.2.6.3 Análisis estadístico.**

Se hizo un análisis estadístico de distribución temporal de estos fenómenos (deslizamientos de tierra), los datos fueron tomados de la matriz de registro para eventos históricos.

- Se construyó un gráfico que nos indique en su eje Y, la cantidad de deslizamientos y en su eje X los años. Este gráfico será para la frecuencia anual.
- Y por último para la distribución mensual se construyó un gráfico que nos indique en su eje Y, la cantidad de deslizamientos y en su eje X los meses.

Todo este análisis nos sirvió, como justificativo de sustentación de la problemática planteada anteriormente.

#### **5.2.6.4 Inventario de deslizamientos en campo.**

En primer lugar se elaboró una matriz de registro para zonas inestables o deslizamiento. (Ver Anexo 3)

- Este inventario de deslizamientos, se lo hizo en base a un levantamiento de campo, llegando así a georreferenciar por medio de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global por sus siglas en español) todas las zonas inestables o de deslizamientos encontrados.
- Los recorridos se hicieron a través de los cauces de las quebradas y caminos existentes en el lugar.

- También fue necesario, durante el transcurso del trabajo de campo, ya sea esto por el difícil acceso, o algún tipo de inconveniente, que no se logró avanzar o llegar hacia las zonas de estudio, se ubicó en una fotografía aérea digitalizada de la zona de estudio, los deslizamientos que no pudieron ser georreferenciados.

#### **5.2.6.5 Elaboración de mapas.**

##### *5.2.6.5.1 Mapa de densidad de deslizamientos.*

La elaboración de este mapa nos dio una idea más clara de puntos de concentración de zonas de deslizamiento.

- Este mapa se elaboró por medio de las herramientas de arctoolbox incorporado en ArcGis Versión 9.3
- Primero se creó una tabla de Excel con todos los puntos georreferenciados, con su respectiva coordenada tanto en X y Y.
- Luego a partir de la tabla se generó el shape de puntos de cada deslizamiento encontrado.
- Una vez listo el shape de puntos, a través de la herramienta IDW, que es una herramienta de interpolación se creó un ráster provisional de densidad de deslizamientos, ya que luego se lo reclasifico obteniendo así más clases de rangos.
- De aquí se procedió a la elaboración del mapa de densidad de deslizamientos.



#### 5.2.6.5.2 *Mapa de susceptibilidad final.*

La elaboración del mapa de susceptibilidad final, se lo realizó a través del cruce entre los mapas de variables o factores siendo estos el mapa de Pendientes, Geológico, Isoyetas (pluviosidad mm), el de Cobertura Vegetal, y el de Densidad de deslizamientos.

- Primero se tuvo ya listo el mapa provisional de susceptibilidad, que se lo generó a través del cruce de los mapas de pendiente, geología, precipitación y cobertura vegetal.
- Para elaborar este mapa se realizó un cruce (Overlay) de todos los factores o variables de los mapas normalizados, con la herramienta Over, ubicada en la caja de herramientas arctoolbox, en la sección de spatial analyst, math, logical.

#### 5.2.6.5.3 *Mapa de análisis de la infraestructura urbana.*

Se hizo un análisis de como la peligrosidad de este tipo de eventos (deslizamientos), afectaría a la infraestructura urbana, los factores que se consideraron para realizar el mapa de Infraestructura Urbana fueron viviendas, red vial, red hídrica, captaciones y plantas de tratamiento de agua potable.

- Para realizar los cálculos de la densidad de vivienda se acudió al catastro predial de la ciudad de Yantzaza y a una fotografía aérea. (GAD-YANTZAZA, Catástro Predial de la Ciudad de Yantzaza, 2015) (MAGAP, 2011)
- Esta información se complementó con un recorrido de campo, llegando a observar si algún tipo de vivienda está fuera del perímetro urbano.

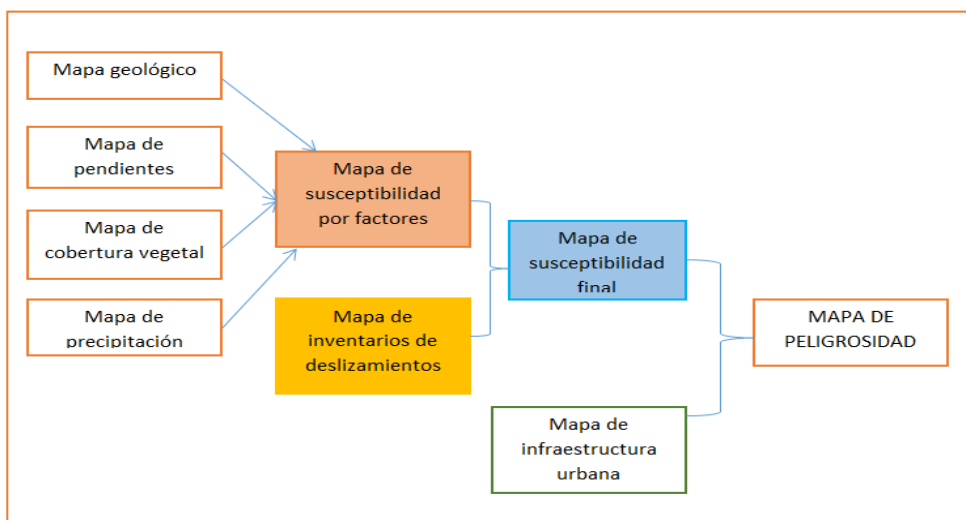
- La densidad de vivienda se mostró en unidades de número de viviendas por hectárea.
- Y finalmente se obtuvo el mapa de infraestructura urbana.

#### 5.2.6.5.4 Generación del mapa de peligrosidad.

Para la elaboración del mapa de peligrosidad, se lo realizó por medio del cruce (overlay), entre los mapas de Susceptibilidad final y el de Infraestructura urbana identificando de esta manera las ubicaciones con mayor riesgo de peligrosidad.

- Primero se tuvo ya listos los mapas de susceptibilidad final y el de infraestructura urbana.
- Para elaborar este mapa se realizó un cruce (Overlay) de los dos mapas mencionados; con la herramienta Over, ubicada en la caja de herramientas arctoolbox, en la sección de spatial analyst, math, logical.

Aquí se muestra el esquema a seguir para todo el proceso de diseño de mapas.



**Figura 6.** Diagrama para el análisis de susceptibilidad y peligrosidad a deslizamientos.

**Fuente:** El Autor.

El análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, se lo hizo en la presentación de los resultados y discusión, donde se analizó a detalle las variables que influyen en la susceptibilidad. Además se analizó el mapa generado a partir de las cuatro variables seleccionadas, el mapa de deslizamientos, el mapa de susceptibilidad final, el de infraestructura urbana y el de peligrosidad, describiendo como afecta este a la infraestructura urbana.

### **5.2.1 Socialización.**

El presente trabajo fue socializado, al GAD-Yantzaza, dentro de la cual se dio una explicación general de cuáles son los lugares, más propensos o susceptibles a deslizarse en la zona de estudio y a su vez también conocer que opina el GAD por medio de su alcalde y equipo de trabajo acerca de esta investigación realizada.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Resultados para el primer objetivo específico

Analizar y generar las variables que influyen en la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos en las microcuencas que abastecen de agua a la ciudad de Yantzaza.

#### 6.1.1 Descripción de cada factor.

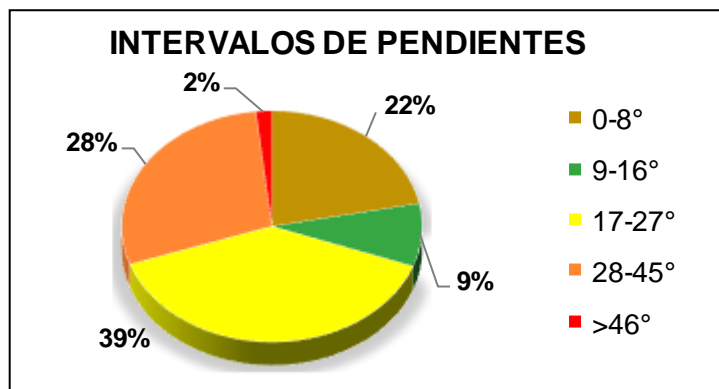
##### 6.1.1.1 Pendiente.

En este apartado se presenta una descripción de los resultados del primer factor, obtenido para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos de tierra.

En el cuadro 7, se observa los atributos del shape de pendientes que se generó en la elaboración del mapa de pendientes.

**Cuadro 3.** *Atributos del mapa de pendientes.*

RANGO	INCLINACIÓN	AREA EN Ha	%
0-15%	0-8°	1143,75	22
15-30%	8-16°	461,25	9
30-50%	16-27°	2046,7	39
50-100%	27-45°	1499,18	28
>100%	>46°	90,7	2
	<b>TOTAL</b>	5241,57	100



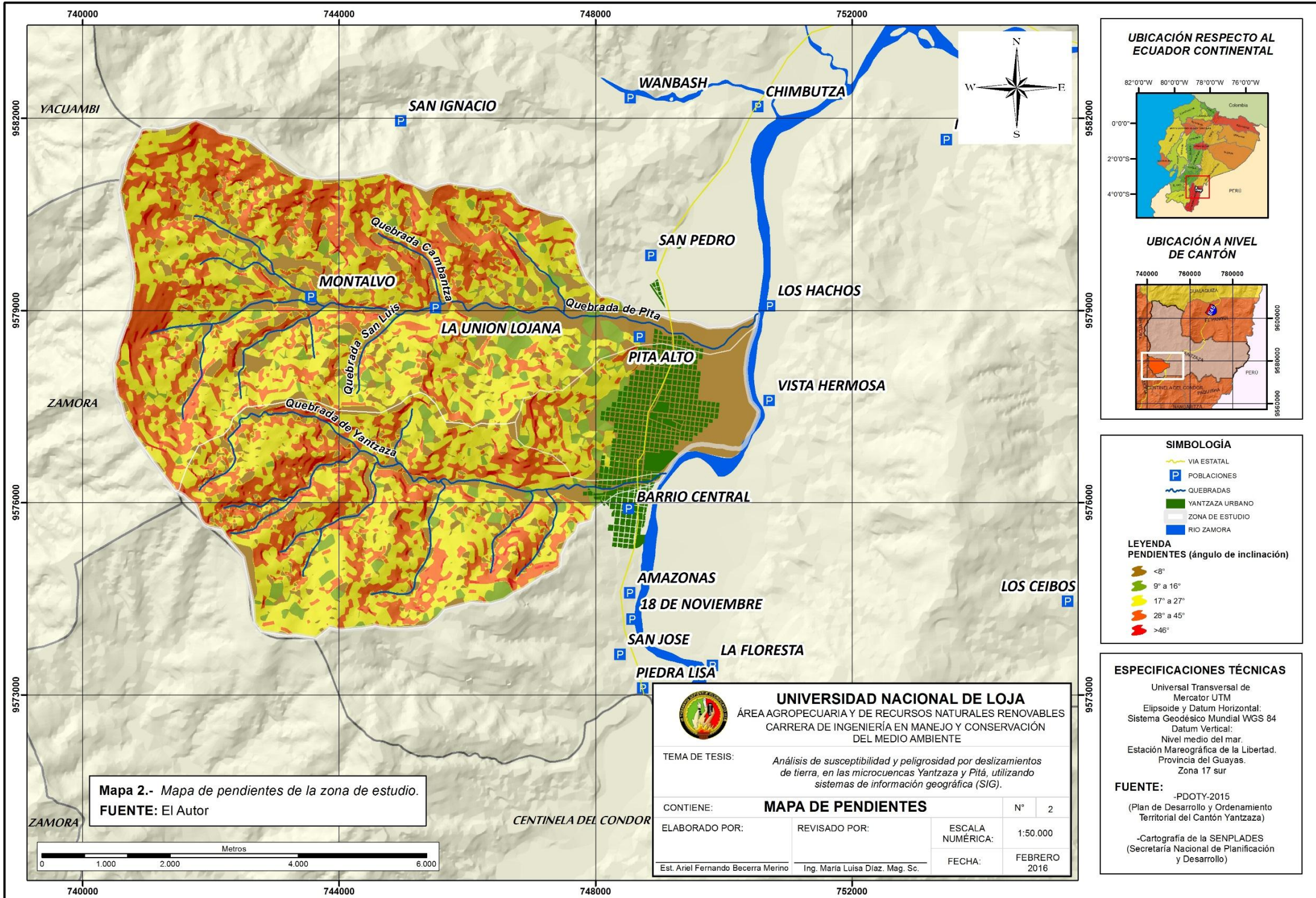
**Figura 7.** *Distribución porcentual estimada de las áreas de pendientes en la zona de estudio.*

La zona de estudio se caracteriza por tener una topografía muy irregular, en donde se constata la predominancia de pendientes fuertes de 16° a 27° grados de inclinación (30% a 50%), las cuales cubren el 39% del área de estudio.

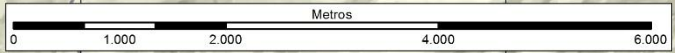
Las pendientes muy fuertes, de 27 ° a 45° de inclinación (50% a 100%), ocupan un 28% de la superficie total de la zona de estudio. En un 22% del área total de la zona de estudio, se muestran pendientes bajas con un ángulo de 0 a 8° de inclinación (0% a 15%); un 9% del área total de la superficie de estudio corresponde a pendientes moderadas, con una inclinación de 8° a 16° grados (15% a 30%).

Y por último con un porcentaje muy bajo el cual es del 2% del área total de estudio, encontramos pendientes extremadamente fuertes, con un ángulo superior de inclinación a 45° (> 100%).

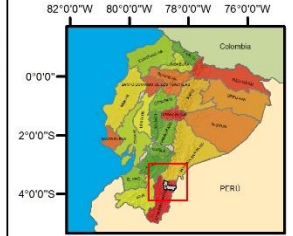
# MAPA DE PENDIENTES



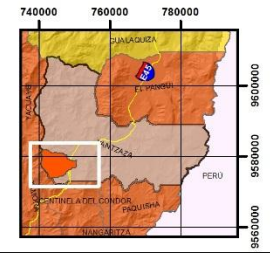
**Mapa 2.-** Mapa de pendientes de la zona de estudio.  
**FUENTE:** El Autor



## UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



## UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



## SIMBOLOGÍA

- VIA ESTATAL
- POBLACIONES
- QUEBRADAS
- YANTZA URBANO
- ZONA DE ESTUDIO
- RIO ZAMORA


## LEYENDA PENDIENTES (ángulo de inclinación)

- <math><8^\circ</math>
- <math>9^\circ</math> a <math>16^\circ</math>
- <math>17^\circ</math> a <math>27^\circ</math>
- <math>28^\circ</math> a <math>45^\circ</math>
- ><math>46^\circ</math>

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
 Elipsoide y Datum Horizontal:  
 Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
 Datum Vertical:  
 Nivel medio del mar.  
 Estación Mareográfica de la Libertad,  
 Provincia del Guayas,  
 Zona 17 sur

**FUENTE:**  
 -PDOTY-2015  
 (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)  
 -Cartografía de la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	
TEMA DE TESIS:	<i>Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pita, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).</i>
CONTIENE:	<b>MAPA DE PENDIENTES</b>
ELABORADO POR:	REVISADO POR:
Est. Ariel Fernando Becerra Merino	Ing. María Luisa Díaz, Mag. Sc.
ESCALA NUMÉRICA:	1:50.000
FECHA:	FEBRERO 2016

### 6.1.1.2 Geología.

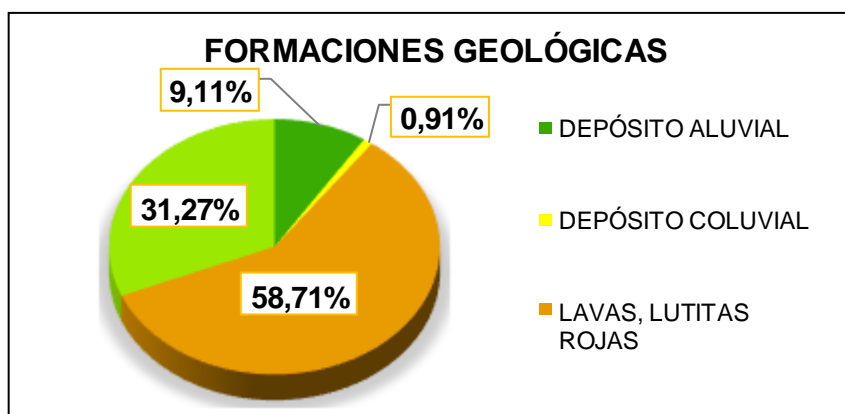
En este apartado se presenta una descripción de los resultados del segundo factor, obtenido para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos de tierra.

En el cuadro 8, se observa los atributos del shape de geología que se generó en la elaboración del mapa de geología.

**Cuadro 4. Atributos del mapa de geología.**

LITOLOGIA	FORMACIÓN	AREA Ha	%
Deposito Aluvial	-	476,60	9,11
Deposito Coluvial	-	47,65	0,91
Lavas, lutitas rojas	FORMACIÓN CHAPIZA	3073,22	58,71
Rocas graníticas, granodioritas, tonalita, diorita	FORMACIÓN BATOLITO DEL ZAMORA	1636,82	31,27
	<b>TOTAL</b>	5234,30	100

A continuación se construyó una gráfica con la información de la tabla de atributos generada por el shape de geología.



**Figura 8. Distribución porcentual de las áreas geológicas en la zona de estudio.**

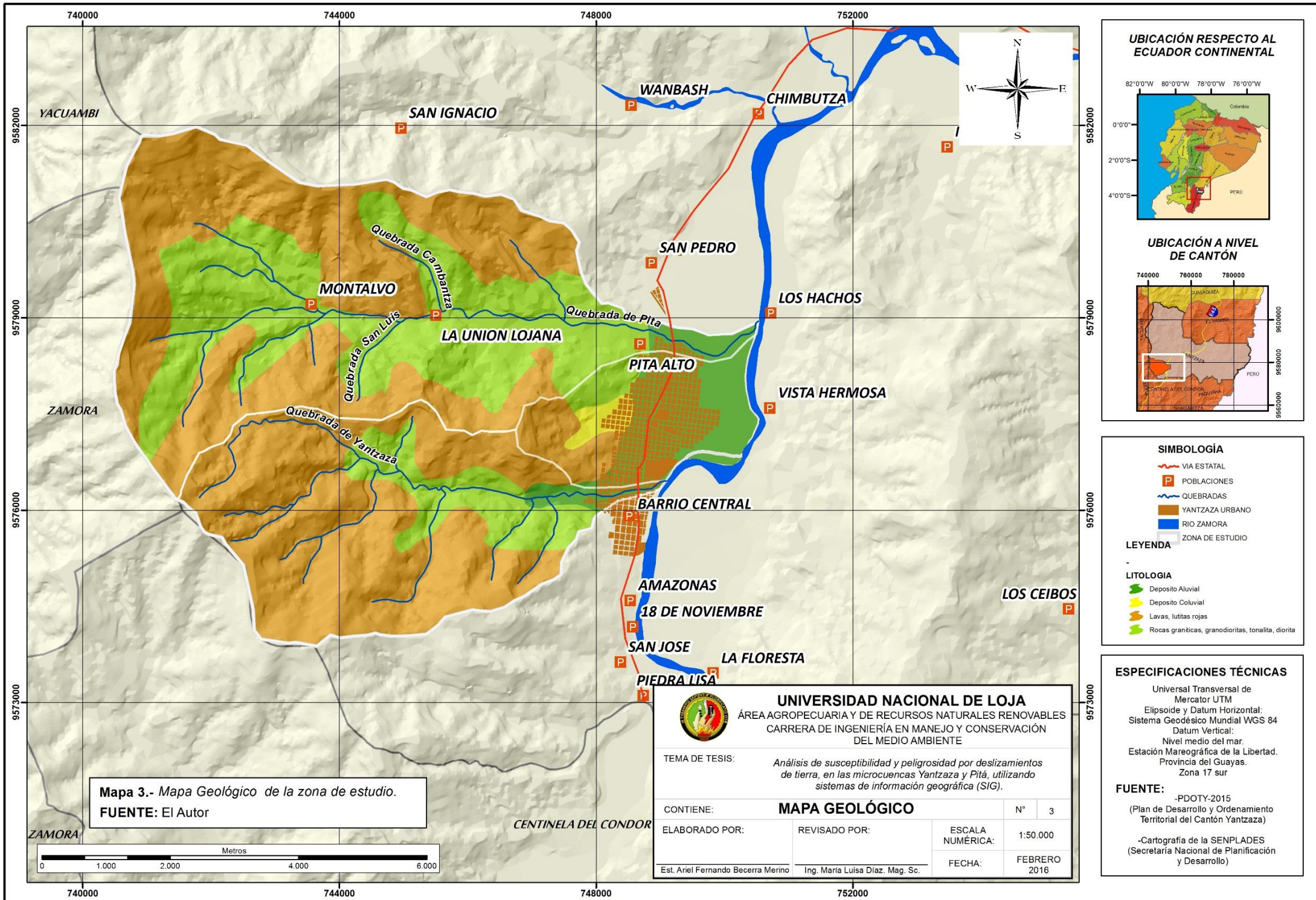
La zona de estudio, está predominada en un 58,71% por lavas y lutitas rojas, en la cual se puede encontrar lavas y lutitas rojas, que constituyen la formación Chapiza.

