

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **BORJA CARRILLO JUAN CARLOS**, C.I. **171689082-5** autor de la disertación de grado intitulado: "**EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y GENERACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA VÍA AMBATO – PUYO**", previa a la obtención del grado académico de **INGENIERA EN CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y DESARROLLO SUSTENTABLE CON MENCIÓN EN ORDENAMIENTO TERRITORIAL** en la Facultad de **Ciencias Humanas**:

- 1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
- 2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, 5 de diciembre de 2012



Juan Carlos Borja Carrillo

C.I. 171689082-5

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

ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERÍA EN CIENCIAS GEOGRÁFICAS Y DESARROLLO
SUSTENTABLE CON MENCIÓN EN ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA Y
GENERACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA VÍA
AMBATO ó PUYO”**

JUAN CARLOS BORJA CARRILLO

DIRECTORA: PhD. SVETLANA ZAVGORODNIAYA

Quito, 2012

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	4
1. GENERALIDADES.....	4
1.1. Justificación.....	4
1.2. Planteamiento del Problema	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Marco Teórico.....	7
1.4.1. Estudios realizados.....	7
1.4.2. Marco Conceptual.....	9
1.4.3. Evaluación y gestión del riesgo	13
1.5. Ubicación del Área de estudio	15
1.6. Marco metodológico	17
1.6.1. Recopilación de Información Cartográfica.....	17
1.6.2. Evaluación de la Susceptibilidad de los movimientos en masa.....	19
1.6.3. Trabajos de Campo	24
1.6.4. Vulnerabilidad	24
1.6.5. Evaluación de riesgo	28
1.6.6. Medias de mitigación	29
CAPÍTULO II.....	31
2. DIAGNÓSTICO DE AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	31
2.1. Características Biofísicas.....	31
2.1.1. Geología	31
2.1.2. Geomorfología.....	32

2.1.3.	Clima	33
2.1.4.	Hidrografía	34
2.1.5.	Cobertura y Uso Vegetal del Suelo.....	35
2.2.	Descripción de movimientos en masa y las obras de protección en la vía	35
2.3.	Inventario de obras de protección	38
3.	DIAGNÓSTICO DE LA VULNERABILIDAD	44
3.1.	Vulnerabilidad de la población	44
3.1.1.	Características de Poblamiento.....	44
3.1.2.	Características Socioeconómicas.....	44
3.2.	Determinación de la vulnerabilidad de la población	47
3.3.	Determinación de la vulnerabilidad de la estructura vial, puentes y alcantarillas.....	51
3.3.1.	Vulnerabilidad de Puentes	51
3.3.2.	Vulnerabilidad de la vía	53
3.3.3.	Vulnerabilidad de Alcantarillas	55
3.3.4.	Vulnerabilidad de muros	55
3.4.	Mapeo de la susceptibilidad a movimientos en masa.....	58
3.4.1.	Factor Pendiente	58
3.4.2.	Factor litológico.....	60
3.4.3.	Factor precipitación.....	62
3.4.4.	Factor cobertura vegetal y uso del suelo	64
3.4.5.	Factor densidad hídrica	66
3.5.	Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa	68
4.	EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASAY MEDIDAS DE MITIGACION EN LA VIA AMBATO-PUYO.....	72
4.1.	Mapa de Riesgo.....	72
4.2.	Medidas de mitigación	75
4.2.1.	Propuestas estructurales	75
4.2.2.	Medidas de gestión.....	77
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evaluación del riesgo	13
Figura 2. Modelo general de gestión de riesgo.....	14

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Localización de la vía.....	16
Gráfico 2. Proceso metodológico	19
Gráfico 3. Relieve del área de estudio	33
Gráfico 4. Población por cantón bajo influencia de la vía en la.....	45
Gráfico 5. Población por cantón bajo influencia de la vía en la.....	46
Gráfico 6. Mosaico de imágenes utilizadas	
Gráfico 7. Porcentaje de superficie por clases de susceptibilidad	69

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Movimientos en masa - Paso lateral Ambato	36
Foto 2. Deslizamiento Sector Puente Topo	36
Foto 3. Deslizamiento Grande Sector Mangayacu	37
Foto 4. Deslizamiento activo en el Km 2 del tramo Pelileo ó Baños	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores condicionantes para los movimientos en masa.....	12
Tabla 2. Factores Desencadenantes para los movimientos en masa	13
Tabla 3. Variables Dotor (2004).....	20
Tabla 4. Porcentaje por factor ponderado	21
Tabla 5. Clasificación por grado de susceptibilidad	21
Tabla 6. Clasificación de la pendiente por porcentaje de inclinación	21
Tabla 7. Clasificación litológica por origen de la roca	22
Tabla 8. Clasificación de la precipitación por mm/año.....	23
Tabla 9. Clasificación por porcentaje de protección del suelo	23
Tabla 10. Clasificación de densidad hidrográfica por Km2	24

Tabla 11. Estandarización variable vulnerabilidad	25
Tabla 12. Ponderación de la variable población	25
Tabla 13. Ponderación para vulnerabilidad física	26
Tabla 14. Ponderación de la vía por superficie de rodadura.....	26
Tabla 15. Ponderación según estado de puentes	27
Tabla 16. Ponderación según estado de alcantarillas	27
Tabla 17. Ponderación según estado de muros	28
Tabla 18. Matriz de análisis de riesgos	29
Tabla 19. Inventario de deslizamientos.....	37
Tabla 20. Obras de drenaje menor	39
Tabla 21. Obras de drenaje mayor	41
Tabla 22. Inventario de estructuras de protección	42
Tabla 23. Cantones bajo influencia de la vía.....	45
Tabla 24. Características de imágenes satelitales - Landsat.....	48
Tabla 25. Características de imágenes - Spot	48
Tabla 26. Asentamientos concentrados.....	49
Tabla 27. Criterios para la calificación de la vulnerabilidad física de puentes por tramos de vía.....	51
Tabla 28. Criterios para la calificación de la vulnerabilidad física por tramos y tipos de superficie de rodadura	54
Tabla 29. Criterios para la calificación de la vulnerabilidad física de alcantarillas por tramos de vía ..	55
Tabla 30. Criterios para la calificación de la vulnerabilidad física de muros por tramos de vía	56
Tabla 31. Clasificación por grado de susceptibilidad	68

INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de Deslizamientos e Infraestructura de Física.í í í í í ...í í í í í í ...	43
Mapa 2. Mapa de Vulnerabilidad de la Poblacióní í í í í í í í í ...í í í í í í í ..	50
Mapa 3. Mapa de Vulnerabilidad de Infraestructura.í í í í í í í ..í í í í í í í í ..	57
Mapa 4. Mapa de Susceptibilidad del factor condicionante Pendienteí í í í í í í í í .í	59
Mapa 5. Mapa de Susceptibilidad del factor condicionante Litologíaí í í í í í í í ...í	61
Mapa 6. Mapa de Susceptibilidad del factor condicionante Precipitacióní í í í í í í í	63
Mapa 7. Mapa de Susceptibilidad del factor condicionante Vegetación y uso del sueloí ..í	65
Mapa 8. Mapa de Susceptibilidad del factor condicionante Densidad Hídricaí í í í .í í	67
Mapa 9. Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientosí í í í í í í í í í í í í í .í í	71
Mapa 10. Mapa de Riesgo a Deslizamientos y Derrumbesí í í í í í í í í í í í í í ...í í	74

Dedico este trabajo a mi familia. A mis padres, por el amor, dedicación e incondicional apoyo a lo largo de mi vida. A mis hermanos por su comprensión y paciencia. Gracias a ustedes por ser la inspiración necesaria para enfrentar mis triunfos y fracasos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y permitirme compartir este logro muy importante junto a mi familia. A mi madre por ser el pilar y motor que me motiva a seguir adelante día a día, a mis hermanos por su ejemplo de lucha y arduo trabajo; convirtiéndose en un modelo a seguir e inspiración de superación.

Agradezco a mi Directora de disertación PhD. Svetlana Zavgorodniaya, y mis profesores que conforman el tribunal; MSc. Monserrath Mejía y MSc. Galo Manrique por el tiempo y dedicación en el desarrollo y culminación de mi disertación. Su apoyo y confianza durante todo el desarrollo del trabajo y mi formación como profesional ha sido de gran valor para mí.