Seguido con un 31,27% del área total encontramos rocas graníticas, granodioritas, tonalita y diorita, la cual forma el batolito del Zamora. Un 9,11% de la zona de estudio analizada, se encuentra ocupada por depósitos aluviales, siendo estas las denominadas vegas de río, en este caso el río Zamora.

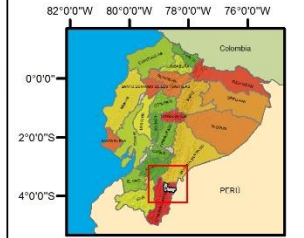
Y por último ocupando el 0,91% de la superficie del terreno se encuentran dos depósitos coluviales ubicados al oeste y nor-oeste de la ciudad de Yantzaza.



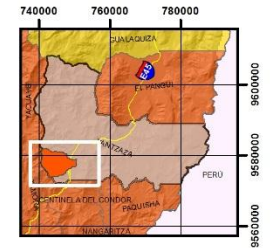
# MAPA GEOLÓGICO



### UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



### UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



### SIMBOLOGÍA

- VIA ESTATAL
- POBLACIONES
- QUEBRADAS
- YANTZAZA URBANO
- RIO ZAMORA
- ZONA DE ESTUDIO

### LEYENDA

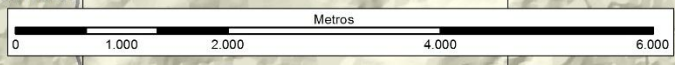
- #### LITOLOGIA
- Deposito Aluvial
  - Deposito Coluvial
  - Lavas, lutitas rojas
  - Rocas graníticas, granodioritas, tonalita, diorita

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
 Elipsoide y Datum Horizontal:  
 Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
 Datum Vertical:  
 Nivel medio del mar.  
 Estación Mareográfica de la Libertad,  
 Provincia del Guayas,  
 Zona 17 sur

**FUENTE:**  
 -PDOTY-2015  
 (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)  
 -Cartografía de la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)

**Mapa 3.- Mapa Geológico de la zona de estudio.**  
**FUENTE:** El Autor



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	
TEMA DE TESIS:	<i>Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).</i>
CONTIENE:	<b>MAPA GEOLÓGICO</b>
ELABORADO POR:	REVISADO POR:
Est. Ariel Fernando Becerra Merino	Ing. María Luisa Díaz, Mag. Sc.
ESCALA NUMÉRICA:	1:50.000
FECHA:	FEBRERO 2016
N°	3

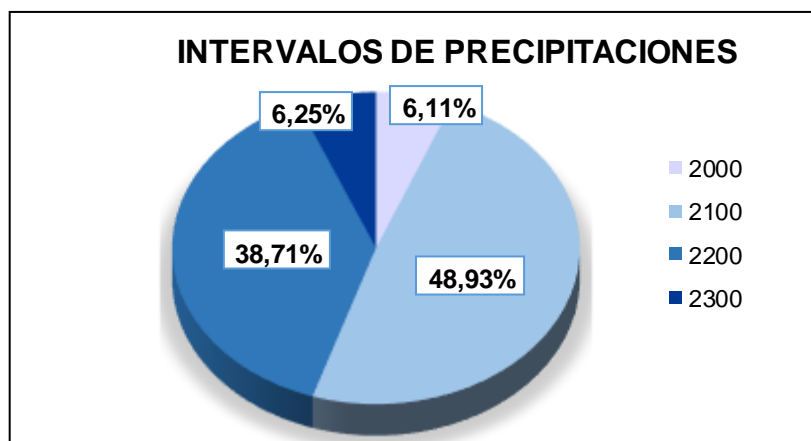
### 6.1.1.3 Precipitación.

En este apartado se presenta una descripción de los resultados del tercer factor, obtenido para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos de tierra.

En el cuadro 9, se observa los atributos del shape de precipitación que se generó en la elaboración del mapa de precipitación.

**Cuadro 5.** Atributos del mapa de Isoyetas.

N°	PRECIPITACIÓN (mm/año)	AREA Ha	%
1	2000	318,28	6,11
2	2100	2550,52	48,93
3	2200	2017,57	38,71
4	2300	326,02	6,25
	<b>TOTAL</b>	5212,39	100



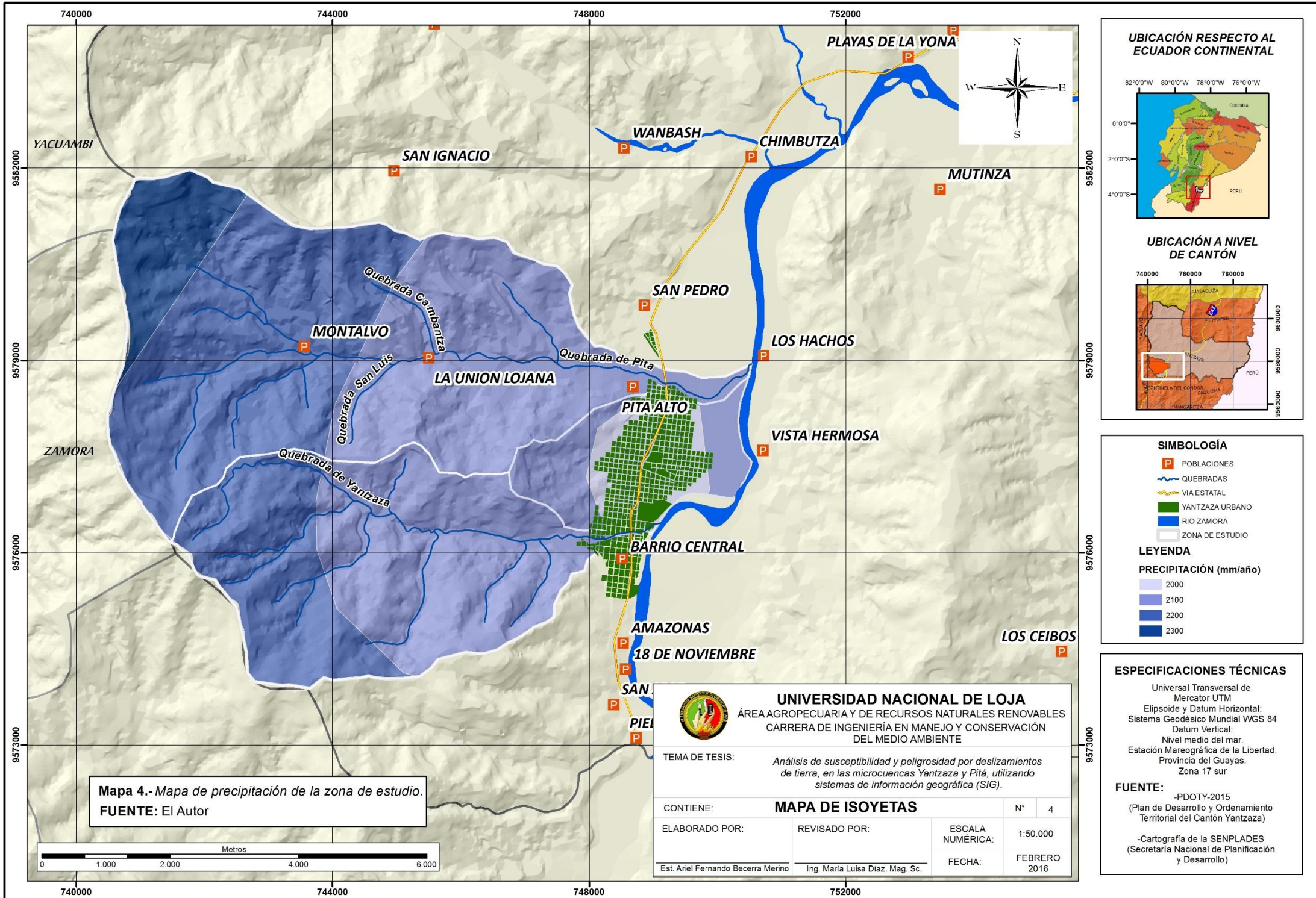
**Figura 9.** Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a su respectivo valor de precipitación.

El análisis muestra que la predominancia en el terreno está marcada con precipitaciones de 2100 mm/año siendo esto el 48.93% de superficie, cubriendo en si la mitad de la zona de estudio. Seguido tenemos con una cobertura del 38.71% del terreno, precipitaciones de 2200 mm/año, esta extensión está ubicada al oeste de la área de estudio, cubriendo casi gran parte de zonas de montaña o cordillera.

En un 6,25% de la superficie total del terreno, encontramos precipitaciones de 2300 mm/año la cual se encuentra ubicada en zonas de montaña o cordillera.

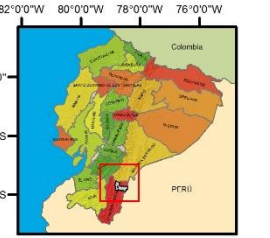
Y por último tenemos, cubriendo el 6,11% del terreno, precipitaciones de 2000 mm/año, zona ubicada en el sector urbano o la ciudad de Yantzaza.

# MAPA DE ISOYETAS

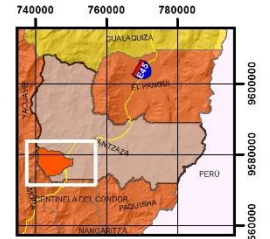


Mapa 4.- Mapa de precipitación de la zona de estudio.  
FUENTE: El Autor

## UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



## UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



## SIMBOLOGÍA

- P POBLACIONES
- QUEBRADAS
- VIA ESTATAL
- YANTZAZA URBANO
- RIO ZAMORA
- ZONA DE ESTUDIO

## LEYENDA

- PRECIPITACIÓN (mm/año)**
- 2000
  - 2100
  - 2200
  - 2300

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar.  
 Estación Mareográfica de la Libertad. Provincia del Guayas. Zona 17 sur

## FUENTE:

-PDOTY-2015 (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)  
 -Cartografía de la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TEMA DE TESIS: *Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).*

CONTIENE:	<b>MAPA DE ISOYETAS</b>	N°	4
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	ESCALA NUMÉRICA:	1:50.000
Est. Ariel Fernando Becerra Merino	Ing. María Luisa Díaz, Mag. Sc.	FECHA:	FEBRERO 2016

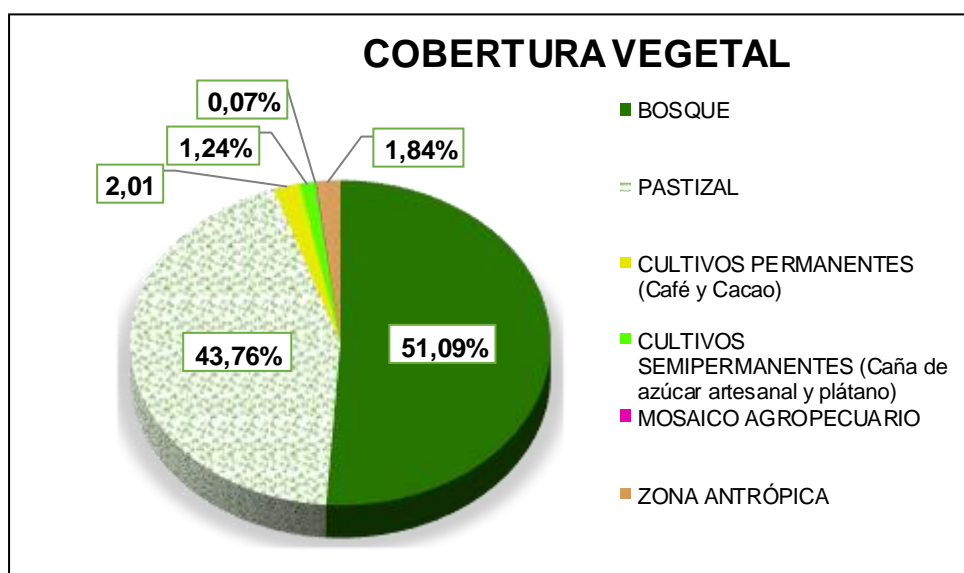
### 6.1.1.4 Cobertura Vegetal.

En este apartado se presenta una descripción de los resultados del cuarto factor, obtenido para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos de tierra.

En el cuadro 10, se observa los atributos del shape de cobertura vegetal que se generó en la elaboración del mapa de cobertura vegetal.

**Cuadro 6.** Atributos del mapa de cobertura vegetal.

N°	DESCRIPCIÓN	AREA HA	%
1	Bosque	2670,45	51,09
2	Pastizal	2287,19	43,76
3	Cultivos permanente (Café y Cacao)	104,85	2,01
4	Cultivo semipermanente (Caña de azúcar artesanal y Plátano)	64,62	1,24
5	Mosaico Agropecuario	3,66	0,07
7	Zona antrópica	96,09	1,84
	<b>TOTAL</b>	5226,85	100



**Figura 10.** Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a la cobertura vegetal y uso del suelo.

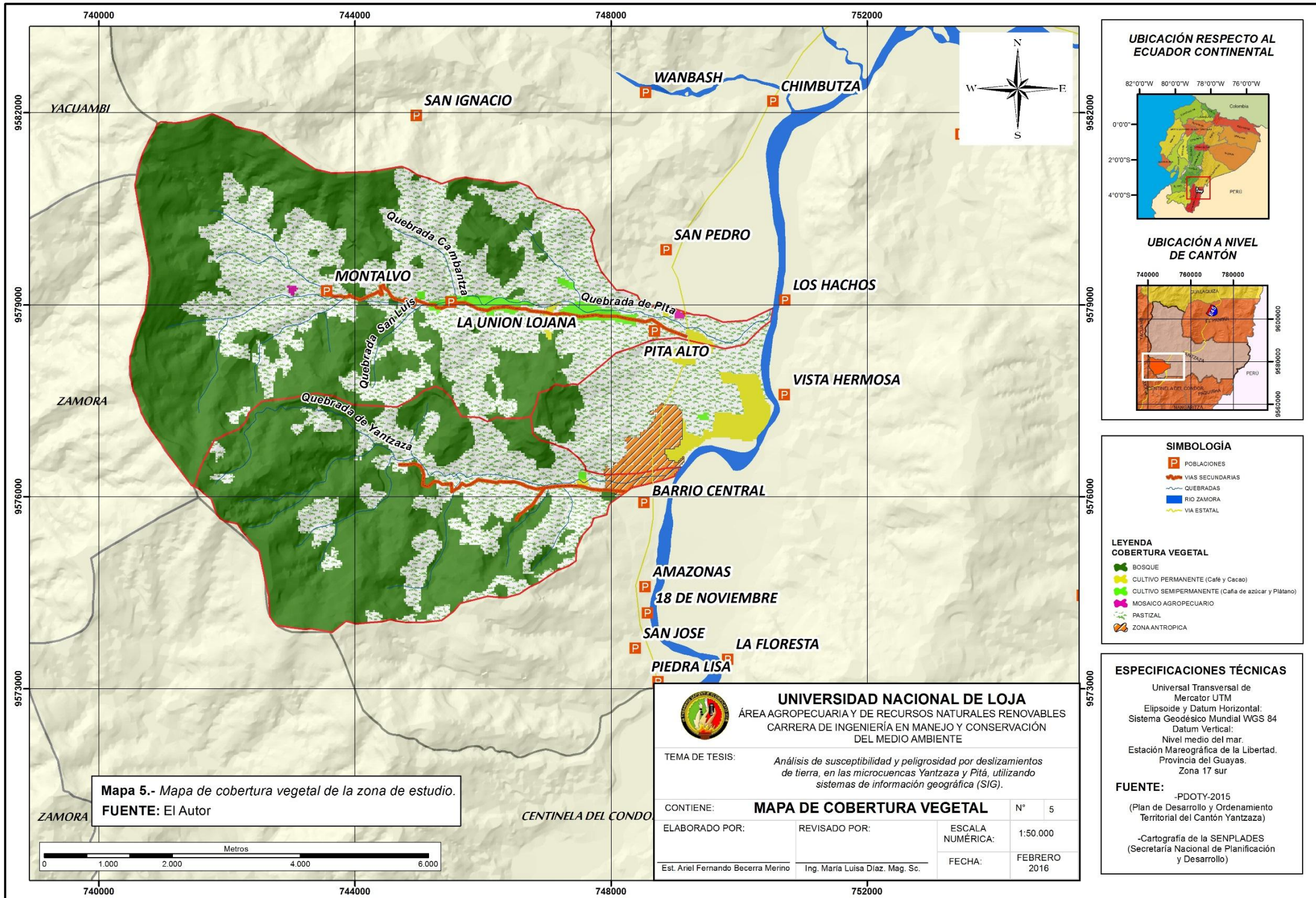
El análisis del último factor alude a que la predominancia de cobertura del suelo, es bosque natural con un 51,09%, el cual cubre la mayoría de los filos de montaña de la zona de estudio.

Con un 43,76% de cobertura del suelo tenemos la presencia de pastizales, los cuales están ubicados cerca a las vertientes que forman las dos microcuencas en estudio. El 1,84% de cobertura de la zona de estudio está dirigido a lo que es la zona urbana (ciudad de Yantzaza).

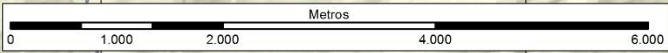
El área de cultivos permanentes (café y cacao), en nuestra zona de estudio cubre el 2,01% de la superficie total de las dos microcuencas, llegando a concentrarse más en zonas de vega cercanas al río Zamora. El 1,24% de la zona de estudio está cubierta por zonas de cultivos semipermanentes (caña de azúcar artesanal y plátano), ubicadas a las riveras de la microcuenca Pitá.

Y por último tenemos zonas nombradas como mosaico agropecuario las cuales ocupan una superficie del 0,07% de la zona de estudio. Los mosaicos agropecuarios hacen referencia a agrupaciones de especies cultivadas que se encuentran mezcladas y que no pueden ser individualizadas; llegando a veces a estar asociadas con vegetación natural.

# MAPA DE COBERTURA VEGETAL



Mapa 5.- Mapa de cobertura vegetal de la zona de estudio.  
FUENTE: El Autor



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TEMA DE TESIS: *Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).*

CONTIENE: **MAPA DE COBERTURA VEGETAL** N° 5

ELABORADO POR: Est. Ariel Fernando Becerra Merino

REVISADO POR: Ing. María Luisa Díaz, Mag. Sc.

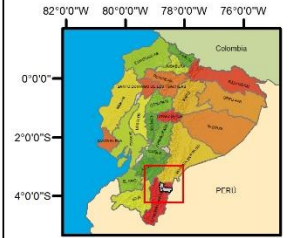
ESCALA NUMÉRICA:

1:50.000

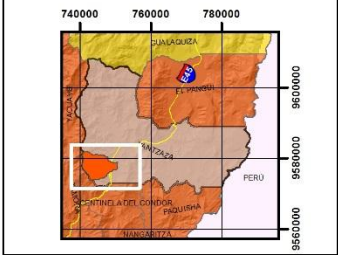
FECHA:

FEBRERO 2016

## UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



## UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



## SIMBOLOGÍA

- POBLACIONES
- VIAS SECUNDARIAS
- QUEBRADAS
- RIO ZAMORA
- VIA ESTATAL

## LEYENDA COBERTURA VEGETAL

- BOSQUE
- CULTIVO PERMANENTE (Café y Cacao)
- CULTIVO SEMIPERMANENTE (Café de azúcar y Plátano)
- MOSAICO AGROPECUARIO
- PASTIZAL
- ZONA ANTROPICA

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
Datum Vertical: Nivel medio del mar.  
Estación Mareográfica de la Libertad. Provincia del Guayas. Zona 17 sur

FUENTE: -PDOTY-2015  
(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)

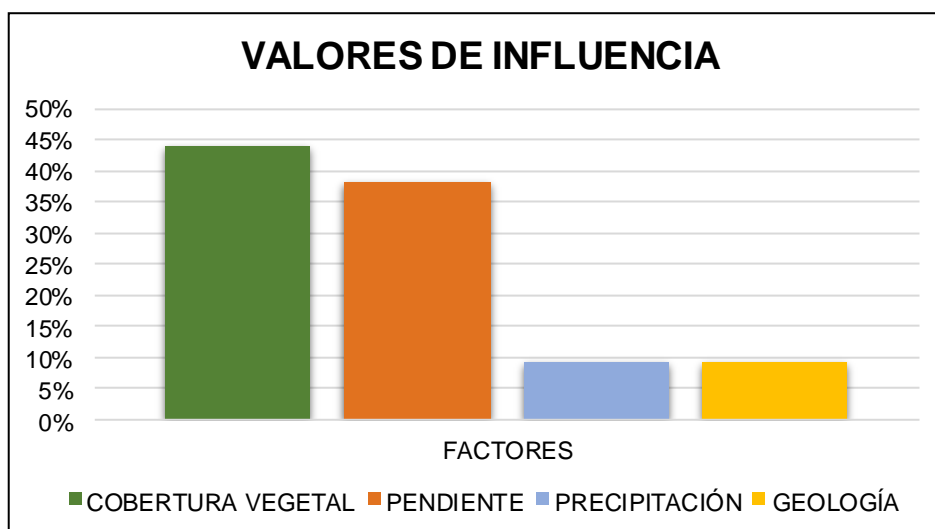
-Cartografía de la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)

## 6.2. Resultados para el segundo objetivo específico

**Analizar la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos del área de estudio, utilizando Sistemas de Información Geográfica.**

### 6.2.1 Valores de influencia.

En la figura 12, se muestra los valores de influencia resultantes de haber aplicado el proceso de jerarquía analítica.



**Figura 11.** *Valores de influencia de cada factor en el mapa de susceptibilidad por porcentaje.*

En el modelo aplicado tienen mayor importancia los factores de cobertura vegetal y pendiente con un peso relativo de (0.44) y (0.38) respectivamente. Los dos factores de geología y precipitación poseen valores de (0.09) cada uno, sin dejar a un lado la importancia de estos.



## 6.2.2 Valores de influencia por factor.

### 6.2.2.1 Pendiente.

El factor pendiente fue normalizado apoyándonos en otros estudios realizados, estableciéndose de la siguiente manera:

**Tabla 11.** *Valores normalizados para el factor pendiente.*

RANGO		VALOR	NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD
Grados	Porcentaje		
0-8	0-15	1	Muy Bajo
8-16	16-30	2	Bajo
16-27	31-50	3	Medio
27-45	51-99	4	Alto
>46	>100	5	Muy Alto

**Fuente:** *(González y Guillen, 2010, p.39.).*

La normalización de cada una de las pendientes consistió en dar valores a cada rango de pendientes establecido ya sea en grados o en porcentaje, estableciéndose que para el primer rango (0-8) grados, obtiene el valor de uno con nivel de susceptibilidad muy bajo. Para el segundo rango (8-16) grados de inclinación se obtuvo un valor de dos con un nivel de susceptibilidad bajo.

En tercer lugar tenemos el rango de entre (16-27) grados con un nivel de susceptibilidad medio, ubicado en cuarto lugar está el rango de entre (27-45) grados con un nivel alto de susceptibilidad y por último tenemos el rango de mayor a 45 grados al cual se le designó un valor de susceptibilidad muy alto por tener el nivel de inclinación más elevado de todos.

### 6.2.2.2 Geología.

Al igual que el factor pendiente se procedió a normalizar el factor geología, en base al conocimiento de otros estudios realizados.

**Tabla 12.** *Valores normalizados para el factor geología.*

INDICADOR	VALOR	NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD
Depósito aluvial	1	Muy Bajo
Depósito Coluvial	2	Bajo
Lavas, Lutitas rojas	4	Alto
Rocas Graníticas	5	Muy Alto

**Fuente:** *(González y Guillen, 2010, p.39.).*

Los depósitos aluviales o vegas de río asumen el valor de 1, con un nivel de susceptibilidad muy bajo, los depósitos coluviales tienen un valor de 2 con un nivel de susceptibilidad bajo. Lavas y lutitas rojas correspondientes a la formación chapiza tienen una valoración de 4 y un nivel de susceptibilidad alta y por último tenemos con una valoración de 5 y una susceptibilidad de muy alto a las rocas graníticas y dioritas que son parte de la formación del batolito del Zamora.

Cabe mencionar que el valor de 3 no se presenta en esta tabla, porque la zona de estudio no presenta formaciones que se categoricen con ese valor es por esto que no se asignó este valor. Los tipos de rocas que se les asignaría este valor vendrían siendo filitas, cuarzita y esquistos.

### 6.2.2.3 Precipitación.

El factor precipitación quedó establecido o normalizado de la siguiente manera, en base a estudios realizados con anterioridad.

**Tabla 13.** *Valores normalizados para el factor precipitación.*

PRECIPITACIÓN (mm/año)	VALOR	NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD
2000-2100	2	Bajo
2100-2200	3	Medio
2200-2300	4	Alto
2300	5	Muy Alto

**Fuente:** (González y Guillen, 2010, p.39.).

Las precipitaciones de 2000 mm/año en el cuadro tienen una valoración de 2, con un nivel de susceptibilidad bajo, seguido está el valor de 3 para las precipitaciones de 2100 mm/ año con una susceptibilidad media, a continuación esta la valoración de 4 con precipitaciones de 2200 mm/año, con una susceptibilidad alta y en ultimo están las precipitaciones de 2300 mm/año con el valor de 5 obteniendo una susceptibilidad muy alta, quedando así establecida la tabla normalizada.

#### **6.2.2.4 Cobertura Vegetal.**

Por último tenemos el factor de cobertura vegetal, el cual igual que los anteriores se consultó de otros estudios para poder realizarlo, en este caso de la tabla de cobertura vegetal de la SGR (Anexos-Tablas, Metodología Movimientos en Masa de la Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014, p.5.).

**Tabla 14.** *Valores normalizados para el factor cobertura vegetal.*

TIPO	VALOR	NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD
Bosque	1	Muy Bajo
Pastizal	3	Medio
Cultivos permanente (Café y Cacao)	4	Alto
Cultivo semipermanente (Caña de azúcar artesanal y Plátano)	4	Alto
Mosaico Agropecuario	4	Alto
Zona antrópica	5	Muy Alto

**Fuente:** (González y Guillen, 2010, p.40.).

El bosque natural presenta una valoración de susceptibilidad muy baja siendo esta 1, en segundo lugar encontramos los pastizales los cuales tienen un nivel de susceptibilidad de 3 (medio), los cultivos permanentes, semipermanentes y mosaicos agropecuarios se les asignó un valor de 4 en susceptibilidad (alto) y por último el sector urbano, presentan un valor de 5 (susceptibilidad alta).

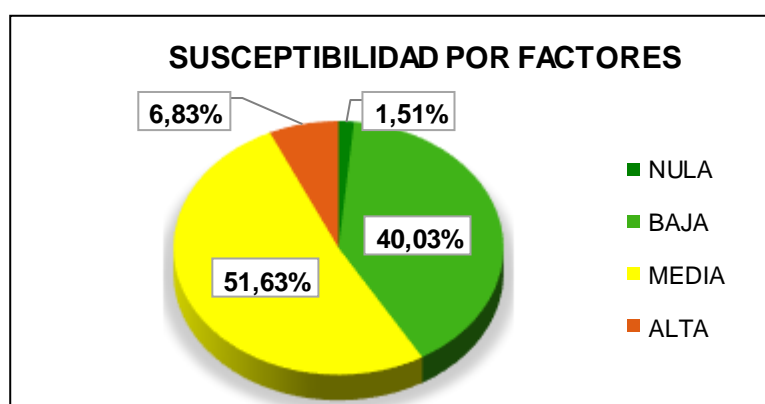
### 6.2.3 Mapa de susceptibilidad por factores.

En este apartado se presenta una descripción de los resultados del mapa de susceptibilidad por factores, obtenido para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos de tierra. En el cuadro 15, se observa la tabla de atributos del shape de susceptibilidad por factores que se generó en la elaboración del mapa de susceptibilidad por factores.

**Cuadro 7.** *Tabla de atributos del mapa de susceptibilidad por factores.*

N°	SUSCEPTIBILIDAD	AREA HA	%
0	NULA	78,67	1,51
1	BAJA	2084,94	40,03
2	MEDIA	2689,42	51,63
3	ALTA	356,03	6,83
	<b>TOTAL</b>	5209,06	100

A continuación se construyó una gráfica con la información de la tabla de atributos generada por el shape de susceptibilidad por factores.



**Figura 12.** *Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a su respectivo valor de susceptibilidad por factores.*

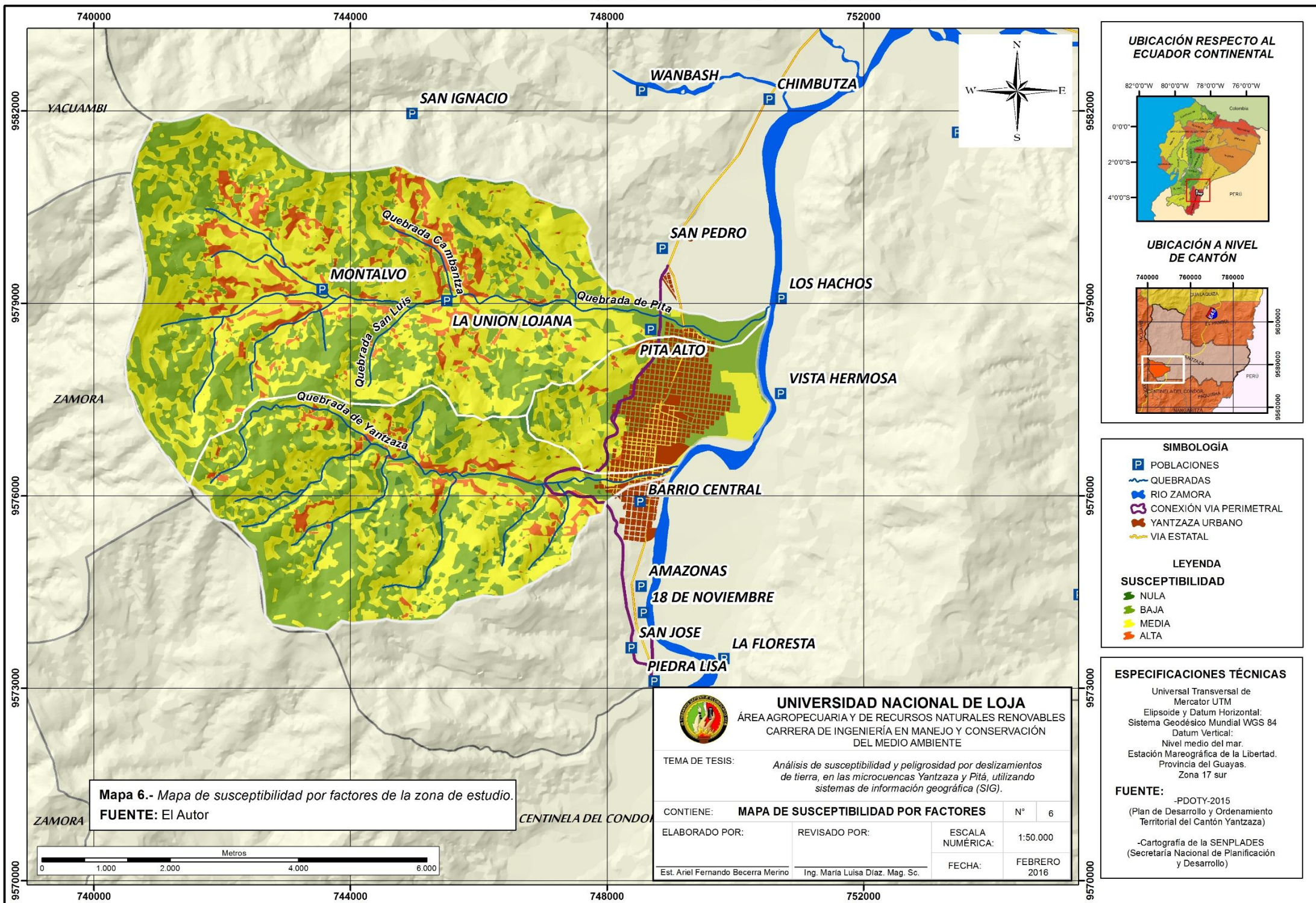
El análisis realizado, muestra la presencia de 4 niveles de susceptibilidad de todo el terreno, encontrándose de esta manera zonas desde el nivel nulo hasta el nivel alto, la gráfica nos muestra que tenemos con mayor predominancia el nivel de susceptibilidad media, ocupando en si un 51,63% de superficie total del terreno.

El 40,03% de la superficie es ocupado por el nivel bajo de susceptibilidad, pero en sí está distribuida en una gran extensión de terreno de la zona de estudio.

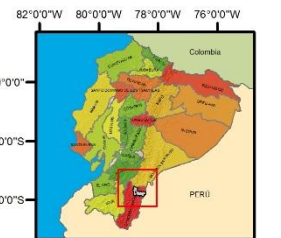
El nivel alto de susceptibilidad ocupa un 6,83% de superficie total del terreno, siendo esta gran parte de las riveras de las vertientes que alimentan las dos microcuencas.

Y por último se presenta con un 1.51% del total de la zona de estudio (78,67 Ha) de terreno, el nivel de susceptibilidad nula.

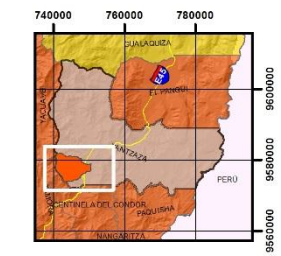
# MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR FACTORES



## UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



## UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



## SIMBOLOGÍA

- P POBLACIONES
- QUEBRADAS
- RIO ZAMORA
- CONEXIÓN VIA PERIMETRAL
- YANTZAZA URBANO
- VIA ESTATAL

## LEYENDA

- ### SUSCEPTIBILIDAD
- NULA
  - BAJA
  - MEDIA
  - ALTA

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
 Elipsoide y Datum Horizontal:  
 Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
 Datum Vertical:  
 Nivel medio del mar.  
 Estación Mareográfica de la Libertad.  
 Provincia del Guayas.  
 Zona 17 sur

**FUENTE:**  
 -PDOTY-2015  
 (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)

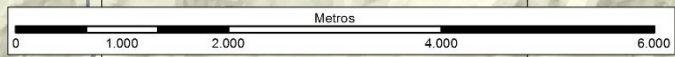
-Cartografía de la SENPLADES  
 (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TEMA DE TESIS: *Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).*

CONTIENE:	<b>MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR FACTORES</b>	N°	6
ELABORADO POR:	Est. Ariel Fernando Becerra Merino	REVISADO POR:	Ing. María Luisa Díaz, Mag. Sc.
ESCALA NUMÉRICA:	1:50.000	FECHA:	FEBRERO 2016

**Mapa 6.-** Mapa de susceptibilidad por factores de la zona de estudio.  
**FUENTE:** El Autor



### 6.3. Resultados para el tercer objetivo específico

**Analizar y generar un mapa de peligrosidad por susceptibilidad y deslizamientos a la que está expuesta la infraestructura, en el área de estudio.**

#### 6.3.1 Encuestas.

En esta sección se explica los resultados que se obtuvieron al aplicar la encuesta a la muestra obtenida, que para este caso nos quedó 41 familias, de un total de 90 familias que viven en las dos microcuencas (Yantzaza y Pita) de estudio.

**Calculo de la muestra para la población de las microcuencas Yantzaza y Pitá.**

$$n = \frac{90 * (1.96)^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2 * (90 - 1) + (1.96)^2 * 0.05 * 0.95}$$

$$n = \frac{90 * 3.8416 * 0.05 * 0.95}{0.0025 * 89 + 3.8416 * 0.05 * 0.95}$$

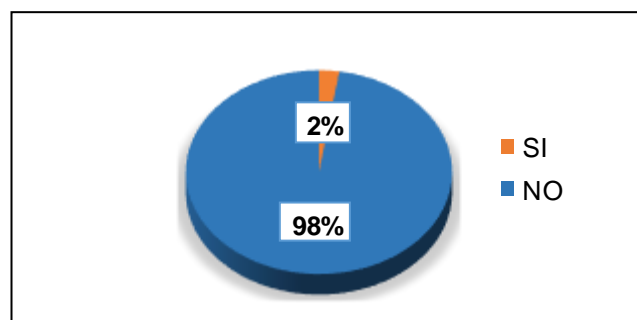
$$n = \frac{16.42284}{0.2225 + 0.182476}$$

$$n = \frac{16.42284}{0.404976}$$

$$n = 40.5526$$

Entonces se establece que para la microcuenca Pitá se realizó 32 encuestas y para la de Yantzaza 9 encuestas.

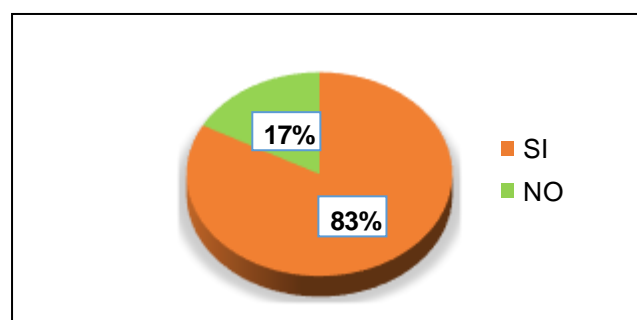
***¿Conoce algún estudio que se haya dado en la zona, acerca de deslizamientos de tierra?***



**Figura 13.** *Pregunta 1 de la encuesta aplicada.*

En la figura 14 se puede observar los resultados para la primera pregunta donde un 98% de encuestados correspondiente a 40 personas respondió que desconoce de algún tipo de estudio que se esté dando en la zona acerca de deslizamientos de tierra, a excepción de la única persona que representa el 2% de los encuestados que respondió que sí, porque el GAD Yantzaza está por realizar un estudio de este tipo en la microcuenca de la quebrada Yantzaza.

***¿Conoce algún deslizamiento presente en la zona?***



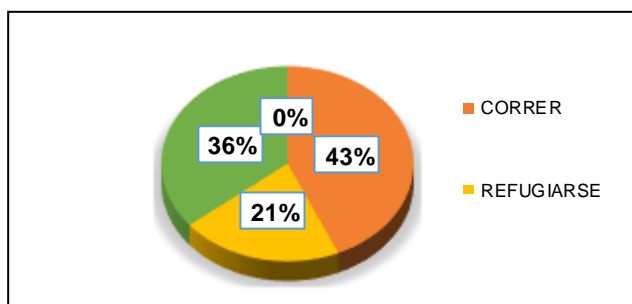
**Figura 14.** *Pregunta 2 de la encuesta aplicada.*

En la figura 15 se aprecia que un 83% de la población encuestada respondió que si conoce sobre la localización de grandes cantidades de deslizamientos presentes en la zona y un 17% señala que desconoce sobre la presencia de este tipo de eventos. Cabe mencionar que esta pregunta nos sirvió



para poder localizar de una manera más rápida la presencia de deslizamientos de tierra.