A mis amigos que a lo largo de la carrera y la vida me han sabido brindar su amistad. A una persona muy especial que desde que conocí me ha apoyado incondicionalmente; Michelle.

A todos ustedes mismas sinceros agradecimientos.

RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue determinar el riesgo a movimientos en masa y generar medidas de mitigación de la vía Ambato ó Puyo. Para este proceso se integró varias metodologías como son el análisis de factores condicionantes en la determinación de la susceptibilidad y la localización de la vulnerabilidad vial y de la población.

Los resultados obtenidos permitieron establecer las medidas necesarias para mitigar y disminuir el riesgo ante posibles eventos de remoción en masa, las mismas que servirán como insumo en la aplicación de temas relacionados a la gestión del riesgo, planificación y ordenamiento territorial.

ABSTRACT

The purpose of the following work was to generate mitigation measures of the Ambato ó Puyo route had due to the landslides risks. For this process many methods such as, the analysis of conditioning factors that determined vulnerability and the tracking down of the infrastructure and population where integrated to establish the vulnerability.

The results obtained from this study established the necessary steps to decrease and mitigate the possible risks of landslides. The steps will serve as useful tools in the application of the risk and crisis management, territorial planning and organization.

INTRODUCCIÓN

Debido a la ubicación geográfica del Ecuador, nuestro País está expuesto a varias amenazas de tipo natural como los movimientos en masa. Situado dentro del cinturón de fuego del Pacífico; zona de mayor actividad sísmica en el mundo¹ y debido a las características topográficas del relieve, varias zonas del Ecuador son susceptibles a sufrir eventos de remoción en masa de considerables proporciones.

La demanda de recursos e infraestructura aumenta conforme crece la población, por lo que, el análisis del riesgo frente a las amenazas naturales es necesario y prioritario en la ejecución de obras, de tal manera que se puedan prevenir y mitigar posibles eventos que a la post nos signifiquen pérdidas humanas y económicas. Por esta razón identificar y proponer medidas de mitigación ante los elementos vulnerables emplazados, contribuye sustancialmente a la reducción de costos en cuanto a reparación y rehabilitación de la infraestructura, a mas que un evento de esta naturaleza desencadena pérdidas en el sector industrial, turístico y población en general.

Con lo expuesto anteriormente, en la presente disertación se busca mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica SIG y apoyados en insumos como son las imágenes satelitales, establecer y cuantificar el riesgo a posibles eventos de remoción en masa de la vía Ambato - Puyo.

Palabras Claves: movimientos en masa, deslizamientos, factores condicionantes, susceptibilidad, riesgo, mitigación

¹ SANTOS Eduardo. "Ecuador Frente a los Desastres Naturales. Centro de Investigaciones Económicas", Quito 2006.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Justificación

Debido a la importancia que desempeñan las vías en el desarrollo socioeconómico de un área específica, es necesario realizar el estudio de los movimientos en masa pues en la vía Ambato ó Puyo poblamiento, actividades económicas e infraestructura vial se encuentran estrechamente relacionadas.

La demanda de fluidez y seguridad en la infraestructura vial crece conforme aumenta la población y sus actividades económicas, por lo que, el análisis del riesgo, es necesario y prioritario, de tal manera que se puedan prevenir y mitigar posibles eventos que signifiquen pérdidas humanas y económicas.

A través de esta vía circulan aproximadamente 10.600 vehículos diarios entre livianos a pesados, y los fines de semana y feriados esta cantidad aumenta a 15.000 vehículos diarios. Compone también un eje transversal oriente ó occidente de circulación vehicular que permite el turismo, transferencia de productos y dinamiza la económica de la población.²

Adicional a lo expuesto la vía cuya nomenclatura internacional es E30 juega un papel importante en la interconexión con la Troncal Amazónica, ya que permite la entrada de turistas nacionales y extranjeros a lugares con atractivos turísticos naturales.

² Ministerio de Transportes y Obras Públicas – *Boletín informativo N 10, “Vía Pelileo Baños Puyo – La segunda contratación vial por niveles de servicio o mantenimiento por resultados en el Ecuador”, 2010.*

Es así que surge la iniciativa de identificar y proponer medidas de mitigación ante los movimientos en masa, contribuyendo a la reducción del peligro en cuanto a estabilización de taludes y rehabilitación de la vía.

Para profundizar los conocimientos sobre el tema, se han seleccionado los contenidos a tratar con la aspiración que esta disertación sirva como base en la toma de decisiones de las autoridades institucionales y demás actores involucrados.

Por esta razón, el presente trabajo mediante varias herramientas SIG integra la información secundaria y datos recopilados en campo, para evaluar y mitigar los movimientos en masa a lo largo de la vía Ambato-Puyo. Complementariamente a partir de la información generada se puede proponer y/o mejorar obras futuras de mantenimiento y ampliación de la misma.

1.2. Planteamiento del Problema

En los últimos años la vulnerabilidad en infraestructura y población ha aumentado debido a las necesidades que tiene la población y la expansión descontrolada, en muchos casos bajo ningún criterio de orden.³ Por otro lado solo el hecho de construir o aperturar una vía, crea la posibilidad de que ocurra un movimiento de materiales debido a que se compromete la estabilidad del talud.

Los daños que sufre la infraestructura vial como resultado de los eventos destructivos genera pérdidas económicas directas y afectan no solo a pavimentos, sino a todas las obras que componen una vía, incluidos taludes de corte, obras de drenaje mejor (cunetas, subdrenajes), intermedias (alcantarillas) y mayores (puentes). También genera pérdidas indirectas a corto, mediano y hasta largo plazo debido a la interrupción del flujo de tránsito. (CORDERO y OTROS, 2010)

De acuerdo a información recopilada y a una primera visita que se realizó los días 3 y 4 de diciembre del 2011 se evidencian 35 eventos, desde el paso lateral Ambato hasta la entrada al Puyo. Estos a su vez han comprometido el estado de la vía, siendo uno de los puntos más

³ ORSI Adriana "Los desastres naturales y los países pobres", Revista Futuros No 18, 2007

críticos los sectores del paso lateral Ambato y Cashaurco al Oriente, en donde se puede observar algunos segmentos con rocas expuestas ahondados por la falta de infraestructura de protección.

Si bien es cierto, buena parte de la vía se encuentra en buen estado debido a la ampliación y mantenimiento que se le asigna, ésta no ha estado exenta de eventos que con frecuencia se han presentado a lo largo del tramo. Esto sin contar con las repetitivos episodios laharíticos provenientes del flanco sur del Volcán Tungurahua que afectan parte del tramo Baños ó Puyo sector òLos Pájarosö.

Recordemos que en abril del 2010, tras intensas lluvias, provocaron el deslizamiento de materiales en varios tramos de la vía, interrumpiendo el tráfico vehicular y manteniendo por cerca de catorce horas el cierre de la misma.⁴ Según las Direcciones Provinciales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) de Tungurahua y Pastaza se registraron 8 derrumbes pequeños y 15 grandes en el tramo San Francisco - límite provincial entre Tungurahua-Pastaza. En mayo del mismo año, el reporte del estado de transitabilidad de las vías de la red estatal informa sobre el desprendimiento de materiales rocosos y derrumbes.

Otros ejemplos se registran en el Informe de Seguridad Vial para los feriados del Ministerio de Transportes y Obras Públicas, ocurridos el 29 de noviembre del 2010 y 24 de febrero del 2011 en el sector del puente de las Juntas. En este informe se alerta a los usuarios de la vía sobre desprendimientos de materiales en taludes. En estos dos últimos eventos no se registraron pérdidas humanas, únicamente se presentó la paralización del tránsito vehicular y el daño en la calzada.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

⁴ Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO): *Reporte del estado de transitabilidad de las vías de la red estatal*, 2011.

- Evaluar el riesgo por procesos de movimientos en masa y proponer medidas de mitigación en la vía Ambato ó Puyo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los eventos de remoción en masa recientes, obras de protección y localizar la vulnerabilidad de la población e infraestructura.
- Determinar el peligro en función de susceptibilidad, tipología y nivel de actividad de los movimientos en masa.
- Realizar el mapeo del Riesgo por movimientos en masa.
- Identificar las medidas preventivas de tipo estructural (de ingeniería) y no estructurales (de gestión).