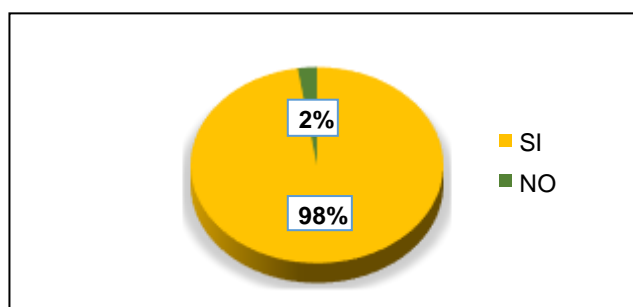
***¿Qué haría usted si se presenta un deslizamiento?***



**Figura 15.** *Pregunta 3 de la encuesta aplicada.*

La siguiente gráfica (figura 16) muestra cual es la tendencia que las personas seguirían, al momento de producirse un deslizamiento, en base a las ítems que se colocó en la encuesta; revelando que el 43% de los encuestados responde que se inclinaría por la opción de correr fuera del área de peligro, un 36% de encuestados optaría por la opción de pedir ayuda a los organismos de socorro, mientras que un 21% optó por la opción de refugiarse en algún lugar que consideren seguro.

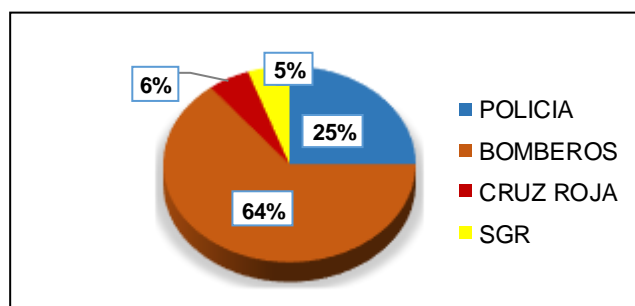
***¿Las vías de acceso pueden ser interrumpidas por eventos de este tipo?***



**Figura 16.** *Pregunta 4 de la encuesta aplicada.*

El 98% de la población considera que las vías de acceso a estas microcuencas, pueden ser afectados por eventos de este tipo, y un 2% por lo contrario no lo considera.

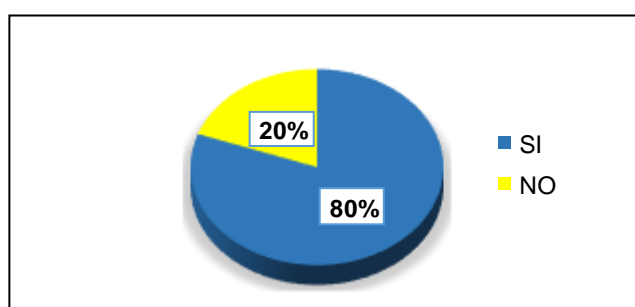
***¿Conoce cuáles son los organismos de socorro a los que usted acudiría en caso de ocurrir un evento de este tipo?***



**Figura 17.** *Pregunta 5 de la encuesta aplicada.*

En esta gráfica (figura 18), se puede apreciar que las personas en caso de existir un deslizamiento de tierra, recurrirían en mayor grado (64%) al Cuerpo de Bomberos, el 25% de la población indica que acudiría a la Policía Nacional del Ecuador, el 6% acudiría a la Cruz Roja, mientras que el 5% pediría socorro a la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR).

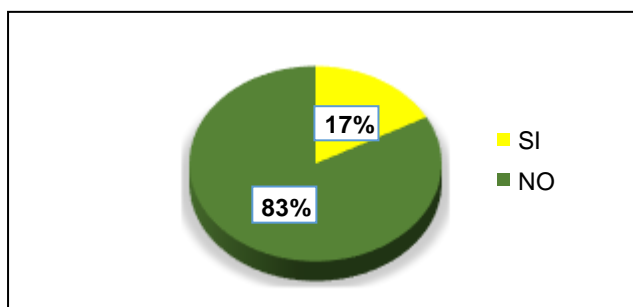
***¿Considera usted que el lugar es propenso a sufrir eventos de este tipo?***



**Figura 18.** *Pregunta 6 de la encuesta aplicada.*

La figura 19, muestra que en si la mayoría de habitantes de la zona de estudio (80%), considera que el sitio tiene un alto grado de ser propenso a deslizarse, mientras que el 20% no lo considera.

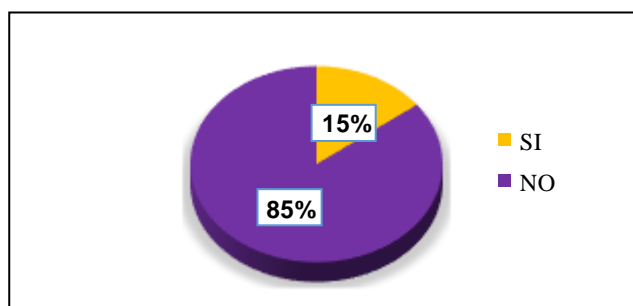
***¿Considera usted que está preparado para enfrentar un evento de este tipo?***



**Figura 19.** *Pregunta 7 de la encuesta aplicada.*

En la figura 20 un 83% de los encuestados, considera que no están preparados para enfrentar eventos de este tipo como son los deslizamientos de tierra, mientras que el 17% de los pobladores encuestados considera que si está preparado para enfrentar eventos de este tipo.

***¿Considera usted que se han tomado medidas para reducir el riesgo ante un evento similar?***



**Figura 20.** *Pregunta 8 de la encuesta aplicada.*

Por último la figura 21 muestra que la mayoría de encuestados (85%), considera que no se han tomado medidas para poder reducir el riesgo ante un

evento de este tipo, mientras que el 15% de los encuestados, considera que si se han tomado medidas para poder reducir el riesgo.

### 6.3.2 Análisis de peligrosidad del área de estudio.

El presente cuadro muestra la indagación realizada en periódicos locales y el portal web del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Yantzaza, los cuales reflejan información del período que va desde el año 2003 hasta el año 2015.

**Cuadro 8. Indagación en Periódicos**

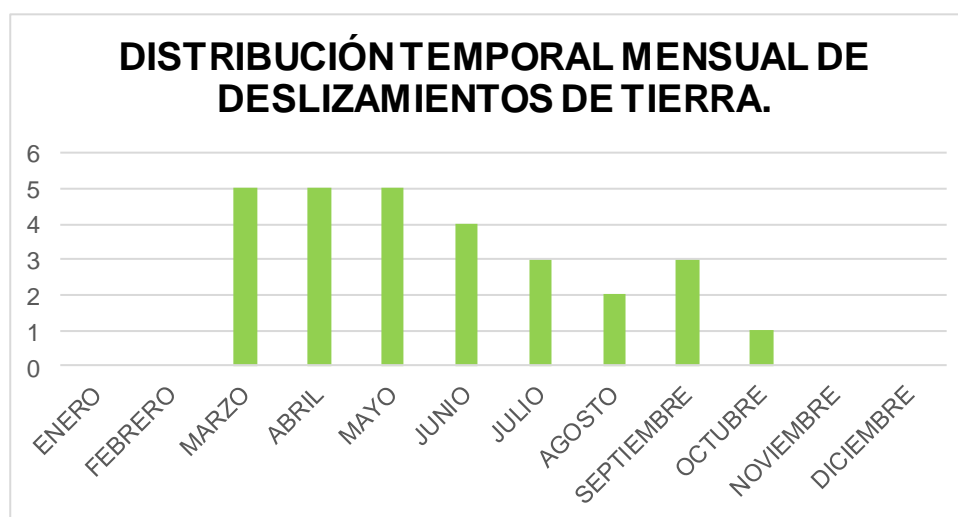
FECHA	LUGAR O POBLACION AFECTADA	DAÑOS	FUENTE
15/05/2003	Barrio Gran Colombia	Inundación del rio Zamora	LA HORA
29/03/2009	Ciudad de Yantzaza	Destrozo de un puente, servicio de agua atrofiado por deslizamientos	LA HORA
13/05/2010	Barrio San Antonio	Pérdida del conducto de agua y destrucción de una vivienda que se encontraba deshabitada.	LA HORA
27/05/2010	Barrio San Antonio	Viviendas destruidas por deslizamiento	LA HORA
13/07/2011	Barrio Gran Colombia	Inundación del rio Zamora	LA HORA
14/10/2011	Ciudad de Yantzaza	Acumulación de sedimentos por fuertes lluvias	LA HORA
20/04/2012	Ciudad de Yantzaza	Lubricadora afectada por un deslizamiento	LA HORA
20/04/2012	Barrios Porvenir, Orquídeas, Pita y San Francisco	Inundaciones provocadas por los desbordamientos de las quebradas	LA HORA
16/08/2013	Ciudad de Yantzaza	Yantzaza sin agua potable, por deslizamientos de tierra	LA HORA

04/03/2015	Ciudad de Yantzaza	Limpieza de captaciones por deslizamientos	<b>GAD-Y</b>
18/03/2015	Ciudad de Yantzaza	Limpieza de captaciones por deslizamientos	<b>GAD-Y</b>
26/03/2015	Ciudad de Yantzaza	Captaciones de Yantzaza colapsadas	<b>GAD-Y</b>
28/03/2015	Ciudad de Yantzaza	Yantzaza sin agua potable, por deslizamientos de tierra	<b>GAD-Y</b>
14/04/2015	Ciudad de Yantzaza	Deslizamiento de tierra, inhabilita el sistema de agua potable	<b>LA HORA-GAD YANTZAZA</b>
21/04/2015	Barrio La Delicia	Cierre de captaciones.	<b>GAD-Y</b>
27/04/2015	Ciudad de Yantzaza	Deslave en la Captación	<b>GAD-Y</b>
30/04/2015	Ciudad de Yantzaza	Estado de emergencia a la jurisdicción por inundaciones y deslizamientos de tierra	<b>LA HORA</b>
04/05/2015	Barrio La Delicia	Limpieza de captaciones por deslizamiento	<b>GAD-Y</b>
28/05/2015	Barrio Norte y San Francisco	tubería averiada	<b>GAD-Y</b>
02/06/2015	Ciudad de Yantzaza	Limpieza de captaciones por deslizamiento	<b>GAD-Y</b>
03/06/2015	Barrio La Delicia	tubería averiada	<b>GAD-Y</b>
12/06/2015	Barrio La Delicia	Inconvenientes en las captaciones	<b>GAD-Y</b>
16/06/2015	Ciudad de Yantzaza	Posible colapso en la captación.	<b>GAD-Y</b>
14/07/2015	Ciudad de Yantzaza	Adecuación de válvulas	<b>GAD-Y</b>

15/07/2015	Barrio La Delicia	Deslave captación de suministro de agua	<b>GAD-Y</b>
17/08/2015	Barrio Central	Fugas existentes	<b>GAD-Y</b>
03/09/2015	Barrio la Delicia	Deslave captación de suministro de agua	<b>GAD-Y</b>
07/09/2015	Barrio la Delicia	Deslave captación de suministro de agua	<b>GAD-Y</b>
10/09/2015	Barrio la Delicia	Deslave captación de suministro de agua	<b>GAD-Y</b>

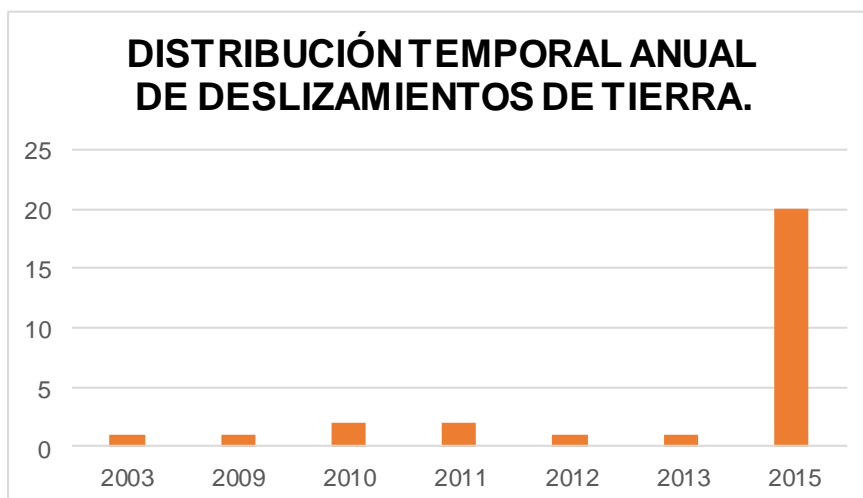
En este cuadro se muestran las fechas, lugares o población afectada y daños que se produjeron por deslizamientos de tierra dentro de la zona de estudio, los cuales se obtuvieron de la indagación en periódicos y el portal web del GAD-Y.

### 6.3.3 Análisis estadístico.



**Figura 21.** Distribución temporal mensual de deslizamientos de tierra.

La figura muestra que los meses de marzo, abril y mayo son los que más poseen este tipo de eventualidades llegando a 5 deslizamientos mensuales, seguidos de junio con 4 deslizamientos, a continuación julio y septiembre con 3 deslizamientos, luego esta agosto con 2 deslizamientos, y finalmente octubre con 1 deslizamiento. Los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre no registran eventos de este tipo.





**Figura 22.** *Distribución temporal anual de deslizamientos de tierra.*

La distribución temporal anual de los deslizamientos de tierra, muestra que el año 2015, es aquel que tiene mayor cantidad de deslizamientos de tierra (20 deslizamientos anuales), seguidos de los años 2010 y 2011 con 2 deslizamientos por año y por último los años 2003, 2009, 2012 y 2013 cuentan con un deslizamiento registrado en la zona de estudio.





### 6.3.4 Inventario de deslizamientos en campo.





En el inventario de deslizamientos se logró identificar un total de 137 deslizamientos de los cuales 72 deslizamientos se identificaron en campo y 65 deslizamientos se identificaron en dos imágenes satelitales obtenidas de Google Earth (2009) y de la página de ortofotografía del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través de su portal electrónico SIGTIERRAS.com (2010).





**Cuadro 9.** *Inventario de deslizamientos en campo.*




N°	X	Y	ALTITUD	VEGETACIÓN (En el Deslizamiento)	ELEMENTOS AFECTADOS	AREA			N°FOTO	FOTOGRAFIA DE DESLIZAMIENTOS
						LARGO	ANCHO	TOTAL (m2)		
1	747320	9576491	968	NO	INVERNA	4	6	24	373-374	
2	747340	9576485	965	GRAMALOTE ( <i>Axonopus scoparius</i> . A.S. Hitch.)	INVERNA	16	4	64	370-372	


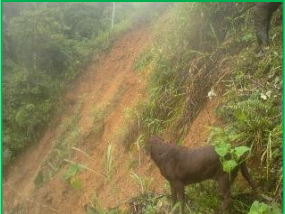








3	747043	9576316	922	SI LEVE ( <i>Pennisetum alopecuroides</i> . L.)	INVERNA	14	14	196	380	
4	746894	9576399	381	NO	INVERNA	12	8	96	381	
5	747011	9576126	893	LARITACO ( <i>Vernonanthura patens</i> . K.)	VIA	10	6	60	382-383	
6	746942	9576005	912	NO	MONTAÑA	15	10	150	384-385	





7	746963	9576124	906	NO	VIA	12	10	120	391	
8	746722	9576009	956	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	4,5	3	13,5	19	
9	746439	9576233	928	NO	VIA	12	20	240	392	
10	746147	9576205	981	NO	VIA	4	10	40	395	





11	746133	9576198	970	NO	MONTAÑA	12	5	60	396	
12	745440	9580288	1254	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	100	30	3000	18-24	
13	745526	9580327	1267	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	400	15	6000	25	
14	745304	9580341	1274	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	20	15	300	26	

15	745184	9580735	1325	NO	INVERNA	450	25	11250	27	
16	745148	9580603	1272	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	80	40	3200	228	
17	745150	9580584	1268	NO	INVERNA	80	40	3200	175	
18	745167	9580581	1267	NO	INVERNA	50	25	1250	114	




19	745009	9580038	1124	GRAMALOTE ( <i>Axonopus scoparius</i> . <i>A.S. Hitch.</i> )	INVERNA	200	80	16000	29-30	
20	744937	9580058	1157	GRAMALOTE ( <i>Axonopus scoparius</i> . <i>A.S. Hitch.</i> )	INVERNA	100	40	4000	31-33	
21	744689	9580080	1200	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> <i>R.</i> )	INVERNA	80	40	3200	34-35	
22	745372	9579731	1062	NO	INVERNA	25	6	150	43	





23	745361	9579658	1029	NO	MONTAÑA	30	15	450	44-45	
24	745403	9579602	1038	NO	MONTAÑA	30	50	1500	46	
25	745540	9579562	1042	HELECHOS ( <i>Pteridium aquilinum.</i> L.)	MONTAÑA	150	30	4500	47	
26	745552	9579296	989	GUARUMO ( <i>Cecropia obtusifolia.</i> B.)	MONTAÑA	30	6	180	51	





27	746292	9579248	925	GRAMALOTE ( <i>Axonopus scoparius</i> . <i>A.S. Hitch.</i> )	INVERNA	80	30	2400	52	
28	746370	9579168	917	GRAMALOTE ( <i>Axonopus scoparius</i> . <i>A.S. Hitch.</i> )	INVERNA	30	20	600	53	
29	744721	9576580	1027	NO	INVERNA	40	40	1600	10	
30	744714	9576534	1027	MATORRAL, HIERBA CARIAMANGA ( <i>Pennisetum purpurem</i> . S.)	MATORRAL, HIERBA CARIAMANGA	40	30	1200	11	



31	744740	9576527	1023	NO	INVERNA	60	40	2400	12	
32	744791	9576520	1027	NO	INVERNA	20	20	400	13	
33	744819	9576505	1029	MATORRAL	VIA	40	20	800	14	
34	744861	9576488	1041	MATORRAL	VIA	30	20	600	15	








35	745041	9576290	1052	MATORRAL	VIA	10	8	80	16	
36	745081	9576243	1041	MATORRAL	VIA	10	10	100	17	
37	745093	9576226	1041	GRAMALOTE ( <i>Axonopus scoparius</i> . <i>A.S. Hitch.</i> )	VIA	10	10	100	18	
38	745604	9576397	1009	MATORRAL	-	60	15	900	19	




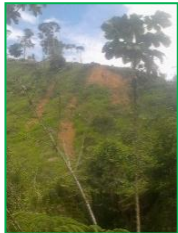
39	745510	9576159	1000	MATORRAL	VIA- QUEBRADA	120	50	6000	1-2	
40	745544	9576119	991	MATORRAL	QUEBRADA	40	20	800	20	
41	744565	9576345	1100	LARITACO <i>(Vernonanthura patens. K.)</i>	INVERNA	60	80	4800	89	
42	743068	9579586	1114	CHONTAS <i>(Bactris gasipaes. K.)</i>	QUEBRADA	80	40	3200	24-25	




43	743333	9579890	1186	GRAMALOTE ( <i>Axonopus scoparius</i> . A.S. Hitch.)	QUEBRADA	80	20	1600	27	
44	742108	9581174	1487	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	400	30	12000	26	
45	743131	9579601	1117	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	QUEBRADA	20	8	160	29	
46	743077	9579710	1152	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	10	5	50	30	

47	743084	9579904	1179	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	QUEBRADA	20	30	600	32	
48	743078	9579921	1183	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	QUEBRADA	30	30	900	32	
49	743083	9579941	1185	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	QUEBRADA	50	50	2500	32	
50	743248	9579865	1174	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	150	150	22500	34-35	




51	743385	9579436	1116	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	30	10	300	36	
52	743418	9579448	1100	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	40	10	400	37	
53	743402	9579412	1111	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	40	80	3200	39	


54	742651	9577616	1375	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	400	100	40000	45	
55	742649	9577537	1403	BOSQUE	INVERNA- QUEBRADA	100	100	10000	46	
56	742796	9578771	1198	BOSQUE	BOSQUE	30	40	1200	48	
57	742932	9578745	1162	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	20	10	200	48	

58	743672	9578923	1067	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA	20	10	200	49	
59	743840	9579094	1048	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	QUEBRADA	50	30	1500	50	
60	743922	9579159	1053	NO	VIA	20	8	160	51	
61	743866	9579046	1057	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	40	40	1600	52	

62	743880	9579028	1067	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	15	8	120	53	
63	743901	9579023	1066	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	15	8	120	54	
64	744162	9579122	1062	NO	VIA	30	19	570	56	
65	744341	9579227	1051	NO	VIA	30	10	300	57	



66	744550	9579184	1066	MATORRAL	VIA	30	30	900	58	
67	744697	9579073	1045	NO	VIA- QUEBRADA	200	50	10000	59	
68	744797	9579094	1025	NO	VIA	20	20	400	60	

69	744873	9578834	1006	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	QUEBRADA	80	80	6400	61-62-63	
70	744797	9578785	1019	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	80	40	3200	61-62-64	
71	744769	9578755	1029	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	90	40	3600	61-62-65	
72	744756	9578574	1078	BRACHIARIA ( <i>Urochloa decumbens</i> R.)	INVERNA- QUEBRADA	50	20	1000	61-62-66	
								<b>m2</b>	210903,5	
								<b>Ha</b>	21,1	

### 6.3.5 Elaboración de mapas.

#### 6.3.5.1 Mapa de densidad de deslizamientos.

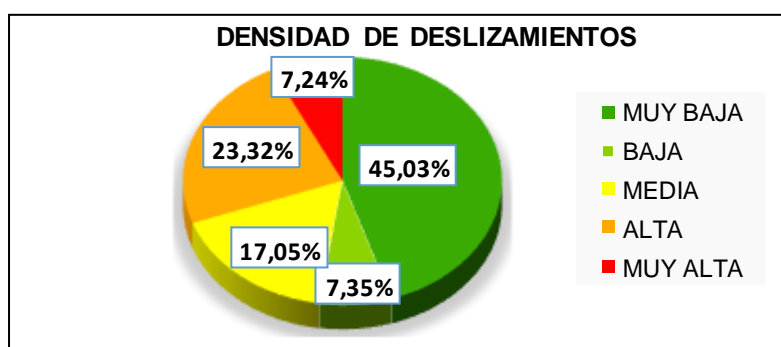
En este apartado se presenta una descripción de los resultados del mapa de densidad de deslizamientos, obtenido para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos de tierra.