1.4. Marco Teórico

El marco teórico definió los conceptos y la teoría base para la elaboración del presente trabajo. Dentro de los temas a tratar se describe los trabajos hechos, lo cual es oportuno mencionarlos ya que conocemos un antecedente de lo realizado.

1.4.1. Estudios realizados

Existen varios estudios que comprenden diferentes metodologías y aplicaciones. En el 2003 Robert D'Ercole en su libro "Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador: los desastres, un reto para el desarrollo" analiza cuatro variables que son: elementos expuestos, amenazas, vulnerabilidad y capacidades. Toma en cuenta al cantón como unidad espacial básica de jurisdicción para desarrollar acciones destinadas a la reducción del riesgo. Para su análisis de amenazas y mapeo de deslizamientos tomó en cuenta la base de datos para desastres EM-DAT de la Universidad Lovaina de Bruselas; que toma en cuenta eventos ocurridos cuya magnitud sea mayor a 100 personas afectadas y 10

personas fallecidas. Según este estudio la vía Ambato - Puyo se ubica en zonas de deslizamientos potenciales y en el mapa de amenaza por deslizamiento por cantón se encuentra bajo amenaza alta y media.

En cuanto a trabajos de grado existen algunos como el de Milton Ramírez de la Escuela Politécnica Nacional, año 2006. "La Evaluación del Peligro por Fenómenos de Remoción en Masa y su Aplicación a la Planificación Territorial ó Ejemplo Provincia de Tungurahua". Dicho trabajo pretende contribuir al conocimiento de las relaciones entre los Peligros de Remoción en Masa y la Planificación Territorial aplicado a la realidad de la Provincia de Tungurahua. El inventario de deslizamientos fue generado a partir de fotografía aérea escala 1:60.000, mientras que la cartografía temática provino de varias fuentes a diferentes escalas.

Nancy Daniela Mallitasig (PUCE, 2010), realiza un mapeo de Deslizamientos del Ecuador escala 1:1.000.000 en el Ecuador continental. Analiza los factores condicionantes de la susceptibilidad considerando las variables: pendiente, litología, cobertura vegetal, precipitación, densidad hídrica y toma en cuenta los eventos ocurridos en el período 1988 ó 1998 y 2010 aplicando y ajustando el método de Dotor a las realidades Nacionales. Según este estudio la vía Ambato - Puyo se ubica en zonas cuya susceptibilidad pertenece a rangos medios, altos y muy altos.

El estudio más reciente realizado por el Departamento Técnico de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos en Junio del 2011, en el cual se realizaron mapas de zonas seguras obteniendo mapas preliminares de amenazas a movimientos en masa. La metodología para la elaboración de los mapas se desarrolló en cinco fases; en función de la Identificación de zonas sensibles, Amenaza, Vulnerabilidad y el Riesgo Total. Los resultados fueron clasificados en tres categorías: Zona de Seguridad 1 (Sin Amenaza), Zona de Seguridad 2 (Amenaza muy alta), y Zona de transición (Amenaza baja, media y alta).

Otros trabajos evidencian el interés por el lugar como es la de José Ávila (PUCE, 1987) "Evaluación Técnica de la Carretera Baños ó Puyo" o la realizada por Antonio Granda de la (PUCE, 1994), en los diseños preliminares de la vía Macas ó Puyo. Ambas cuentan con

capítulos específicos sobre los procesos morfodinámicos, así como estabilidad de los taludes en puntos críticos.

1.4.2. Marco Conceptual

Para entender y adentrarnos en el tema de los movimientos de remoción en masa es necesario describir los términos y conceptos que fueron tomados en cuenta para el presente análisis.

Riesgo

El riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento, generalmente de tipo natural cuyas consecuencias son negativas para el ser humano, causando pérdidas económicas y humanas. Importante indicar, que para el presente trabajo el riesgo se lo manejará como la relación existente entre la amenaza y vulnerabilidad.

$$A * V = R$$

A = Amenaza

V = Vulnerabilidad

R = Riesgo

Corroborando, el riesgo según AYALA 2002, es la pérdida o el daño anual esperado, pérdida que podrá medirse en términos humanos (muertos, heridos, desalojados), económicos o estructurales.

Susceptibilidad

Propensión o tendencia de una zona a ser afectada por movimientos de ladera por desestabilización, determinada a través de un análisis comparativo de factores condicionantes y/o desencadenantes (AYALA C, 2002)

Amenaza

La amenaza puede definirse como un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en cierto período de tiempo (CARDONA, 1993)

Peligro

Según Varnes, 1984 el peligro natural se define como la medida de la probabilidad de ocurrencia dentro de un período específico de tiempo y dentro de un área dada de un fenómeno potencialmente dañino.

Vulnerabilidad

Entendida como la exposición de un elemento ante una amenaza. Dichos elementos pueden ser población, infraestructura, elementos esenciales, entre otros.

A continuación se presenten algunas definiciones encontradas en bibliografía especializada:

La vulnerabilidad son las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de amenazas.⁵

La Vulnerabilidad Física es el grado de exposición y la fragilidad o capacidad de los elementos expuestos a la acción de los fenómenos. (FERNANDEZ M, 1996)

Movimientos en Masa

⁵ RAMÍREZ Milton *“La evaluación del peligro por fenómenos de remoción en masa y su aplicación a la planificación territorial”*, 2006

Para Gutiérrez 2008, "Los movimientos en masa son procesos en los que se movilizan materiales por la acción de la gravedad y pueden ser peligrosos si afectan la vida y propiedades del hombre".

Los fenómenos de remoción en masa (FRM), son todo movimiento ladera abajo de una masa de roca, tierra o escombros, debido a la fuerza de gravedad incluyendo entre ellos los flujos a lo largo de los cauces, cuando el material que cae se mezcla con la corriente de agua. (OJEDA y OTROS, 2001)

Desprendimientos

Son masas generalmente de rocas que se desprenden de un talud abrupto, mediante una superficie de corte normalmente pequeña. Generalmente las rocas suelen subdividirse al impactar con el suelo o ladera. (GUTIERREZ M, 2008)

La caída simultánea de una porción de terreno que se desprende masivamente de un flanco abrupto. La formación de desprendimientos se ve favorecida por ciertas estructuras de las rocas (diaclasas, planos de estratificación) y por ciertas condiciones climáticas (intensas lluvias). (DERRUAU M., 1970)

Son caídas bruscas de fragmentos de roca o suelo, que permanecían en estabilidad precaria en el talud y se desprenden del mismo por la acción de la gravedad. Generalmente ocurren con mucha mayor frecuencia en taludes de roca que en suelos, por lo común en pendientes cercanas a la vertical. Ocasionalmente presentan caídas de bloques aislados. (IRIONDO M, 2006)

Deslizamientos

Son movimientos de masas de terreno, generalmente bien definidas en cuanto a volumen, cuyo centro de gravedad se disloca hacia abajo y para afuera del talud. (IRIONDO M, 2006)

Generalmente presentan muestras de grietas superficiales que desencadenan en un deslizamiento.

La susceptibilidad de que se produzca movimientos en los taludes está condicionada por la estructura geológica, la litología, las condiciones hidrometeorológicas, y la morfología propia de un área determinada.⁶

Factores Condicionantes

Son aquellos que predisponen la ladera al movimiento, es decir, son factores que hacen a la ladera susceptible al movimiento sin llegar a iniciarlo. (GUTIERREZ M, 2008)

Sin duda el principal factor que propicia la aparición de inestabilidades es el agua en las diversas formas que se presenta en la naturaleza.

Tabla 1. Factores condicionantes para los movimientos en masa

Tipo	Factor	Parámetros
ESTÁTICOS	Relieve	Unidad Morfológica Pendiente Longitud de la vertiente
	Macizo rocoso	Tipo de roca
		Grado de meteorización
		Grado de compactación
	Suelo y depósitos superficiales	Grado de fracturamiento
		Textura
DINÁMICOS	Cobertura vegetal y uso de suelo	Profundidad
		Fisonomía de la cobertura vegetal

Fuente: Memoria Técnica de Movimientos en Masa CLIRSEN, 2011

Modificado: Borja J.

Factores Desencadenantes

Son aquellos que inician el movimiento y la ladera llega a ser inestable. (GUTIERREZ, 2008)

⁶ Instituto Geológico y Minero De España (IGME), "Manual de Taludes", Madrid. Pp., 26. 1987

Para Ojeda y Otros 2001, la mayor parte de los deslizamientos que se originan en laderas de zonas montañosas ocurren después de intensas lluvias.