En el cuadro 18, se observa los atributos del shape de susceptibilidad por factores que se generó en la elaboración del mapa de susceptibilidad por factores.

**Cuadro 10.** Atributos del mapa de densidad de deslizamientos.

N°	AREA TOTAL	%	NIVEL
1	2355,75	45,03	Muy baja
2	384,44	7,35	Baja
3	892,13	17,05	Media
4	1220,05	23,32	Alta
5	378,95	7,24	Muy alta
<b>TOTAL</b>	<b>5231,32</b>	<b>100</b>	

A continuación se construyó una gráfica con la información de la tabla de atributos generada por el shape de densidad de deslizamientos.



**Figura 23.** Distribución porcentual de las áreas estimadas en el mapa de deslizamientos.

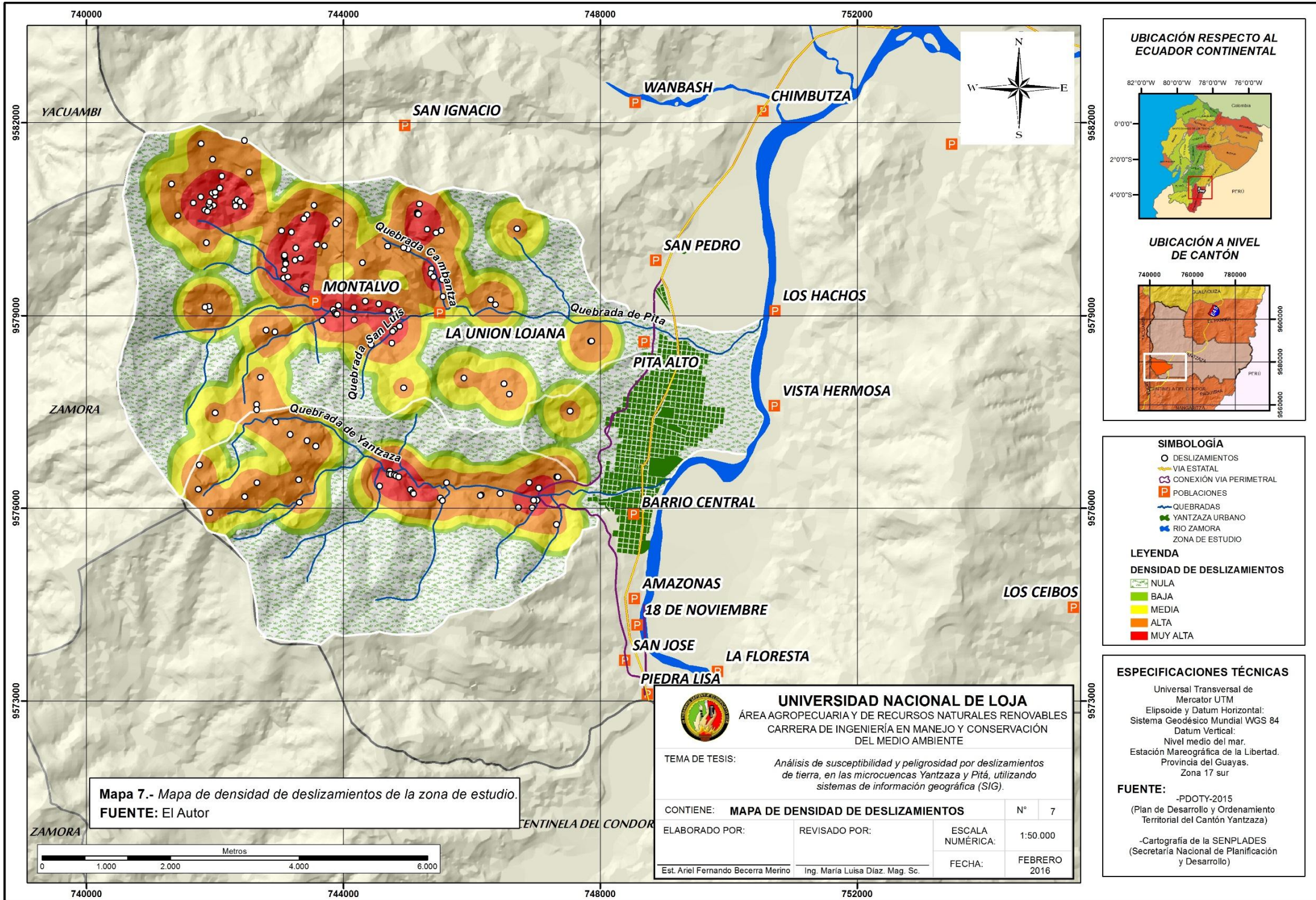
Este mapa realizado a partir del inventario de deslizamientos en campo y de la identificación en las imágenes satelitales, representa la densidad de deslizamientos por km<sup>2</sup> que tenemos presente en la zona de estudio hasta la fecha, a este mapa se lo clasificó en 5 áreas de densidad, realizando de esta manera una mejor representación de este tipo de eventos.

De manera general los deslizamientos de tierra se ubican en las riveras de las quebradas y los márgenes de las quebradas, quedándonos que la mayor concentración de deslizamientos está ubicado en la parte media-alta de la microcuenca Pitá.

Otras de las zonas de concentración de deslizamientos están ubicadas en el sector del puente sobre la quebrada de Yantzaza (Vía perimetral de Yantzaza), y en la parte media de la microcuenca Yantzaza.

La mayor concentración de densidad de deslizamientos respecto a la zona de estudio ocupa un 7.24% siendo estas zonas de pastizales o zonas por donde se tiene la presencia de vías entre estas la vía de conexión perimetral de la ciudad de Yantzaza y los accesos a las dos microcuencas en estudio.

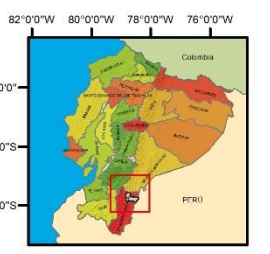
# MAPA DE DENSIDAD DE DESLIZAMIENTOS



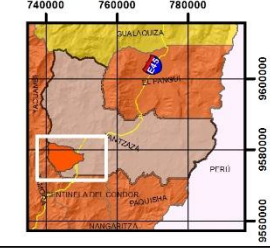
Mapa 7.- Mapa de densidad de deslizamientos de la zona de estudio.  
FUENTE: El Autor



## UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



## UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



## SIMBOLOGÍA

- DESLIZAMIENTOS
- VIA ESTATAL
- ⊞ CONEXIÓN VIA PERIMETRAL
- ⊞ POBLACIONES
- QUEBRADAS
- YANTZAZA URBANO
- ZONA DE ESTUDIO

## LEYENDA

- ### DENSIDAD DE DESLIZAMIENTOS
- NULA
  - BAJA
  - MEDIA
  - ALTA
  - MUY ALTA

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar.  
 Estación Mareográfica de la Libertad. Provincia del Guayas. Zona 17 sur

**FUENTE:**  
 -PDOTY-2015 (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)  
 -Cartografía de la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TEMA DE TESIS: *Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).*

CONTIENE:	<b>MAPA DE DENSIDAD DE DESLIZAMIENTOS</b>	N°	7
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	ESCALA NUMÉRICA:	1:50.000
Est. Ariel Fernando Becerra Merino	Ing. María Luisa Díaz. Mag. Sc.	FECHA:	FEBRERO 2016

### 6.3.5.2 Mapa de susceptibilidad Final.

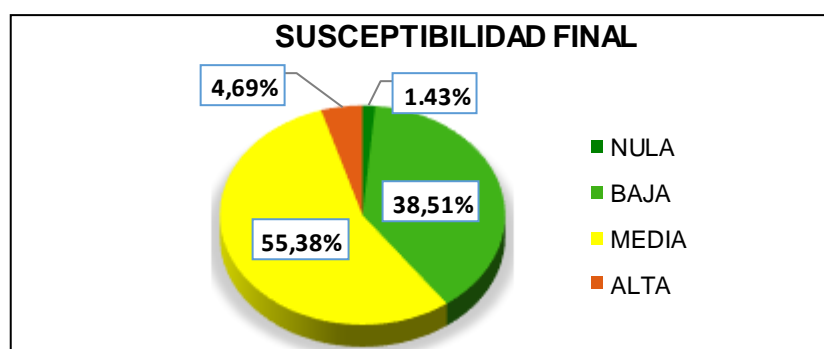
Una vez que se obtuvo listos el mapa de susceptibilidad por factores y de densidad de deslizamientos, se realizó un cruce de variables generándonos de esta manera el mapa de susceptibilidad final, en este apartado se presenta una descripción de los resultados del mapa de susceptibilidad final.

En el cuadro 19, se observa los atributos del shape que se generó en la elaboración del mapa de susceptibilidad final.

**Cuadro 11.** Atributos del mapa de susceptibilidad final.

N°	SUSCEPTIBILIDAD	AREA HA	%
1	NULA	74,34	1,43
2	BAJA	2006,08	38,51
3	MEDIA	2884,53	55,38
4	ALTA	244,11	4,69
	<b>TOTAL</b>	5209,06	100

A continuación se construyó una gráfica con la información de los atributos generada por el shape de susceptibilidad final.



**Figura 24.** Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a su respectivo valor de susceptibilidad.

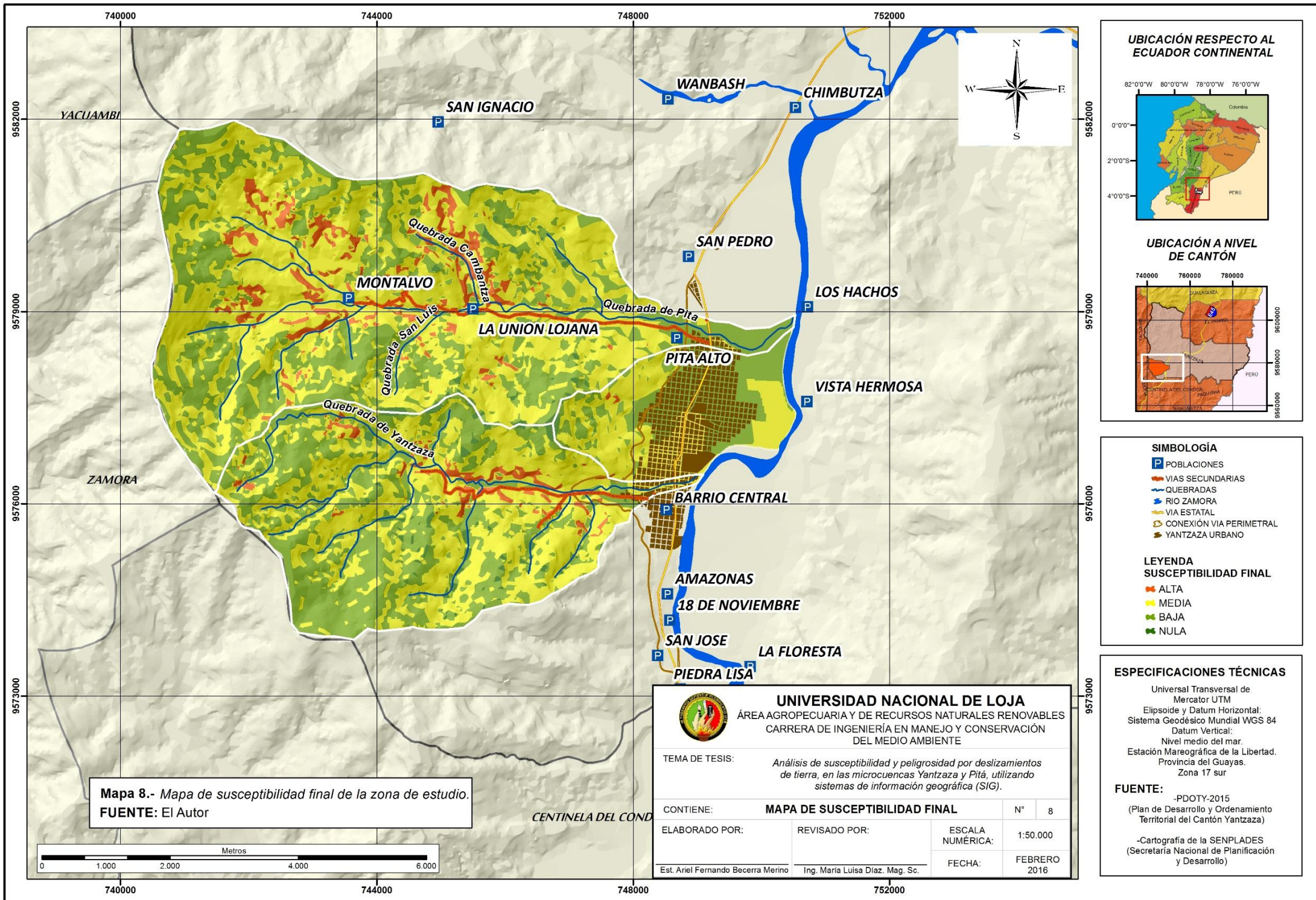
En la zona de estudio la predominancia está dada por la susceptibilidad media la cual alcanza un 55,38% de superficie, correspondiente a 2884.53 Ha de terreno el cual está disperso de manera general por toda la zona.

Luego encontramos zonas de susceptibilidad baja las cuales ocupan superficies de 2006,08 Ha correspondientes al 38,51% de la superficie total de terreno, a su vez esta extensión también está distribuida de manera general por toda la zona de estudio.

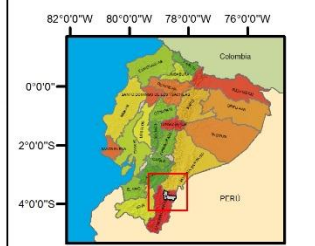
Ocupando el tercer lugar se encontró ubicada zonas de susceptibilidad alta con una superficie de 244,11 Ha que representan el 4,69% de extensión del terreno, estas zonas están distribuidas en las riveras de las dos quebradas en estudio, ocupando zonas de concentración áreas como son el margen derecho de la microcuenca Pitá.

Las zonas de susceptibilidad nula ocupan 74,34 Ha de terreno que corresponde al 1,43% de superficie total.

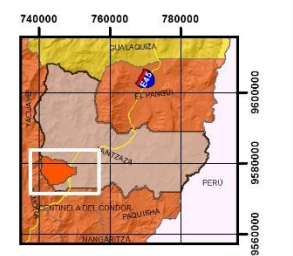
# MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD FINAL



## UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



## UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



## SIMBOLOGÍA

- POBLACIONES
- VIAS SECUNDARIAS
- QUEBRADAS
- RIO ZAMORA
- VIA ESTATAL
- CONEXIÓN VIA PERIMETRAL
- YANTZAZA URBANO

## LEYENDA SUSCEPTIBILIDAD FINAL

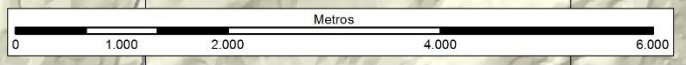
- ALTA
- MEDIA
- BAJA
- NULA

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
 Elipsoide y Datum Horizontal:  
 Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
 Datum Vertical:  
 Nivel medio del mar.  
 Estación Mareográfica de la Libertad,  
 Provincia del Guayas,  
 Zona 17 sur

**FUENTE:**  
 -PDOTY-2015  
 (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)  
 -Cartografía de la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)

**Mapa 8.- Mapa de susceptibilidad final de la zona de estudio.**  
**FUENTE:** El Autor



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE		TEMA DE TESIS:		Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).	
		CONTIENE:	<b>MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD FINAL</b>	N°	8
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	ESCALA NUMÉRICA:	1:50.000		
Est. Ariel Fernando Becerra Merino	Ing. María Luisa Díaz, Mag. Sc.	FECHA:	FEBRERO 2016		



### 6.3.5.3 Mapa de infraestructura urbana.

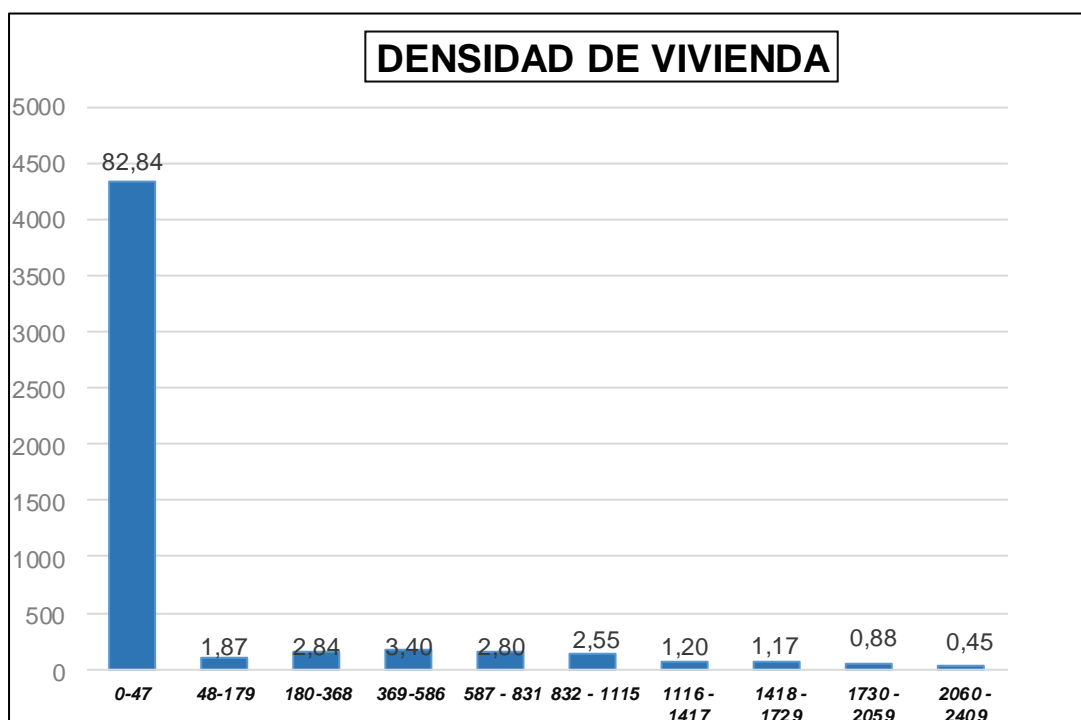
En el mapa de infraestructura urbana se encontró que el número de viviendas que existen en la ciudad de Yantzaza son de 3138, cuya densidad de vivienda fue clasificada en 10 niveles, en este apartado se presenta una descripción de los resultados del mapa de infraestructura urbana.

En el cuadro 20, se observa los atributos del shape de infraestructura urbana que se generó en la elaboración de este mapa.

**Cuadro 12.** Atributos del mapa de infraestructura urbana.

N°	DENSIDAD (Vivienda/Km <sup>2</sup> )	AREA Ha	%
1	0 - 47	4333,96	82,84
2	48 - 179	97,64	1,87
3	180 - 368	148,60	2,84
4	369-586	178,10	3,40
5	587 - 831	146,40	2,80
6	832 - 1115	133,42	2,55
7	1116 - 1417	62,59	1,20
8	1418 - 1729	61,37	1,17
9	1730 - 2059	45,82	0,88
10	2060 - 2409	23,65	0,45
	<b>TOTAL</b>	5231,55	

A continuación se construyó una gráfica con la información de la tabla de atributos generada por el shape de infraestructura urbana.



**Figura 25.** Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a la densidad de vivienda.

En este mapa se describe la densidad de vivienda que tenemos presente en toda la superficie de estudio con el fin de poder establecer afectaciones por deslizamientos de tierra en las viviendas que se encuentran ubicadas ya sea en las riveras de las dos quebradas y en la zona urbana como es la ciudad de Yantzaza, además se estableció que la cantidad de viviendas son 3138 ubicadas en toda la superficie de las dos microcuencas.

En si la predominancia de densidad de vivienda está dado por el 82.84% el cual ubica el rango de entre (0-47 viviendas/Km<sup>2</sup>) en primer lugar, en si este rango viene siendo aquel que ocupa la mayor superficie de terreno siendo esto 4333.96 Ha.

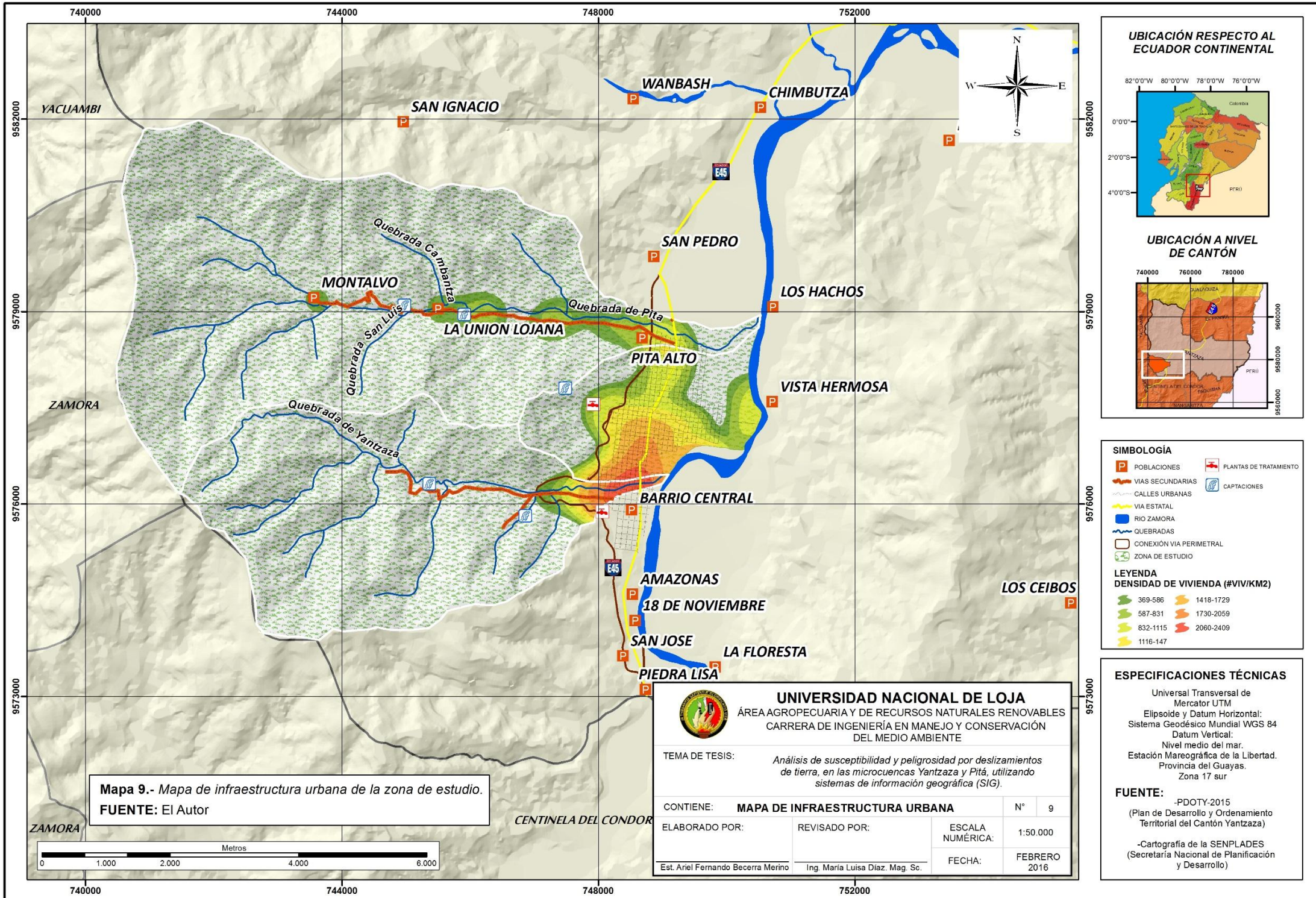
Y por lo contrario ocupando el 0.45% de suelo con 23.65 Ha, tenemos al último rango (2060 – 2409 viviendas/Km<sup>2</sup>) el cual se encuentra ubicado en la zona

céntrica de la ciudad de Yantzaza correspondiente al barrio central y barrio sur, estos dos barrios son aquellos que albergan la mayor cantidad de densidad de viviendas.

En cuanto a la infraestructura vial se observó la presencia de la vía estatal, vías secundarias, la vía perimetral y las calles urbanas de la ciudad de Yantzaza.

Además se logró observar que dentro de la zona de estudio se tiene la presencia de cinco captaciones de agua (dos en la microcuenca Yantzaza, 2 en la microcuenca Pitá y 1 en la zona de transición de las dos microcuencas), el agua de las dos captaciones de la microcuenca Yantzaza, es trasladada hacia la planta de tratamiento ubicada en la zona sur-oeste de la ciudad y el agua de la captación de la zona de transición de las dos microcuencas es trasladada hacia la planta de tratamiento ubicada en la zona oeste de la ciudad. Cabe mencionar que las 2 captaciones de la microcuenca Pitá abastecen directamente a la comunidad de Montalvo y la Unión Lojana las cuales no tienen planta de tratamiento previa.

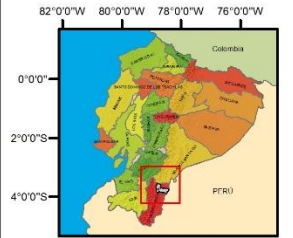
# MAPA DE INFRAESTRUCTURA URBANA



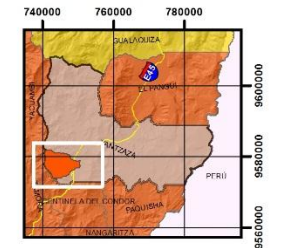
**Mapa 9.- Mapa de infraestructura urbana de la zona de estudio.**  
**FUENTE:** El Autor



## UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



## UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



## SIMBOLOGÍA

- POBLACIONES
- VIAS SECUNDARIAS
- CALLES URBANAS
- VIA ESTATAL
- RIO ZAMORA
- QUEBRADAS
- CONEXIÓN VIA PERIMETRAL
- ZONA DE ESTUDIO
- PLANTAS DE TRATAMIENTO
- CAPTACIONES

## LEYENDA DENSIDAD DE VIVIENDA (#VIV/KM2)

- 369-586
- 587-831
- 832-1115
- 1116-147
- 1418-1729
- 1730-2059
- 2060-2409

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar.  
 Estación Mareográfica de la Libertad. Provincia del Guayas. Zona 17 sur

**FUENTE:** -PDOTY-2015  
 (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)

-Cartografía de la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TEMA DE TESIS: *Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).*

CONTIENE:	<b>MAPA DE INFRAESTRUCTURA URBANA</b>	N°	9
ELABORADO POR:	Est. Ariel Fernando Becerra Merino	REVISADO POR:	Ing. María Luisa Díaz, Mag. Sc.
ESCALA NUMÉRICA:	1:50.000	FECHA:	FEBRERO 2016

### **6.3.5.4 Mapa de Peligrosidad.**

#### **6.3.5.4.1 Zonas de susceptibilidad**

En este apartado se presenta una descripción de los resultados del mapa de peligrosidad, obtenido para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos de tierra.

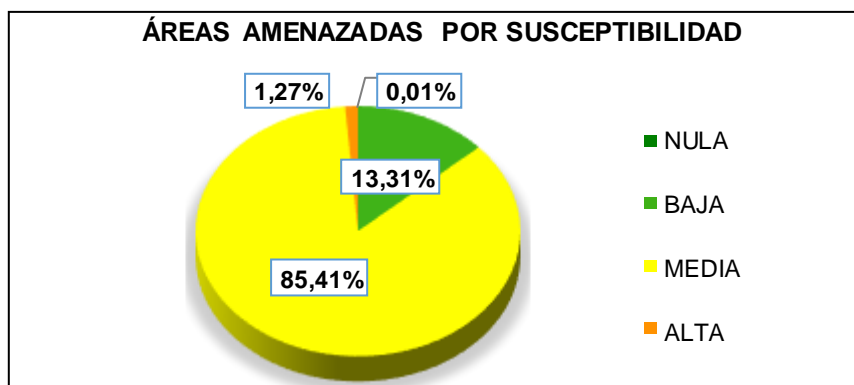
En el cuadro 21, se observa los atributos del recorte que se realizó al shape de susceptibilidad final a partir del shape de infraestructura urbana, el cual se generó en la elaboración del mapa de peligrosidad.

**Cuadro 13. Áreas de susceptibilidad que amenazan a viviendas.**

<b>N°</b>	<b>SUSCEPTIBILIDAD</b>	<b>AREA HA</b>	<b>%</b>
1	NULA	0,25	0,01
2	BAJA	417,18	13,31
3	MEDIA	2676,17	85,41
3	ALTA	39,78	1,27
		3133,37	100

El cuadro muestra el recorte que se realizó al shape de susceptibilidad final, a partir de los 7 niveles más representativos del shape de densidad de vivienda, estableciéndose así las áreas urbanas susceptibles a deslizarse.

A continuación se construyó una gráfica con la información del recorte que se hizo al shape de susceptibilidad final.



**Figura 26.** Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a su respectivo valor de susceptibilidad.

En la figura 28 se puede observar el porcentaje de susceptibilidad que amenaza a las zonas de vivienda presentes en el área de estudio, quedándonos con una predominancia del 85,41% de cobertura a zonas de susceptibilidad media, seguido de un 13,31% de superficie a zonas de susceptibilidad baja, luego tenemos con un 1,27% de superficie valores de susceptibilidad alta y por último con un 0,01% encontramos zonas de susceptibilidad nula.

#### 6.3.5.4.2 Viviendas amenazadas.

**Cuadro 14.** Áreas de susceptibilidad que amenazan a viviendas.

SUSCEPTIBILIDAD	N° CASAS	%	TOTAL DE CASAS FUERA DE LA ZONA DE ESTUDIO	TOTAL CASAS EN LA CIUDAD
NULA	0	0,00	1679	3138
BAJA	355	24,33		
MEDIA	1099	75,33		
ALTA	5	0,34		
MUY ALTA	0	0,00		
TOTAL DE CASAS EN LA ZONA DE ESTUDIO	1459	100		

La ciudad de Yantzaza según la información obtenida en formato shape cuenta con aproximadamente 3138 viviendas, de las cuales 1459 viviendas están dentro de la zona de estudio.

Además tenemos que un 75,33% de viviendas que están dentro de la zona de estudio se encuentran en zonas de susceptibilidad media, seguido de un 24.33% de viviendas que se encuentran en zonas de susceptibilidad baja, luego tenemos un 0,34% de viviendas localizadas en zonas de susceptibilidad alta, y por último tenemos zonas de susceptibilidad nula y muy alta, las cuales no albergan ninguna vivienda.

#### *6.3.5.4.3 Infraestructura vial y de agua potable.*

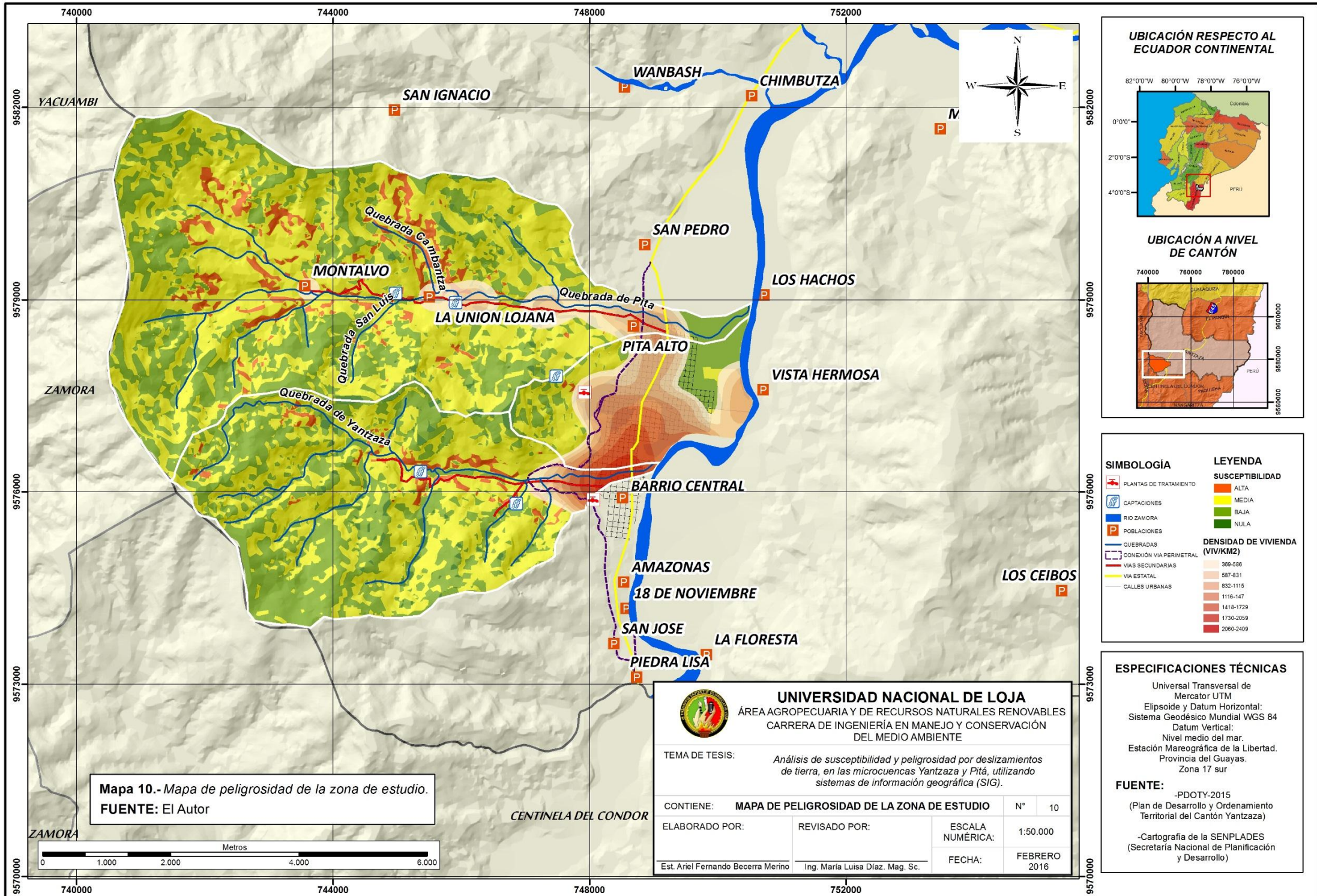
En cuanto a la infraestructura vial se encontró que todas las vías que incluyen:

- Vías secundarias.
- Vía estatal (E45).
- Vía de conexión perimetral.
- Calles urbanas.

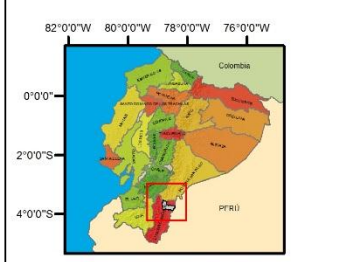
Atraviesan zonas de susceptibilidad, en donde se puede observar una gran cantidad de deslizamientos de tierra, a excepción de las calles urbanas las cuales se encuentran ubicadas en zonas susceptibilidad baja.

Las captaciones se encuentran ubicadas en zonas de susceptibilidad media y alta y las plantas de tratamiento de agua se sitúan sobre zonas susceptibles a deslizarse.

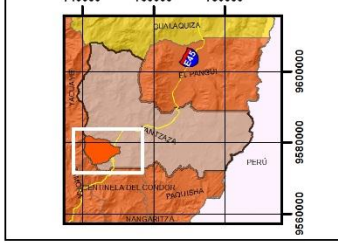
# MAPA DE PELIGROSIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO



## UBICACIÓN RESPECTO AL ECUADOR CONTINENTAL



## UBICACIÓN A NIVEL DE CANTÓN



SIMBOLOGÍA		LEYENDA	
	PLANTAS DE TRATAMIENTO		ALTA
	CAPTACIONES		MEDIA
	RIOS ZAMORA		BAJA
	POBLACIONES		NULA
	QUEBRADAS	<b>DENSIDAD DE VIVIENDA (VIV/KM2)</b>	
	CONEXIÓN VIA PERIMETRAL		369-586
	VÍAS SECUNDARIAS		587-831
	VIA ESTATAL		832-1115
	CALLES URBANAS		1116-147
			1418-1729
			1730-2059
			2060-2409

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Universal Transversal de Mercator UTM  
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar.  
 Estación Mareográfica de la Libertad. Provincia del Guayas. Zona 17 sur

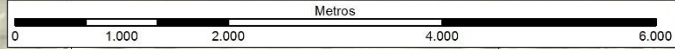
**FUENTE:** -PDOTY-2015 (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Yantzaza)  
 -Cartografía de la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo)

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
 ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TEMA DE TESIS: *Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos de tierra, en las microcuencas Yantzaza y Pitá, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).*

CONTIENE:	MAPA DE PELIGROSIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO	N°	10
ELABORADO POR:	Est. Ariel Fernando Becerra Merino	REVISADO POR:	Ing. María Luisa Díaz, Mag. Sc.
ESCALA NUMÉRICA:	1:50.000	FECHA:	FEBRERO 2016

**Mapa 10.- Mapa de peligrosidad de la zona de estudio.**  
**FUENTE:** El Autor





### **6.3.1 Socialización.**

El proceso de socialización sobre este proyecto de tesis se lo realizó al GAD municipal del Cantón Yantzaza, dentro de los cuales estuvieron presentes el Sr. Bladimir Armijos Alcalde del cantón Yantzaza, el Arq. Leonel Jumbo Jefe del Departamento de Planificación y el Sr. Víctor Sarango Jefe del Departamento de Gestión de Riesgos del municipio.