Tabla 2. Factores Desencadenantes para los movimientos en masa

Factor	Parámetros
Precipitación	. Intensidad de la lluvia en 24 horas
Sísmica	. Intensidad y distribución espacial de los sismos
	. Presencia de fallas

Fuente: Memoria Técnica de Movimientos en Masa CLIRSEN, 2011

Modificado: Borja J.

1.4.3. Evaluación y gestión del riesgo

Partiendo de que al análisis de riesgos se basa en la relación de la amenaza y vulnerabilidad de los elementos, este apunta a estimar y evaluar los posibles efectos y consecuencias de fenómenos naturales en un determinado grupo poblacional o en sus bienes o servicios.

Figura 1. Evaluación del riesgo



Fuente: Manual "El análisis de riesgo ó una base para la gestión de riesgo de desastres naturales", KOBLE y OTROS, 2004.

El análisis de la amenaza se realiza a través de observaciones en campo, revisión de información disponible, inventarios de fenómenos realizados de forma participativa entre la

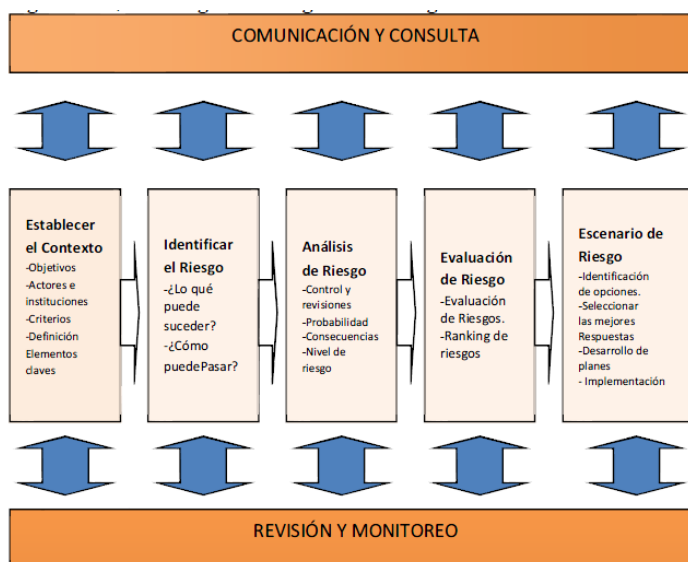
población y los diferentes actores involucrados. El resultado del análisis generalmente se expresa en mapa de amenazas que servirá como instrumento base para la evaluación del riesgo.⁷

En cuanto al análisis de vulnerabilidad es un estudio mediante el cual se determina la exposición y predisposición de daños y pérdidas ante una amenaza específica.⁸

La Gestión de Riesgo (GdR), es la disciplina basada en el Análisis de Riesgos y las Técnicas de Gestión cuyo objetivo es la materialización orgánica de las medidas de mitigación del Riesgo y la gestión de organizaciones que tienen que ver con la aplicación de estas medidas y la gestión de emergencias. (AYALA C y OTROS, 2002)

La GdR implica también, una serie de actividades diseñadas para minimizar la pérdida de vidas humanas y la destrucción de bienes o infraestructura. Es un instrumento a través del cual se busca disminuir la vulnerabilidad en base a acuerdos sociales que surgen como resultado de la evaluación del riesgo.

Figura 2. Modelo general de gestión de riesgo



Fuente: GUÍA: Análisis de Riesgos Naturales

⁷ Instrumentos de Apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgos Naturales - Guía para el especialista. Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación. Managua. 2002

⁸ Guía: Análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Gobierno de Chile. 2010

Medidas de Mitigación

Son aquellas acciones que buscan, preventivamente, mitigar (moderar, disminuir o suavizar) el riesgo, es decir, la pérdida o el daño esperable. (AYALA C y OTROS, 2002).

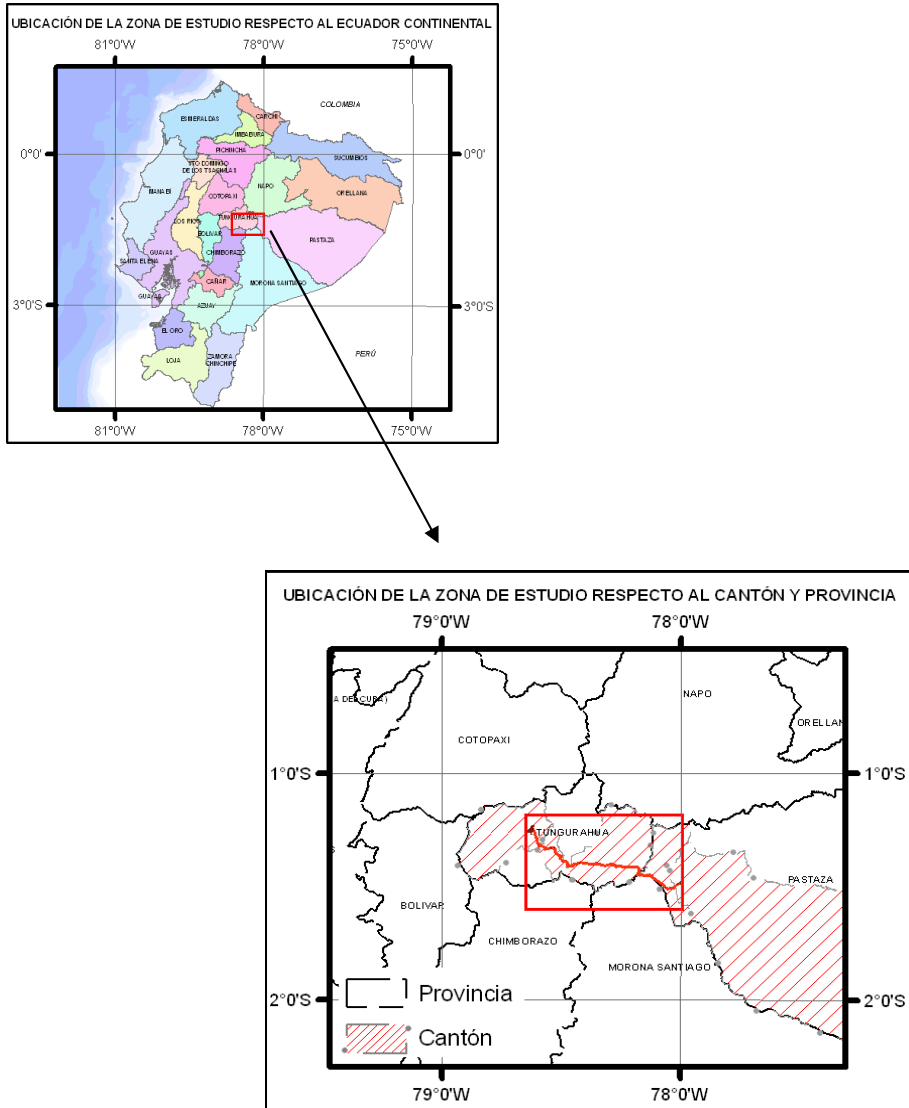
Los resultados de este proceso pueden ser establecidos en tres tipos de medidas para reducir el riesgo:

- Medidas para Disminuir.- Tienen como objeto disminuir el riesgo de algún tipo de evento a corto o largo plazo, la exposición o grado de vulnerabilidad. En general contemplan el adecuado manejo del territorio en función de un mapa de riesgos así como intervenciones de tipo estructural.
- Medidas Preventivas.- Tienen como objeto e incluyen la realización de estudios y análisis para identificar, evaluar y cuantificar el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, así como las acciones para mitigar los efectos de la o las amenazas observadas.
- Medidas de Respuesta.- Tienen como objeto asistir cuando está sucediendo - ha sucedido y después de lo sucedido en un determinado evento.

1.5. Ubicación del Área de estudio

Se han considerado 113 kilómetros de vía, tomados en cuenta desde el paso lateral Ambato (2.663 msnm) hasta la entrada al Puyo (990 msnm). Esta atraviesa las provincias de Tungurahua (poblados: Ambato ó San Pedro de Pelileo ó Baños de Agua Santa) y Pastaza (poblados: Mera ó Shell ó Puyo). El área establecida para el manejo y análisis de datos es un buffer de 500 metros a cada lado de la vía.

Gráfico 1. Localización de la vía



Desde el poblado de Ambato hasta Pelileo, atraviesa el valle del río Ambato y vertientes de la cuenca interandina. Existe un desnivel aproximado de 1.673 metros, y una topografía muy irregular a través de las vertientes de la Cordillera Oriental, hasta el puente de las Juntas 1990 m.s.n.m., sitio en el cual se forma el Río Pastaza.

A partir de este punto la vía sigue el contorno del río Pastaza, atravesando las faldas del volcán Tungurahua y el desfogue de la hidroeléctrica Agoyán. Posteriormente atraviesa vertientes externas de la Cordillera Oriental hasta llegar al Puyo, sitio que corresponde al pie de monte oriental.

1.6.Marco metodológico

Una metodología es una secuencia lógica concatenada, es decir, un conjunto de tareas bien diferenciadas que se ejecutan según un orden determinado y permite conducir el proceso de reflexión a través del cual se da respuesta al contenido fijado para el trabajo a realizar. (GÓMEZ, 2004)

La metodología aplicada para desarrollar este trabajo, incluye principalmente las siguientes etapas:

1.6.1. Recopilación de Información Cartográfica

Según la Resolución IGM-e-2011-04 del 04 de abril de 2011, establece que la información cartográfica es de dominio público y de libre acceso, para lo cual se utilizó la base disponible en los geoportales de cada institución.

Art.1.- Liberar la Cartografía Digital a escala 1:50 000 versión 2.0 en formato SIG (.shp) basada en el Catálogo de Objetos IGM versión 4.0, generada por el Instituto Geográfico Militar, consecuencia de lo cual, los usuarios podrán utilizar el archivo digital en forma gratuita.*

La información secundaria temática y cartográfica requerida para la elaboración de los mapas de riesgo y factores condicionantes se describe a continuación, especificando las fuentes y escalas:

1. Cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000: Ambato, Quero, Baños, Mera y Shell.

2. Base de datos georeferenciadas de la red vial, principales cabeceras cantonales y centros poblados del área de estudio escala 1:50.000 (IGM). Cartografía digital de coberturas de ríos y cotas que se encuentren dentro del área de influencia de la vía.
3. Cartas geológicas escala 1:100.000 del Instituto Nacional De Investigación Geológico Minero Metalúrgico, INIGEMM.
4. Cartografía temática de uso y cobertura de suelo escala 1:50.000 del Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria SIGAGRO.
5. Precipitación a partir del Anuario Meteorológico del Instituto Nacional De Meteorología e Hidrología INAMHI (1990-2008), con el mapeo de isoyetas de las siguientes estaciones: Urbina, Tisaleo, Pillaro, Patate, Bados, Pillahuin, Huambalo, Rio Verde, Pedro Fermín Cevallos, Querochacha, Puyo.
6. Densidad hidrográfica en km/km² a partir de ríos doble y torrente 1:50.000 IGM.

Validación de la información cartográfica

Inicialmente se clasificó la información pertinente al trabajo y se realizó una reclasificación de coberturas y base de datos.

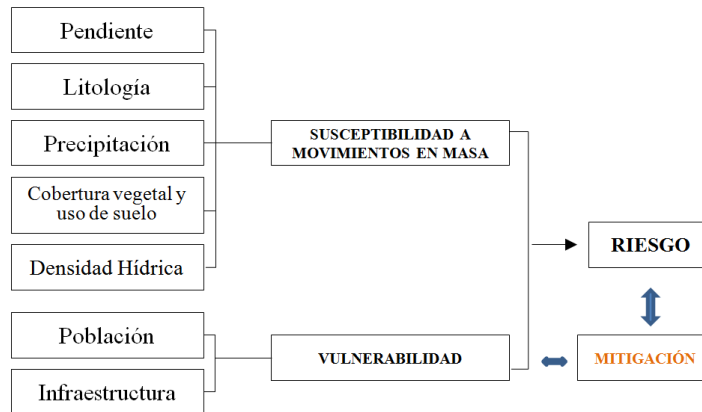
La cartografía utilizada previamente ha pasado por distintos filtros desde su generación hasta el producto final que son los archivos .shp en sus respectivas geodatabases.

Este proceso de generación de información (*Ver anexo 1*) ha contado con varias fases. En su fase inicial correcciones topológicas, catalogación de objetos según la cuarta versión del catalogo de objetos del IGM y generación de metadatos en cada producto según el Perfil Ecuatoriano de Metadatos (PEM). Posteriormente se realizó una supervisión y fiscalización que consistió en identificar errores en los archivos para posteriormente ser aceptados o rechazados, remitiendo la información rechazada a producción para que se realicen las respectivas correcciones.

1.6.2. Evaluación de la Susceptibilidad de los movimientos en masa

Para la evaluación de la susceptibilidad de movimientos en masa se aplicó al método de Ester Dotor, por el cual se analizó los factores condicionantes. Los factores que intervienen en el análisis de susceptibilidad se cuantifican mediante variables que se asignan un valor numérico a cada factor en función de su importancia en la probabilidad de que produzcan deslizamientos.

Gráfico 2. Proceso metodológico



Fuente: Elaboración propia

El método seleccionado permitió determinar el índice de susceptibilidad que es expresado en un mapa cuya cobertura contenga la sumatoria de los factores, previo a un trabajo de clasificación y ponderación de cada variable:

$$\text{SUSCEPTIBILIDAD} = P + L + F + C + H$$

P = Valor de la Pendiente

L = Valor de la Litología

C = Valor de la Precipitación

F = Valor de la Cobertura vegetal y uso del suelo

H = Valor de la Densidad Hidrográfica

Tabla 3. Variables Dotor (2004)

Variable	Descripción	Obtención	Uso
Pendiente	El ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor viene expresado de 0° a 90°. La pendiente es el factor que más condiciona la aparición de deslizamientos.	Modelo Digital de elevaciones 100 m de Andalucía, del Instituto de Cartografía de Andalucía.	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Litología	Se estima la estabilidad del terreno en función sus características geológicas. La valoración se realiza de forma semicuantitativa, asignándole un valor numérico en función de los tipos de rocas y de suelos existente en la zona de estudio, dependiendo del grado de estabilidad que a priori presentan los suelos y rocas según su clasificación geológica.	A partir de Mapa Geológico Digital MAGNA 1:50.000	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Vegetación	Hace referencia a los diferentes tipos de vegetación existentes en la zona de estudio. Se valora de forma semicuantitativa, teniendo en cuenta la presencia o ausencia de vegetación y el tipo de vegetación. La presencia de vegetación disminuye la probabilidad de deslizamiento y la pérdida de cobertura vegetal aumenta la posibilidad de deslizamiento	Mapa de coberturas de vegetación	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Precipitaciones	Indica la cantidad de precipitaciones en el área de estudio, factor que influye considerablemente en la estabilidad de los taludes, ya que después de épocas de grandes lluvias se suelen producir grandes deslizamientos, esto es debido a que la infiltración de agua en terreno, puede ocasionar un incremento de las fuerzas que tienden al deslizamiento.	Datos Publimétricos de la zona e interpolación de los datos	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Red Hidrológica	La proximidad de una zona a una red hidrológica implica un aumento de la posibilidad de deslizamiento. Esto se debe a la que la presencia de agua en el terreno reduce la resistencia al corte de los materiales	Mapa Digital 100.000 de Andalucía, de Instituto de Cartografía de Andalucía	Análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de laderas
Vías de comunicación y tendido eléctrico	La afectación de los deslizamientos a las vías de comunicación y tendido implica grandes riesgos tanto económicos, como de pérdidas de vidas humanas.	Mapa Digital 100.000 de Andalucía, de Instituto de Cartografía de Andalucía	Variables antrópicas para el análisis de la peligrosidad
Núcleos de población	La proximidad a zonas urbanas con alto índice de población implica un mayor riesgo de peligrosidad de zonas susceptibles de deslizamientos.	Datos estadísticos provenientes del Instituto de Estadística de Andalucía, referente a la población del año 2001	Variables antrópicas para el análisis de la peligrosidad

Fuente: DOTORE. 2004

Los porcentajes de cada factor están enmarcados en el rango establecido conforme a los criterios propios de la metodología. En este sentido los factores de mayor peso son la pendiente con un 50% y la litología con un 30%. La precipitación tiene un 10%, la cobertura vegetal y densidad hidrográfica un 5% a cada una.