La socialización tuvo una duración de 45 minutos, dentro de la cual se hizo conocer el propósito de esta investigación, el mismo que es conocer que zonas se encuentran más propensas o son susceptibles a deslizarse dentro de la zona de estudio.

El interés por parte de las autoridades, se hizo notar rápidamente ya que esta investigación abarca las zonas de captación de agua potable para la ciudad de Yantzaza, las cuales son amenazadas por la susceptibilidad de que existan deslizamientos aguas arriba.

Además se hizo conocer que los deslizamientos se deben en su gran mayoría a actividades antrópicas dentro de las cuales se encuentran la existencia de invernadas que ocupan grandes extensiones de tierra, esto llamo la atención de las autoridades, para proceder de esta manera a dar la aprobación de la ordenanza “Protección de fuentes y zonas de recarga de agua, ecosistemas frágiles y otras áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad y el patrimonio natural del cantón Yantzaza” la cual hasta ese momento se encontraba ya en proceso de ser archivada, entonces se pidió ponerla en el orden del día para la siguiente sesión de consejo porque según el alcalde del cantón Yantzaza, este tipo de actividades antrópicas, vienen siendo muy preocupantes,

y acotó que con la aprobación de esta ordenanza disminuiría el riesgo de que se den más deslizamientos en todo el cantón.

Y por último se expuso, que la gente que habita estas dos microcuencas no se encuentra preparada para poder reaccionar ante eventualidades de este tipo, para lo cual el jefe del departamento de Gestión de Riesgos, indicó que no existe el dinero ni los recursos, para poder llegar con talleres a estos lugares.



**Fotografía 2.** *Proceso de Socialización de Tesis al GAD Yantzaza.*

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Discusión para el primer objetivo específico

**Analizar y generar las variables que influyen en la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos en las microcuencas que abastecen de agua a la ciudad de Yantzaza.**

En la zona de estudio se han analizado cuatro variables como son: pendiente, geología, precipitación y cobertura vegetal, variables que han sido consideradas por tener mucha importancia en la formación de eventos de este tipo tales como son los deslizamientos de tierra.

La metodología aplicada y los resultados obtenidos para el factor pendiente muestran que la zona de estudio presenta un 69% de superficie con pendientes fuertes, muy fuertes y extremadamente fuertes, siendo estas de susceptibilidad media, alta y muy alta respectivamente, además es importante mencionar que la mayoría de autores coincide en que el factor pendiente se relaciona directamente con los deslizamientos de tierra.

El factor pendiente al entrar en interacción con el factor precipitación llega a formar una gran cantidad de deslizamientos de tierra, porque este factor actúa como detonante para la formación de este tipo de eventos, (González y Guillen, 2010) ya que los suelos son sobresaturados de agua, debido a la presencia de precipitaciones que comprenden el rango que va desde los 2000 a 2300 mm/año, así pues observamos que el 87,64% del área tiene precipitaciones que van de 2100 a 2200 mm/año siendo valores muy elevados en cuestión de precipitación que son característicos de la amazonía ecuatoriana, además de que las dos

microcuencas en estudio son de tipo dendrítico por la litología de baja permeabilidad que encontramos en la zona de estudio y según el análisis realizado estas dos microcuencas vienen a tener una altísima densidad de drenaje cuyos valores son para la microcuenca Yantzaza de 6.39 km/km<sup>2</sup> y para la microcuenca Pitá 7.19 km/km<sup>2</sup> con una orden de corriente de tipo 6 para cada microcuenca que refleja la rapidez de drenaje que presenta la zona de estudio.

Las principales rocas ígneas intrusivas son el granito, la diorita, la dolerita, y el gabro, (Suarez, 1998), rocas que se encuentran presentes en la zona de estudio más específicamente en la formación del batolito del Zamora, donde también podemos apreciar grandes cantidades de rocas graníticas que a su vez definen el batolito del Zamora. La litología tiene una gran incidencia en la formación de deslizamientos de tierra ya que según Suarez, (1998) afirma, las grandes masas graníticas se llaman Batolitos y cada formación geológica posee una susceptibilidad específica a los deslizamientos, el comportamiento de las rocas ígneas sanas o no meteorizadas en los taludes es controlado por su estructura, fallas y zonas de corte, las cuales actúan como superficies de debilidad, la mayoría de las rocas ígneas en estado sano son muy competentes pero al meteorizarse forman suelos que pueden ser poco resistentes. (p. 151, 152, 153,155).

Además también podemos apreciar que un 58,71% del área de estudio pertenece a la formación chapiza lo que significa que existe la presencia de lavas y lutitas rojas que según Suarez, (1998), menciona que las Lutitas son uno de los materiales más complejo desde el punto de vista de estabilidad de taludes. De acuerdo con el grado de solidificación las Lutitas varían en su comportamiento.

Las lutitas de grado bajo tienden a desintegrarse después de varios ciclos de secado y humedecimiento (p. 159). Todo esto nos indica que es perjudicial ya que la zona de estudio las precipitaciones elevadas y luego las olas de calor son eventos que se dan continuamente elevando la tendencia a deslizarse.

Por último tenemos la presencia de la cobertura vegetal, la cual a través de la interpretación de resultados muestra que un 51,09% de la cobertura del suelo, presenta bosque el cual en su mayoría cubre los filos de montaña., el cual según Suarez, (1998) asegura que, “extrae la humedad del suelo, las raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante, anclan el suelo superficial a mantos más profundos y retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión” (p. 276) y según Gonzales y Guillen (2010) “sirve como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo, al tomar el agua que requiere para vivir” (p. 68)

Sin embargo este factor al entrar en relación con la pendiente y precipitación puede generar deslizamientos de tierra en zonas de montaña, porque existen zonas de bosque que tienen pendientes bien pronunciadas llegando incluso a ángulos de inclinación de 27 a 45 grados, y mayores a 45 grados, estos lugares al momento que existen grandes precipitaciones, genera o activan deslizamientos de tierra, afectando aguas abajo vías, captaciones y poblaciones. Las zonas de pastizales 43,76% del área de estudio, se encuentran distribuidas de manera uniforme en el área de estudio, es la zona que más alberga deslizamientos (93 de 137 deslizamientos), lo cual se debe al poco

enraizado que los pastos ofrecen al suelo, provocando que se deslicen los terrenos cubiertos de pastizales.

La variable que tiene más importancia de todas las variables ocupadas viene siendo la cobertura vegetal, porque tiene un valor del 44% al momento de haber sido calificada, esta valoración se debe a que esta variable tiene más incidencia por las actividades antrópicas que se han dado en la zona de estudio (zonas de pastizales) y es aquella que se la puede manejar de alguna forma previniendo el aumento de más zonas de pastizales y realizando reforestaciones en ella.

## **7.2. Discusión para el segundo objetivo específico**

**Analizar la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos del área de estudio, utilizando Sistemas de Información Geográfica.**

El factor cobertura vegetal tiene una ponderación de (0.44), el cual tiene una gran importancia, porque fija el suelo firmemente a través del enraizado que posee la vegetación. En el mapa de susceptibilidad por factores, se hace muy notorio la presencia del factor pendiente en la generación de deslizamientos de tierra con un peso relativo de (0.38) es por eso que el mapa en algunos lugares toma la forma parecida al mapa de pendientes esto se debe a que los deslizamientos son más propensos a presentarse en zonas de pendiente elevada cuyos rangos van de 16 a 45° de inclinación. La precipitación tiene una ponderación de (0.09) porque la precipitación actúa como un factor que puede generar o en algunos casos activar antiguos deslizamientos de tierra.

La geología cuya valoración es de (0.09) es otro factor importante, porque a través de los procesos de meteorización que sufre la roca que componen las formaciones chapiza y batolito del Zamora pueden presentarse deslizamientos de tierra en la zona.

Los niveles de cada pendiente se clasificaron de acuerdo al grado de inclinación del terreno, (a mayor ángulo de inclinación, es mayor el nivel de pendiente), aparte se determinó cuántos deslizamientos se establecen por cada nivel de pendiente entre los niveles más importantes encontramos que un 71% de los deslizamientos, (90 deslizamientos) están en las zonas de pendiente media y alta, constituyéndose así la incidencia del factor pendiente en la formación de deslizamientos.

En el factor geología las valoraciones más altas fueron para la formación chapiza, coincidiéndonos que la mayor presencia de deslizamientos se da en zonas de lavas y lutitas rojas (formación chapiza) obteniendo un 52.2% de los deslizamientos (71 deslizamientos), ya que según Suárez, (1998) nos menciona que las lutitas de grado bajo tienden a desintegrarse después de varios ciclos de secado y humedecimiento. (p. 159)

Para el factor precipitación las valoraciones fueron dadas en base a Maldonado (2005) el cual menciona que la zona presenta un régimen pluviométrico tipo V: lluvia todo el año, de tipo monomodal, es por esto que las precipitaciones se valorizaron en base a que la zona de estudio presenta precipitaciones elevadas que van desde 2000 a 2300 mm/año, coincidiéndonos que el 47.79% de deslizamientos se encuentran en zonas que tiene precipitaciones de 2200 mm/año.

En cobertura vegetal, encontramos 6 clases de cobertura del suelo, la cual fue clasificada en base a su importancia e incidencia en la formación de deslizamientos, ya que la cobertura vegetal va a depender del enraizado que este ofrezca al suelo para que no se genere un deslizamiento de tierra, quedándonos que el 67.88% de los deslizamientos (93 deslizamientos) se encuentran en zonas de pastizales, estableciéndose que la actividad antrópica a través de la tala de bosque ya sea para establecer invernadas o infraestructura, ha sido una causante de que el suelo pierda sus propiedades de resistencia a este tipo de eventos.

Al utilizar la metodología de procesos de jerarquía analítica para la construcción del mapa de susceptibilidad por factores, los resultados de los pesos relativos son generados sin ningún nivel de subjetividad, porque esta metodología trata en lo posible de obviar cualquier grado de subjetividad, ya que según Barragán (2007) dice que el propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas (...). El AHP (Analytic Hierarchy Process) pide a quien toma las decisiones señalar una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de la medida en la que contribuya a cada criterio. (p.544).

Los resultados que se obtuvo al aplicar esta metodología reflejaron la opinión técnica consultada para dar la valoración a la matriz de jerarquía analítica, la cual a través del conocimiento como técnico, manifestó su criterio expresándolo en la matriz de jerarquía analítica.



En el mapa de susceptibilidad por factores se hace visible que un 58.46% de la superficie de la zona de estudio se encuentra en zonas de susceptibilidad media y alta, lugares que son propensos a que se susciten este tipo de eventos como son los deslizamientos de tierra. Este mapa es necesario que se corrija a través del cruce con otro mapa, como es el mapa de densidad de deslizamientos, a su vez que este nos refleja la realidad en campo de cómo se encuentra nuestra zona de estudio, llegando así a tener un mapa de susceptibilidad final más preciso del que se construyó con información base.

### **7.3. Discusión para el tercer objetivo específico**

**Analizar y generar un mapa de peligrosidad por susceptibilidad y deslizamientos a la que está expuesta la infraestructura, en el área de estudio.**

La zona de estudio presenta una cantidad de 137 deslizamientos de tierra, los cuales fueron representados a través de un mapa de densidad de deslizamientos, en donde se expresaron en cantidad de deslizamientos por kilómetro cuadrado, llegando a obtener que un 47.61% de superficie tiene presencia de niveles medio, alta y muy alta en lo que respecta a densidad. La concentración de deslizamientos por lo general están localizadas en las riveras de las quebradas y orillas de carreteras, dando con esto problemas de represamiento, turbidez de las aguas en las quebradas y problemas de conexión en las vías.

El mapa de susceptibilidad final nos muestra de una manera más precisa la realidad en campo, porque a través del cruce del mapa de susceptibilidad por factores y el mapa de densidad de deslizamientos (mapa corrector), se puede

divisar que un 60.07% de superficie está dentro de zonas susceptibles a deslizarse con niveles que va de susceptibilidad media a alta a su vez esto nos indica que más de la mitad del terreno tiene una tendencia a sufrir en algún momento eventos de este tipo afectando vías, captaciones e incluso provocando represamientos en los cauces de las quebradas. Este mapa vendría siendo un mapa de amenazas o peligros ya que según Gonzáles y Guillen (2010) afirma que, peligro o amenaza es un evento externo, representado por un fenómeno físico de origen natural o antrópico, se manifiesta en sitios específicos y durante un tiempo de exposición determinado, puede ocasionar daños físicos, económicos, ambientales, sociales; peligro es sinónimo de amenaza (p, 13).

La distribución temporal mensual de los deslizamientos muestran que los meses que más deslizamientos presentan son Marzo, Abril y Mayo, en los cuales hemos tenido mayores cantidades de precipitaciones produciéndose así deslizamientos de tierra en estas dos microcuencas, además de que la distribución temporal anual muestra que el año 2015 tiene mayor cantidad de deslizamientos, porque el GAD Yantzaza en este último año llevó a cabo un registro de este tipo de eventualidades los cuales fueron publicados en la página web del GAD-Y; el registro para los demás años se obtuvo a partir de redundar los portales web de los periódicos más conocidos entre ellos el diario La Hora, los cuales poseían escasa información de años anteriores.

La infraestructura urbana, vías, tanques de captación, plantas de tratamiento para agua potable y comunidades entre ellas Montalvo y la Unión Lojana, en este estudio son considerados como vulnerabilidades, porque según Gonzáles y Guillen (2010) dice que, “la vulnerabilidad es el grado de pérdida

provocado por la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada sobre un elemento o conjunto de elementos” (p, 15). Es por esto que se elaboró este mapa de Infraestructura que refleja todas las vulnerabilidades presentes en la zona de estudio. De las cinco captaciones de agua, cuatro se encuentran ubicadas según el análisis realizado en zonas de susceptibilidad media, lo cual nos indica una probabilidad de que tengan una tendencia a que se destruyan por algún deslizamiento, es por esto que se puede plantear su reubicación hacia zonas más seguras, la captación restante se encuentra ubicada en una zona con tendencia baja a deslizarse, es por esto que no tiene ningún grado de vulnerabilidad y puede permanecer ahí.

La cobertura vegetal nos indica que un 51.09% del terreno es zona boscosa, es decir que la otra mitad de terreno se encuentra intervenido ya sea por pastizales, cultivos o infraestructura, esto nos indica que la falta de ordenamiento territorial es una causa de que existan 43.76% de zonas de pastizales disipados en el área de estudio, además de que un 67.88% de los deslizamientos inventariados se encuentran en zonas de pastizales, los cuales derivan de las actividades antrópicas que existen entre ellas la ganadería que se genera en esta zona. El plan de ordenamiento territorial actual debería tomar en cuenta la nueva ordenanza que aún está en proceso de aprobación por el GAD-Y cuyo nombre es “Protección de fuentes y zonas de recarga de agua, ecosistemas frágiles y otras áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad y el patrimonio natural del cantón Yantzaza”, porque según el literal c y g del artículo 7 de esta ordenanza, se considera zonas prioritarias para la conservación a aquellas que por su situación y cobertura vegetal, intervengan en el ciclo del agua, especialmente para la preservación de cuencas hidrográficas, recarga de

acuíferos y abastecimiento de agua además de cejas de montaña, sitios cercanos a fuentes, manantiales, depósitos y corrientes de agua. Según el trabajo de campo realizado se constató que estas dos microcuencas aún tienen las características que describe la ordenanza municipal a expedirse, es por esto que se podría conservar todas estas zonas.

Las encuestas realizadas muestran la opinión de la gente entre las cuales podemos apreciar con mayor importancia el desconocimiento y falta de preparación que tienen las personas al momento de cómo enfrentarse ante un deslizamiento de tierra, porque se muestra que un 83% de pobladores de la zona de estudio considera que no está preparada para enfrentar un evento de este tipo. Aparte de que los pobladores desconocen cuáles son los organismos de socorro a los que se debería acudir en caso de ocurrir estas eventualidades; por eso se propone la idea de llevar a efecto cursos o talleres con los pobladores de ambas microcuencas por parte de la oficina de Gestión de Riesgos ubicada en el GAD Yantzaza en cuestión de medidas de prevención y mitigación de Riesgos, a pesar que en la socialización realizada el GAD-Yantzaza se indicó que este no cuenta con el financiamiento necesario para poder hacer este tipo de actividades, con los habitantes de estas microcuencas.

## 8. CONCLUSIONES.

- Los factores analizados pendientes, geología, precipitación y cobertura vegetal se establecen como variables clave en la formación de deslizamientos de tierra.
- Para determinar la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamiento de tierra la variable más importante es la cobertura vegetal.
- El 51,09% de la cobertura del suelo es Bosque.
- El análisis realizado en base a los cuatro factores involucrado en este estudio (pendiente, geología, precipitación y cobertura vegetal), nos demuestran que toda la zona de estudio tiene niveles medios de ser susceptible a deslizamientos de tierra.
- De las dos microcuencas de la zona de estudio, la microcuenca Pitá, presenta mayores pendientes y zonas de pastizales, lo cual justifica la gran cantidad de deslizamientos encontrados en esta microcuenca.
- Las dos microcuencas por tener un alto contenido de lutitas, material característico de la formación Chapiza, las hace más propensas a deslizarse.
- La intervención del hombre, ha hecho que grandes extensiones de terreno sean deforestadas, creándose de esta manera una gran cantidad de pastizales (43,76% de superficie), en los cuales la probabilidad de deslizamientos es elevada en caso de que existan grandes precipitaciones.