Tabla 4. Porcentaje por factor ponderado

Ponderación	%
Pendiente	50
Litología	30
Precipitación	10
Cobertura vegetal	5
Densidad Hidrográfica	5

En función de los valores ponderados se estableció el grado de susceptibilidad para lo cual se utilizó la siguiente clasificación: muy bajos ó bajos ó moderados ó alto ó muy alto.

Tabla 5. Clasificación por grado de susceptibilidad

Clase	Descripción
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Moderado
4	Alto
5	Muy Alto

Fuente: Elaboración Propia

Para ponderar las variables de cada factor se utilizará la siguiente fórmula:

$$(X/ Y)*Y$$

Donde:

X= % de la variable independiente

Y= clase

Para el factor pendiente nuestro indicador fue el grado de inclinación de la misma. La tabla 6 muestra la clasificación y el valor ponderado.

Tabla 6. Clasificación de la pendiente por porcentaje de inclinación

Pendiente (%)	Clase (y)	Valor Ponderado
----------------------	------------------	------------------------

0-12	1	3,3
12-25	2	6,7
25-40	3	10
40-70	4	13,3
> 70	5	16,7
		50%

Fuente: Elaboración Propia

Para el factor litología las clases se determinaron a partir del origen de las rocas. La Tabla 7 muestra la clasificación y el valor ponderado.

Tabla 7. Clasificación litológica por origen de la roca

Origen de las rocas	Clase	Valor Ponderado
Rocas magmáticas: <ul style="list-style-type: none"> • intrusivas (meteorización: baja, intermedia, alta) • volcánicas: cristalinas y clásticas (meteorización: baja, intermedia, alta). 	1	3.3
Rocas metamórficas (meteorización: baja intermedia, alta)	3	10
Rocas sedimentarias: consolidadas areniscas, lutitas, calizas, arcillas.	5	16.6
		30%

Fuente: Mallitasig, 2010

Para el factor precipitación las clases y valor ponderado considera la precipitación medio anual en milímetros, representados en la siguiente tabla:

Tabla 8. Clasificación de la precipitación por mm/año

Precipitación (mm/año)	Clase	Valor Ponderado
< 300	1	0,7
300-600	2	1,3
600-1100	3	2,0
1100-2100	4	2,7
> 2100	5	3,3
		10%

Fuente: Elaboración Propia

Para el factor cobertura vegetal y uso del suelo el indicador será el porcentaje de la protección del suelo.

Tabla 9. Clasificación por porcentaje de protección del suelo

Nivel de protección	Clase	Valor Ponderado
Muy buena protección (vegetación arbórea)	1	0,3
Buena protección (vegetación arbustiva)	2	0,7
Moderada protección (vegetación herbácea)	3	1
Baja protección (cultivos permanentes)	4	1,3
Sin protección (cultivos estacionarios)	5	1,7
		5%

Fuente: Elaboración Propia

Para el factor Densidad Hidrográfica se realizó en base a la densidad de ríos por Km2. La tabla No 10 muestra la clasificación y el valor ponderado.

Tabla 10. Clasificación de densidad hidrográfica por km2

Densidad Hidrográfica km/km2	Clase	Valor Ponderado
0-1	1	0,3
1-2	2	0,7
2-3	3	1,0
3-4	4	1,3
4-5	5	1,7
		5%

Fuente: Elaboración Propia

1.6.3. Trabajos de Campo

Se realizaron trabajos de campo para el levantamiento de los movimientos en masa recientes, tomando su ubicación con coordenada (GPS), caracterización de los materiales desplazados. (Registro fotográfico y mapa de puntos). De forma paralela se incorporó un inventario de las obras de drenaje mayor (puentes), obras de drenaje menor (alcantarillas) y obras de protección como muros y otros pertinentes levantados en el sitio.

1.6.4. Vulnerabilidad

Con el criterio de evaluar y dar énfasis en las estructuras como tal, se ha asignado a la variable infraestructura un 60 % y la variable población un 40%.

El proceso de asignación de ponderaciones será similar al de susceptibilidad, en el cual para llegar a los resultados asignados, la sumatoria de las categorías fue multiplicado por el porcentaje y este fue dividido para cada categoría, obteniendo valores para determinar el

grado de vulnerabilidad para lo cual cada variable estará de acuerdo al grado de importancia en función de los criterios asignados.

Para la elaboración final del mapa será necesario estandarizar la variable vulnerabilidad asignando valores de 1 a 3, donde 1 es la menor vulnerabilidad y 3 la mayor. Los niveles de vulnerabilidad se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 11. Estandarización variable vulnerabilidad

Clase	Valor
Baja	1
Media	2
Alta	3

Para determinar la vulnerabilidad de la población se tomó como insumos imágenes de satélites Landsat 7 del año 2009 y Spot del año 2006, lo que permitió el mapeo de la distribución de la población concentrada y dispersa asentada lo largo de la vía

Para la concentración, fueron tomadas en cuenta viviendas cuya distancia no superen los 50 metros entre sí, el resto fue considerado como asentamiento disperso. Para la elaboración del Mapa de vulnerabilidad de población, en la siguiente tabla se muestran en función al grado de vulnerabilidad los porcentajes asignados.

Tabla 12. Ponderación de la variable población

Variable	Valor Ponderado	Vulnerabilidad
Población conglomerada	6.66	Alta
Población dispersa	13.33	Media
Sin población	19.98	Baja

Fuente: Elaboración Propia

Con el objetivo de facilitar el análisis de la vulnerabilidad física, la vía fue dividida en cuatro tramos, comprendidos entre el paso lateral Ambato y la entrada a la ciudad del Puyo.

No	TRAMO
1	Ambato ó Pelileo
2	Pelileo ó Baños
3	Baños ó Mera
4	Mera ó Puyo

Los elementos que se tomaron en consideración serán los puentes, calzada, alcantarillas y muros de contención y anclaje.

Para determinar los porcentajes se ha dado mayor peso a la variable puentes, ya que en caso de verse afectado por un evento el tiempo de reposición será mayor. La variable vía, se ha asignado un 20 % y las alcantarillas se ha dado el peso del 10 % debido a que estas juegan un rol significativo específicamente en el tramo de vertientes en la Cordillera Occidental donde existe mayor presencia de precipitaciones. Los muros se les asignó el 5%.

Tabla 13. Ponderación para vulnerabilidad física

Indicadores	Porcentaje %
Vía	20
Puentes	25
Alcantarillas	10
Muros	5

Fuente: Elaboración Propia

Para establecer la vulnerabilidad de la vía (calzada) se ha tomado en cuenta al tipo de superficie de rodadura.

Tabla 14. Ponderación de la vía por superficie de rodadura

Categoría	Vulnerabilidad	Valor Ponderado
Concreto	Baja	3.3
Asfalto	Media	6.6
Lastre	Alta	9.9

Fuente: Elaboración Propia

Los puentes se evaluaron según la fragilidad a partir de un análisis de información secundaria de las obras realizadas en cada estructura. Se determinó si ha existido algún tipo mantenimiento y/o reposición, para lo cual se estableció las categorías de bueno, regular y malo. La Tabla 15 muestra las ponderaciones y las categorías utilizadas para la variable puentes.

Tabla 15. Ponderación según estado de puentes

Categoría	Vulnerabilidad	Valor Ponderado
Bueno	Baja	4.16
Regular	Media	8.33
Malo	Alta	12.48

Fuente: Elaboración Propia

Las alcantarillas se evaluaron en función de si estas se encuentran operativas (en funcionamiento) a partir de información y constatación de campo. Se determinó si las mismas reciben mantenimiento, para lo cual se establecerá las categorías de bueno, regular y malo. La Tabla 16 muestra las ponderaciones y las categorías utilizadas para la variable alcantarillas.

Tabla 16. Ponderación según estado de alcantarillas

Categoría	Vulnerabilidad	Valor Ponderado
Bueno	Baja	1.6
Regular	Media	3.3
Malo	Alta	4.8

Fuente: Elaboración Propia

Los muros se evaluaron en función de si estas se encuentran operativas (en funcionamiento) a partir de información y constatación de campo. Se determinó si las mismas reciben mantenimiento, para lo cual se establecerá las categorías de bueno, regular

y malo. La Tabla 17 muestra las ponderaciones y las categorías utilizadas para la variable muros.

Tabla 17. Ponderación según estado de muros

Categoría	Vulnerabilidad	Valor Ponderado
Bueno	Baja	0.83
Regular	Media	1.66
Malo	Alta	2.49

Fuente: Elaboración Propia

1.6.5. Evaluación de riesgo

La etapa de la evaluación del riesgo, se fusionó la identificación de las amenazas y la evaluación de la vulnerabilidad de la población y la infraestructura vial para definir estrategias y establecer una propuesta de mitigación.

Para el mapeo del riesgo se utilizó los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que son una representación gráfica de toda la información cartográfica en capas, coberturas o temas, los cuales pueden ser utilizados en forma independiente o conjunta. Estos a su vez están relacionados con bases de datos georeferenciadas, lo que nos permite actualizar cada cobertura a medida que se organizan nuevos datos.

Para efecto de este procedimiento el SIG facilita cumplir el análisis mediante la superposición de mapas temáticos de los diferentes factores condicionantes, gracias al establecimiento de bases de datos asociadas y resultados obtenidos en el proceso de algebra y lógica de mapas.

Para la identificación del riesgo se utilizó la matriz de doble entrada, de acuerdo al grado de impacto de las variables que se consideraron dentro del estudio.

Tabla 18. Matriz de análisis de riesgos

SUCEPTIBILIDAD		MUY BAJO	BAJO	MODERADA	ALTO	MUY ALTO
VULNERABILIDAD	BAJO	MUY BAJO	BAJO	MODERADO	ALTO	ALTO
	MEDIA	BAJO	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
	ALTO	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	MUY ALTO

Fuente: Elaboración Propia

1.6.6. Medias de mitigación

Posteriormente se determinó las medidas de mitigación según el rango de riesgo. Dichas medidas se deben aplicar con el objetivo de reducir, prevenir o eliminar los riesgos ante una eventual amenaza a deslizamientos.

Las medidas de control y mitigación son una actividad que se usa para prevenir, eliminar un o en todo caso reducir un peligro a un nivel aceptable en puntos críticos identificados. Las medidas en la mitigación serán de tipo estructural y de gestión cuyas acciones correctivas deben ser específicas y oportunas para cada situación que presenta la vía.

Dentro de este conjunto de medidas para disminuir las amenazas a movimientos en masa existen dos tipos de acciones que ayudan a contrarrestar los impactos negativos que pudieran tener estos procesos.

La primera es una intervención de tipo estructural las cuales refieren a una acción física mediante el desarrollo o refuerzo de obras de ingeniería. Estas acciones están encaminadas a la reducción mínima posible de daños materiales mediante la modificación de los niveles de exposición de los elementos expuestos.

La segunda es una acción de gestión, las cuales corresponden a cualquier actividad de tipo educativo, legislativo, informativo, de fortalecimiento institucional y organizacional de la población. Estas acciones son generalmente un complemento de las medidas estructurales y buscan al igual que las primeras reducir la amenaza.

CAPÍTULO II

2. DIAGNÓSTICO DE AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA

2.1. Características Biofísicas

2.1.1. Geología

Según información de las cartas geológicas escala 1:1.000.000 del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero y Metalúrgico (INIGEM), los rasgos más característicos en el tramo Ambato-Pelileo están constituidos por cangagua y depósitos aluviales con materiales laharíticos pertenecientes al holoceno. A medida que seguimos con el descenso encontramos tobas volcánicas y depósitos coluviales que corresponden al pleistoceno y holoceno respectivamente.

La cota más alta dentro del área de estudio es el volcán Tungurahua 5023 m.s.n.m., a sus faldas se encuentran cenizas y lavas (tobas y basaltos) del pleistoceno. Las rocas metamórficas se afloran hacia el oriente con esquistos verdes cerca de Baños y anfibolitas hacia el Agoyán.

La secuencia de unidades estratigráficas de toda el área de estudio se detallan a continuación: formaciones Hollín (Cretáceo Inferior) compuesta por areniscas metamorfizadas, Napo (Cretáceo Medio) compuesta de lutitas oscuras y duras - lutitas calcáreas gris ó calizas masiva gris oscura, Tena (Cretáceo ó Paleoceno) compuesta de arcillas rojas y cafés con algunas intercalaciones de areniscas. El Granito de Abitagua aflora en una franja de 10 kilómetros, donde entra en contacto con sedimentos pliocuaternarios de la Formación Mera.

Los poblados de Mera y Shell se encuentran sobre la formación Mera, constituidos por conglomerados y areniscas. Un poco más adelante y cerca de llegar al Puyo, se encuentran terrazas aluviales del periodo holocénico y rastros dispersos de la formación Tena de areniscas y arcillas rojas.⁹

2.1.2. Geomorfología

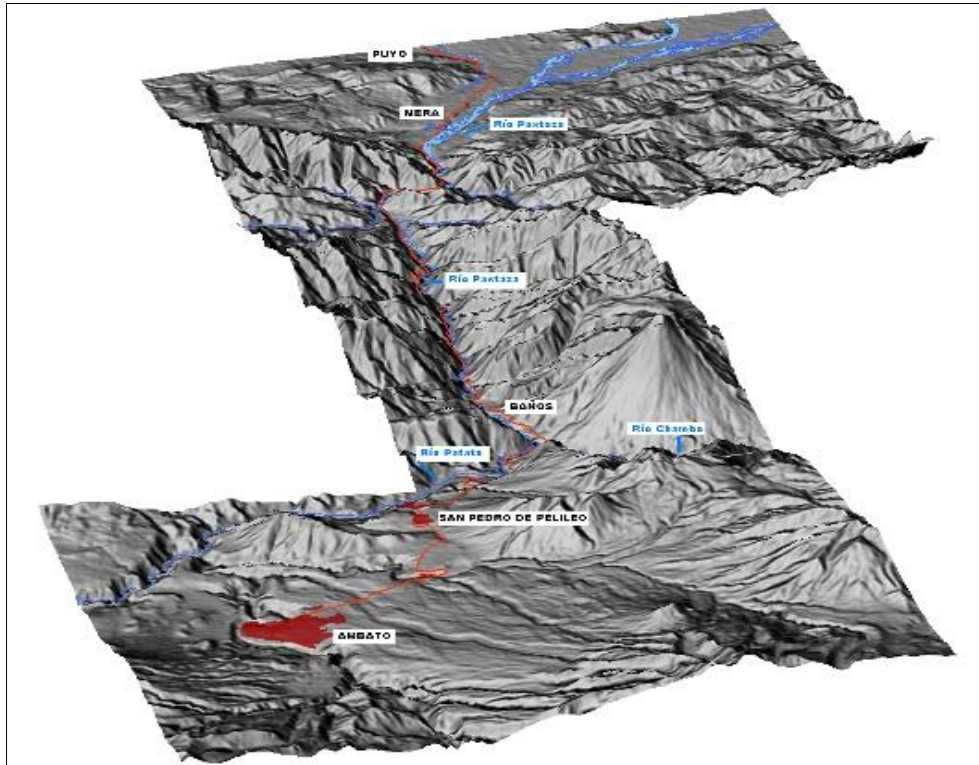
El relieve que atraviesa la vía se encuentra entre los 2400 y 900 m.s.n.m. En base a información del Mapa de Paisajes Naturales del Ecuador las principales características geomorfológicas de la vía se describen a continuación:

- Relieves de cuenca interandina con relleno volcánico ó sedimentario y material intercalado aluvial y piroclastos.
- Gargantas fluviales del río Ambato e inicios del río Pastaza, con flancos escarpados y testigos de terrazas suspendidas.
- Cono del Volcán Tungurahua con formas perfectas y actividad actual al sur de la vía en estudio.
- Grandes vertientes escarpadas sobre rocas metamórficas.
- Relieves indiferenciados en la depresión tectónica sobre rocas flysch y calizas con la cobertura piroclástica discontinua.
- Relieves homogéneos con disección densa y regular sobre grano dioritas con la cobertura piroclástica.
- Piedemonte con relieves indiferenciados excavados y disectados.¹⁰

⁹ Instituto Nacional de Investigación Geológica Minero y Metalúrgico (INIGEM). Carta Geológica de Ambato Escala 1:100.000, 1978

¹⁰ WINCKELL A. (1997) Los Paisajes naturales del Ecuador, Geografía Básica del Ecuador, T.IV, vol., 1 y 2 . IPGH – IGM – ORSTOM. Quito – Ecuador.