- El 60,07% de la superficie total de la zona de estudio, tiene una susceptibilidad que va desde el nivel medio a alto.
- La metodología de procesos de jerarquía analítica, al momento de su aplicación elimina cualquier grado de subjetividad, obteniendo así resultados con pesos relativos muy certeros.
- Los lugares con mayor peligrosidad son las 5 captaciones de agua, vías secundarias de acceso y la comunidad de Montalvo.
- Los meses de marzo, abril y mayo presentan más probabilidad de deslizamientos.
- Un 83% de los pobladores de las microcuencas no saben cómo reaccionar ante este tipo de eventualidades.
- El uso del SIG, mejora de una manera más eficaz, el uso de información cartográfica con superficies de grandes extensiones, además que facilita el análisis y visualización de problemas respecto a movimientos en masa.
- La población que vive en las dos microcuencas, no ha sido capacitada sobre la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra que tiene esta zona.
- El área de estudio presenta 137 deslizamientos.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para hacer la aplicación de estas metodologías, tener información cartográfica de mayor precisión tales como las curvas de nivel de la zona de estudio a menor escala, porque los resultados tendrán una mayor exactitud al momento de realizar el análisis.
- Es necesario, en el caso de realizar un análisis a más profundidad, el incluir más variables para realizar el cruce por factores, tratando en lo posible de realizar muy bien las valoraciones de escala que son exigidos.
- Se recomienda que las valoraciones para la matriz de procesos de jerarquía analítica, la realicen profesionales que manejen y conozcan muy bien este tipo de factores evitando así inconvenientes a futuro.
- Se recomienda que en la zona de estudio, se aplique la ordenanza municipal a expedirse, la cual ubica que todas las zonas boscosa serán protegidas con fines de conservación.
- Se recomienda realizar talleres sobre cómo reaccionar frente a un deslizamiento de tierra por parte de las autoridades de control.
- Se recomienda que el plan de ordenamiento territorial del cantón Yantzaza, incluya esta investigación, para poder mitigar a futuro problemas por deslizamientos de tierra.
- Se recomienda la reubicación de las captaciones de agua potable que se encuentran en zonas susceptibles a deslizarse.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Aristizábal&Yokota. (Julio de 2006). Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de Aburrá. Medellín.
- ASAMBLEA-NACIONAL. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial N° 449*. Ecuador.
- ASAMBLEA-NACIONAL. (28 de Septiembre de 2009). Ley de Seguridad Pública y del Estado. *Registro Oficial Suplemento* .
- ASAMBLEA-NACIONAL. (26 de Febrero de 2009.). Decreto ejecutivo N° 157. *Registro oficial N° 535*.
- ASAMBLEA-NACIONAL. (19 de Octubre de 2010). Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización. N° T.4570 . *Registro Oficial 303*. Quito, Ecuador.
- ASAMBLEA-NACIONAL. (6 de Agosto de 2014). Ley orgánica de recursos hídricos . *Registro Oficial N° 305*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Barragán, A. (2007). *Estudio de técnicas de agregación de indicadores para la selección de un nuevo reactor nuclear*. Mexico.
- Castell, R. (1986). *Diccionario de la lengua española*. Ediciones Castell.
- Comas&Ruiz. (1993). Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. Barcelona, España.
- Corominas&García. (1997). *Terminología de los movimientos de ladera, IV Simposio nacional sobre taludes y laderas inestables* (Vol. IV). Granada.
- Flamenco, A. (1999). Los Sistemas de Información Geográfica y los recursos naturales.
- Food and Agriculture Organization. (27 de 02 de 2015). FAO. Obtenido de [www.fao.org:www.fao.org/climatechange/30329-07fbead2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf](http://www.fao.org:www.fao.org/climatechange/30329-07fbead2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf)



- GAD-YANTZAZA. (2015). Catástro Predial de la Ciudad de Yantzaza. Yantzaza, Zamora Chinchipe, Ecuador.
- GAD-YANTZAZA. (2015). *Plan de ordenamiento Territorial de Yantzaza*. Yantzaza, Zamora Chinchipe, Ecuador.
- García, A. (2000). El modelo de la ganadería extensiva y la destrucción de los bosques en la república de Panamá. Panamá.
- González&Guillen. (2010). Análisis de susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos en la zona oriental de la cuenca superior del río zamora, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Loja, Loja, Ecuador.
- HONORABLE CONGRESO DEL, E. (1978 de Agosto de 1978). Ley de la cartografía nacional. *Registro oficial 643*.
- HONORABLE CONGRESO DEL, E. (22 de Noviembre de 2004). Decreto ejecutivo N° 2250. *Registro Oficial N° 466*.
- HONORABLE CONGRESO DEL, E. (18 de Mayo de 2004). Ley orgánica de transparencia y acceso a la información pública N° 24. *Registro oficial 337*.
- MAE. (2010). Ministerio del Ambiente. *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*.
- MAGAP. (2011). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. *Ortofotografía del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Malave, N. (02 de 2007). <http://uptparia.edu.ve/>. Obtenido de <http://uptparia.edu.ve/documentos/F%C3%ADsico%20de%20Escala%20Likert.pdf>
- Organización Hidrográfica Internacional OHI. (2015 de 05 de 1996). [www.iho.int](http://www.iho.int). Obtenido de [https://www.iho.int/iho\\_pubs/standard/S-32/S-32-SPA.pdf](https://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-32/S-32-SPA.pdf)
- Parra, Y. K. (2004). Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos en el Distrito de Orosi. Distrito de Orosi, Cartago, Costa Rica.

Santacana, N. (2001). *Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica*. Catalunya.

Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*.

Suaréz, J. (07 de 1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Bucaramanga, Colombia.

## 11. ANEXOS

### 11.1. Entrevista para pobladores de la microcuenca

#### ANEXO 1



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

#### ENCUESTA

La presente encuesta está dirigida a los pobladores de la microcuenca Yantzaza y Pitá, los cuales están enmarcados dentro de una investigación acerca de la peligrosidad por deslizamientos de tierra. Esta encuesta sirve como fase de campo en la elaboración de Tesis para la obtención del grado de Ingeniero en Manejo Y Conservación Del Medio Ambiente.

<b>NOMBRE:</b>	<b>COORDENADAS:</b>
	<b>X:</b> <b>Y:</b>
<b>FECHA:</b>	<b>OCUPACIÓN:</b>

1. **¿Conoce algún estudio que se haya dado en la zona, acerca de deslizamientos de tierra?**
  - SI
  - NO
2. **¿Conoce algún deslizamiento presente en la zona?**
  - SI
  - NO
3. **¿Qué haría usted si se presenta un deslizamiento?**
  - CORRER
  - REFUGIARSE
  - PEDIR AYUDA
  - NINGUNA DE LAS ANTERIORES
4. **¿Las vías de acceso pueden ser interrumpidas por eventos de este tipo?**
  - SI
  - NO
5. **¿Conoce cuáles son los organismos de socorro a los que usted acudiría en caso de ocurrir un evento de este tipo?**
  - POLICIA
  - BOMBEROS
  - CRUZ ROJA
  - SGR
6. **¿Considera usted que el lugar es propenso a sufrir eventos de este tipo?**
  - SI
  - NO
7. **¿Considera usted que está preparado para enfrentar un evento de este tipo?**
  - SI
  - NO
8. **¿Considera usted que se han tomado medidas para reducir el riesgo ante un evento similar?**
  - SI
  - NO



**11.3. Matriz de campo para el inventario de deslizamientos.**

**ANEXO 3**

Coordenadas		ALTITUD	Vegetació		Área
x	y				
		N <sup>a</sup> de foto			
		Elementos afectados			

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Coordenadas		ALTITUD	Vegetació	Área
x	y			
		N <sup>a</sup> de foto		
		Elementos afectados		

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Coordenadas		ALTITUD	Vegetació	Área
x	y			
		N <sup>a</sup> de foto		
		Elementos afectados		

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## CONTENIDO GENERAL

### INDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	I
CERTIFICACION.....	II
AUTORÍA.....	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
1. TITULO.....	1
2. RESUMEN .....	2
2.1. SUMMARY .....	3
3. INTRODUCCIÓN .....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
4.1. Marco conceptual .....	6
4.1.1 Características de las microcuencas.....	6
4.1.1.1 La microcuenca hidrográfica. ....	6
4.1.1.2 Hidrografía.....	7
4.1.1.3 Topografía. ....	7
4.1.1.3.1 Elevaciones. ....	7
4.1.1.3.2 Pendientes. ....	8
4.1.1.3.3 Geología.....	8
4.1.1.3.4 Precipitación.....	12
4.1.1.3.5 Cobertura Vegetal. ....	12
4.1.1.4 Áreas en riesgo. ....	13
4.1.1.5 Áreas amenazadas por movimientos en masa (mm). ....	13
4.1.1.6 Amenaza por actividad sísmica.....	13
4.1.2 Deslizamientos.....	13
4.1.2.1 Deslizamiento.....	14
4.1.2.2 Factores que determinan el proceso de deslizamiento. ....	15
4.1.2.2.1 Clima. ....	15
4.1.2.2.2 Relieve. ....	15

4.1.2.2.3 Geología.....	15
4.1.2.2.4 Clima y Vegetación.....	17
4.1.2.2.5 Población.....	18
4.1.2.3 Elementos de los deslizamientos. ....	18
4.1.2.3.1 Escarpe principal. ....	18
4.1.2.3.2 Escarpe secundario.....	18
4.1.2.3.3 Cabeza. ....	18
4.1.2.3.4 Puntera. ....	18
4.1.2.3.5 Pie. ....	19
4.1.2.3.6 Cuerpo.....	19
4.1.2.3.7 Flanco.....	19
4.1.2.3.8 Corona.....	19
4.1.2.3.9 Superficie de ruptura principal.....	19
4.1.2.3.10 Superficie de ruptura secundaria.....	19
4.1.2.3.11 Material desplazado. ....	20
4.1.2.3.12 Zona de agotamiento.....	20
4.1.2.3.13 Zona de acumulación: ....	20
4.1.2.4 Clasificación De Los Deslizamientos.....	20
4.1.2.4.1 Un desprendimiento. ....	20
4.1.2.4.2 Los vuelcos. ....	21
4.1.2.4.3 Los deslizamientos. ....	21
4.1.2.4.4 Los Flujos. ....	21
4.1.3 Métodos de Susceptibilidad.....	22
4.1.3.1 Susceptibilidad. ....	23
4.1.3.2 Métodos heurísticos. ....	23
4.1.3.3 Métodos geomorfológicos. ....	23
4.1.3.4 Normalización.....	24
4.1.3.5 Proceso de Jerarquía Analítica (Analytic Hierarchy Process). ....	25
4.1.3.6 La Escala De Lickert.....	25
4.1.4 Peligrosidad.....	26
4.1.4.1 Peligro. ....	26
4.1.4.2 Peligrosidad.....	27
4.1.4.3 Vulnerabilidad.....	27

4.1.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	27
4.1.5.1 Definición de Sistema de Información Geográfica (SIG).....	27
4.1.5.2 Elementos de un SIG. ....	28
4.1.5.2.1 Recopilación de datos. ....	28
4.1.5.2.2 Adecuación de datos.....	29
4.1.5.2.3 Administración y manipulación de datos. ....	29
4.1.5.2.4 Análisis. ....	29
4.1.5.2.5 Representación o publicación de los resultados. ....	29
4.1.5.3 Confección de mapas de peligrosidad.....	30
4.1.5.3.1 Mapas con base geomorfológica.....	30
4.1.5.3.2 Mapas basados en la susceptibilidad relativa. ....	31
4.1.5.4 Escalas de trabajo.....	31
4.1.5.5 Unidad de terreno utilizada.....	32
4.1.5.6 Ventajas e inconvenientes del uso del SIG. ....	33
4.1.6 Otras Experiencias .....	34
4.2. Marco legal.....	35
4.2.1 Constitución Política del Ecuador. (2008).....	35
4.2.2 Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública.(2004)	36
4.2.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014).....	36
4.2.4 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (2010).....	37
4.2.5 Ley de la Cartografía Nacional. (2005).....	38
4.2.6 Decreto Ejecutivo N° 2250. (2004) .....	39
4.2.7 Decreto Ejecutivo N° 1577. (2009) .....	39
4.2.8 Ley de Seguridad Pública y del Estado. (2009).....	39
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	40
5.1. Materiales.....	40
5.1.1 De campo.....	40
5.1.2 De oficina. ....	40
5.2. Método .....	41



5.2.1 Ubicación política y geográfica del área de estudio. ....	41
5.2.2 Aspectos biofísicos y climáticos. ....	43
5.2.2.1 Biofísicos. ....	43
5.2.2.1.1 Relieve. ....	43
5.2.2.1.2 Pendiente. ....	43
5.2.2.1.3 Geología. ....	43
5.2.2.2 Climáticos. ....	44
5.2.2.2.1 Precipitación. ....	44
5.2.2.2.2 Temperatura. ....	44
5.2.2.2.3 Evapotranspiración. ....	44
5.2.3 Tipo de investigación/estudio. ....	44
5.2.4 Metodología para Analizar y generar las variables que influyen en la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos en las microcuencas que abastecen de agua a la ciudad de Yantzaza. ....	46
5.2.4.1 Variables a analizar. ....	46
5.2.4.2 Generación de Variables. ....	46
5.2.4.2.1 Pendiente. ....	46
5.2.4.2.2 Geología. ....	47
5.2.4.2.3 Precipitación. ....	48
5.2.4.2.4 Cobertura vegetal. ....	48
5.2.4.3 Generación de mapas. ....	49
5.2.5 Metodología para Analizar la susceptibilidad y peligrosidad por deslizamientos del área de estudio, utilizando Sistemas de Información Geográfica. ....	49
5.2.5.1 Normalización. ....	50
5.2.5.2 Escala de valores. ....	50
5.2.5.3 Generación del mapa de susceptibilidad. ....	52
5.2.5.4 Proceso de jerarquía analítica (analytic hierarchy process) ....	53
5.2.6 Metodología para Analizar y generar un mapa de peligrosidad por susceptibilidad y deslizamientos a la que está expuesta la infraestructura, en el área de estudio. ....	56
5.2.6.1 Encuestas. ....	56

5.2.6.2	Análisis de peligrosidad del área de estudio .....	56
5.2.6.3	Análisis estadístico.....	57
5.2.6.4	Inventario de deslizamientos en campo. ....	57
5.2.6.5	Elaboración de mapas.....	58
5.2.6.5.1	Mapa de densidad de deslizamientos. ....	58
5.2.6.5.2	Mapa de susceptibilidad final. ....	59
5.2.6.5.3	Mapa de análisis de la infraestructura urbana.....	59
5.2.6.5.4	Generación del mapa de peligrosidad.....	60
5.2.1	Socialización. ....	61
6.	RESULTADOS .....	62
6.1.	Resultados para el primer objetivo específico .....	62
6.1.1	Descripción de cada factor. ....	62
6.1.1.1	Pendiente. ....	62
6.1.1.2	Geología.....	65
6.1.1.3	Precipitación.....	68
6.1.1.4	Cobertura Vegetal. ....	71
6.2.	Resultados para el segundo objetivo específico .....	74
6.2.1	Valores de influencia. ....	74
6.2.2	Valores de influencia por factor. ....	75
6.2.2.1	Pendiente. ....	75
6.2.2.2	Geología.....	76
6.2.2.3	Precipitación.....	76
6.2.2.4	Cobertura Vegetal. ....	77
6.2.3	Mapa de susceptibilidad por factores. ....	78
6.3.	Resultados para el tercer objetivo específico .....	81
6.3.1	Encuestas.....	81
6.3.2	Análisis de peligrosidad del área de estudio. ....	86
6.3.3	Análisis estadístico.....	88
6.3.4	Inventario de deslizamientos en campo. ....	89
6.3.5	Elaboración de mapas.....	109
6.3.5.1	Mapa de densidad de deslizamientos. ....	109

6.3.5.2 Mapa de susceptibilidad Final. ....	112
6.3.5.3 Mapa de infraestructura urbana. ....	115
6.3.5.4 Mapa de Peligrosidad.....	119
6.3.5.4.1 Zonas de susceptibilidad .....	119
6.3.5.4.2 Viviendas amenazadas. ....	120
6.3.5.4.3 Infraestructura vial y de agua potable.....	121
6.3.1 Socialización. ....	123
7. DISCUSIÓN .....	125
8. CONCLUSIONES. ....	135
9. RECOMENDACIONES .....	137
10. BIBLIOGRAFÍA .....	138
11. ANEXOS .....	141
11.1. Entrevista para pobladores de la microcuenca.....	141
11.2. Matriz para registro de eventos históricos .....	142
11.3. Matriz de campo para el inventario de deslizamientos.....	143

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Zonificación ecológica del MAE</i> .....	7
Tabla 2. <i>Rangos de pendientes</i> .....	8
Tabla 3. <i>Acidez de las rocas ígneas</i> .....	10
Tabla 4. <i>Clasificación en regiones</i> .....	17
Tabla 5. <i>Clasificación porcentual de pendiente</i> .....	47
Tabla 6. <i>Valores normalizados para el factor Pendiente</i> .....	51
Tabla 7. <i>Valores normalizados para el factor Precipitación</i> .....	51
Tabla 8. <i>Valores normalizados para el factor Geología</i> .....	52
Tabla 9. <i>Valores normalizados para el factor Cobertura Vegetal</i> .....	52
Tabla 10. <i>Valoraciones de Calificación</i> .....	53
Tabla 11. <i>Valores normalizados para el factor pendiente</i> .....	75
Tabla 12. <i>Valores normalizados para el factor geología</i> .....	76
Tabla 13. <i>Valores normalizados para el factor precipitación</i> .....	77
Tabla 14. <i>Valores normalizados para el factor cobertura vegetal</i> .....	77

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. <i>Coordenadas de Ubicación del área de estudio</i> .....	41
Cuadro 2. <i>Formato para pesos obtenidos</i> .....	55
Cuadro 3. <i>Atributos del mapa de pendientes</i> .....	62
Cuadro 4. <i>Atributos del mapa de geología</i> .....	65
Cuadro 5. <i>Atributos del mapa de Isoyetas</i> .....	68
Cuadro 6. <i>Atributos del mapa de cobertura vegetal</i> .....	71
Cuadro 7. <i>Tabla de atributos del mapa de susceptibilidad por factores</i> .....	78
Cuadro 8. <i>Indagación en Periódicos</i> .....	86
Cuadro 9. <i>Inventario de deslizamientos en campo</i> .....	90
Cuadro 10. <i>Atributos del mapa de densidad de deslizamientos</i> .....	109
Cuadro 11. <i>Atributos del mapa de susceptibilidad final</i> .....	112
Cuadro 12. <i>Atributos del mapa de infraestructura urbana</i> .....	115
Cuadro 13. <i>Áreas de susceptibilidad que amenazan a viviendas</i> .....	119
Cuadro 14. <i>Áreas de susceptibilidad que amenazan a viviendas</i> .....	120

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Deslizamiento</i> .....	14
Figura 2. <i>Partes de un Deslizamiento</i> .....	20
Figura 3. <i>Clasificación general de los movimientos de ladera</i> .....	22

Figura 4. <i>Clasificación de peligros según la UNESCO.</i> .....	26
Figura 5. <i>Diagrama para el análisis de susceptibilidad por factores.</i> .....	49
Figura 6. <i>Diagrama para el análisis de susceptibilidad y peligrosidad a deslizamientos.</i> .....	60
Figura 7. <i>Distribución porcentual estimada de las áreas de</i> .....	63
Figura 8. <i>Distribución porcentual de las áreas geológicas en</i> .....	65
Figura 9. <i>Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a su respectivo valor de precipitación.</i> .....	68
Figura 10. <i>Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a la cobertura vegetal y uso del suelo.</i> .....	71
Figura 11. <i>Valores de influencia de cada factor en el mapa de susceptibilidad por porcentaje.</i> .....	74
Figura 12. <i>Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a su respectivo valor de susceptibilidad por factores.</i> .....	78
Figura 13. <i>Pregunta 1 de la encuesta aplicada.</i> .....	82
Figura 14. <i>Pregunta 2 de la encuesta aplicada.</i> .....	82
Figura 15. <i>Pregunta 3 de la encuesta aplicada.</i> .....	83
<b>Figura 16.</b> <i>Pregunta 4 de la encuesta aplicada.</i> .....	83
Figura 17. <i>Pregunta 5 de la encuesta aplicada.</i> .....	84
Figura 18. <i>Pregunta 6 de la encuesta aplicada.</i> .....	84
Figura 19. <i>Pregunta 7 de la encuesta aplicada.</i> .....	85
Figura 20. <i>Pregunta 8 de la encuesta aplicada.</i> .....	85
Figura 21. <i>Distribución temporal mensual de deslizamientos de tierra.</i> .....	88
Figura 22. <i>Distribución temporal anual de deslizamientos de tierra.</i> .....	89
Figura 23. <i>Distribución porcentual de las áreas estimadas en el mapa de deslizamientos.</i> .....	109
Figura 24. <i>Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a su respectivo valor de susceptibilidad.</i> .....	112
Figura 25. <i>Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona de estudio de acuerdo a la densidad de vivienda.</i> .....	116
Figura 26. <i>Distribución porcentual de las áreas estimadas en la zona.</i> .....	120

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. <i>Ubicación de la zona de estudio.</i> .....	42
Fotografía 2. <i>Proceso de Socialización de Tesis al GAD Yantzaza.</i> .....	124

## INDICE DE MAPAS

<b>Mapa 1.-</b> <i>Localización del área de estudio.</i> .....	42
<b>Mapa 2.-</b> <i>Mapa de Pendientes de la zona de estudio.</i> .....	64
<b>Mapa 3.-</b> <i>Mapa Geológico de la zona de estudio.</i> .....	67
<b>Mapa 4.-</b> <i>Mapa de Precipitación de la zona de estudio.</i> .....	70
<b>Mapa 5.-</b> <i>Mapa de Cobertura Vegetal de la zona de estudio.</i> .....	73
<b>Mapa 6.-</b> <i>Mapa de susceptibilidad por factores de la zona de estudio.</i> .....	80
<b>Mapa 7.-</b> <i>Mapa de densidad de deslizamientos de la zona de estudio.</i> .....	111
<b>Mapa 8.-</b> <i>Mapa de susceptibilidad final de la zona de estudio.</i> .....	114
<b>Mapa 9.-</b> <i>Mapa de infraestructura urbana de la zona de estudio.</i> .....	118
<b>Mapa 10.-</b> <i>Mapa de peligrosidad de la zona de estudio.</i> .....	122