Gráfico 3. Relieve del área de estudio



Elaborado: Borja J. 2012 a partir de datos Shuttle Radar Topography Mission SRTM

2.1.3. Clima

La información meteorológica compilada en los planes de desarrollo de los cantones por los cuales atraviesa la vía son las siguientes:

- Ambato: Temperatura media anual es de 20 °C y precipitaciones anuales menores a 500 mm.
- San Pedro de Pelileo: Temperatura media anual de 13 °C y precipitación media anual entre 557 y 700 mm/año.

Baños: Temperatura meda anual de 18.2 °C y precipitaciones de 1400 mm.

- Mera: Temperatura media anual es de 20.2 °C con una precipitación media anual de 4222 mm.

Según la caracterización de Pourrut (1995), el clima en el área de estudio varía desde ecuatorial (*estación relativamente seca de verano y una estación poco lluviosa en la época del solsticio de invierno*), uniforme (*cuando las lluvias se distribuyen relativamente bien a todo lo largo del año*), seco (*entre 500 y 1000 mm*), húmedo (*1000 y 2000 mm*), y muy húmedo (*superiores a 2000 mm*). Para las temperaturas, estas entran en la clasificación de mesotérmico (*entre 12 y 22 grados centígrados*).

El clima ecuatorial mesotérmico seco está asociado a los valles interandinos abrigados y de menor altura, cuyas temperaturas fluctúan entre 12 y 20 grados centígrados, con muy poca diferencia entre los meses secos y lluviosos, representativo para el sector de Ambato.

El clima ecuatorial mesotérmico seco a húmedo, es representativo para el sector de Pelileo. Las temperaturas fluctúan entre los 12 y 20 grados centígrados con precipitaciones de entre los 500 a 2000 mm.

El clima ecuatorial mesotérmico húmedo está presente en el sector de Baños con temperaturas y precipitaciones mayores a los 2000 mm. Finalmente en el sector de Mera el clima es uniforme mesotérmico muy húmedo.

2.1.4. Hidrografía

El sistema hidrográfico cumple un rol importante debido a que varios segmentos de la vía son atravesados por ríos y arroyos los cuales se encuentran encausados en alcantarillas o a su vez atravesados por puentes de considerables dimensiones.

Desde la cuenca alta del Pastaza descienden los ríos Chambo y Patate los que convergen en el sector de la juntas formando el río Pastaza. Este último se desplaza a través de la cordillera y es alimentado por varios afluentes: Río Verde Chico y Grande, Bascún, Blanco, San Pedro, Estancias, Topo, Alpayacu, entre otros.

2.1.5. Cobertura y Uso Vegetal del Suelo

Respecto a la cobertura de suelo (Ambato ó Pelileo) existen varias áreas intervenidas por acción antropogénica. Se puede observar también áreas de cultivos de ciclo corto (frutales) en áreas con procesos erosivos.

El tramo (Pelileo ó Baños) se observa formaciones arbustivas secas y formaciones herbáceas generalmente localizadas en pendientes fuertes. Pastos cultivados y pastos naturales en pendientes moderadas.

En un plano más amplio la vía atraviesa el corredor ecológico entre el Parque Nacional Llangantes al norte y el Parque Nacional Sangay al sur. Estas áreas protegidas forman parte del complejo ecorregional de los Andes del norte que va desde Venezuela hasta el norte del Perú. ¹¹

El tramo (Baños - Mera) se encuentran áreas con pastos cultivados y vegetación arbustiva. Predominan los bosques naturales asociados con pastos cultivados y cultivos de ciclo corto.

El tramo (Mera - Puyo) colindante a la vía el predominio son los bosques naturales cultivos asociados con pastos cultivados. Un poco más adentro vegetación arbustiva en colinas bajas y bosque natural.

2.2. Descripción de movimientos en masa y las obras de protección en la vía

Los movimientos en masa corresponden una serie de acciones sucesivas y sinérgicas a través de las cuales agentes externos son capaces de moldear las formas de la superficie terrestre. Asociados a una secuencia conformada por la erosión y meteorización de rocas por acción de elementos como el viento, temperatura o precipitaciones.

Con este antecedente, se observaron procesos erosivos importantes desde el paso lateral de Ambato hasta Pelileo. Allí el corte talud se encuentra expuesto a erosión de tipo eólica y se evidencian varios desprendimientos. (*Ver Foto No 1*)

¹¹ Municipio del Cantón Baños de Agua Santa, "Plan de Desarrollo del Cantonal", 2005.

Foto 1. Movimientos en masa - Paso lateral Ambato



Foto: Borja J. 2011

El clima juega un rol muy importante en el desgaste que sufren las rocas, de ahí que la precipitación sea un factor muy significativo en este tipo de procesos.

Debido a esto en la parte oriental las temperaturas y precipitaciones aumentan, consecuentemente la meteorización es mayor. Como resultado de estas condiciones el tipo de movimiento varía respecto a los primeros tramos de la vía.

Foto 2. Deslizamiento - Sector Puente Topo



Foto: Borja J. 2011

De acuerdo a la planificación de trabajos en campo realizados en los días 25 y 26 de diciembre del 2011 se levantó información concerniente a movimientos en masa registrando un total de 41. Este proceso consistió en la toma de coordenada del punto, fotografía y descripción del evento.

Se identificaron cuatro grandes deslizamientos (mayores a 50 metros) de longitud a lo largo de la vía. Dos en el tramo Pelileo ó Las Juntas y dos en el tramo Casahurco ó Mangayacu, ambos en estado activo.

Foto 3. Deslizamiento Grande - Sector Mangayacu



Foto: Borja J. 2011

Con la información levantada se generó una geodatabase que tiene por nombre *DESLIZAMIENTOS_CAMPO*. En la tabla No 19 se describe el contenido del inventario total de los eventos levantados en campo.

Tabla 19. Inventario de deslizamientos

IDENT	COORD_Y	COORD_X	ALTURA	DESCRIPCIÓN
1	9867091	768086	2660	Deslizamiento
2	9864255	769263	2524	Deslizamiento
3	9861688	767570	2522	Deslizamiento
4	9861356	767303	2557	Deslizamiento
5	9860829	766922	2603	Deslizamiento
6	9852090	775241	2450	Deslizamiento
7	9851267	775032	2426	Deslizamiento
8	9850732	775407	2406	Deslizamiento

IDENT	COORD_Y	COORD_X	ALTURA	DESCRIPCIÓN
9	9846641	779217	2045	Deslizamiento
10	9846570	779980	2004	Deslizamiento
11	9845203	780887	1975	Deslizamiento
12	9844187	781382	2014	Deslizamiento
13	9845879	787785	1771	Deslizamiento
14	9845704	788097	1751	Deslizamiento
15	9845265	792316	1653	Deslizamiento
16	9845228	792891	1647	Deslizamiento
17	9845270	793118	1659	Deslizamiento
18	9845289	793741	1646	Deslizamiento
19	9844781	797458	1571	Deslizamiento
20	9844322	798894	1550	Deslizamiento
21	9844574	799219	1546	Deslizamiento
22	9844977	800391	1522	Deslizamiento
23	9844938	801679	1506	Deslizamiento
24	9843950	804144	1495	Deslizamiento
25	9843869	804214	1504	Deslizamiento
26	9843859	804332	1506	Deslizamiento
27	9843894	806863	1294	Deslizamiento
28	9843819	808369	1272	Deslizamiento
29	9843565	810459	1232	Deslizamiento
30	9843186	814103	1188	Deslizamiento
31	9841671	814193	1196	Deslizamiento
32	9840498	813932	1267	Deslizamiento
33	9839618	814813	1257	Deslizamiento
34	9839851	815178	1221	Deslizamiento
35	9839965	815414	1221	Deslizamiento
36	9839440	816955	1213	Deslizamiento
37	9839651	819596	1150	Deslizamiento
38	9844315	798962	1560	Deslizamiento
39	9844590	799253	1548	Deslizamiento
40	9839498	816553	1180	Deslizamiento
41	9845573	790137	1709	Deslizamiento

Elaboración: Borja J. 2012

2.3. Inventario de obras de protección

De forma paralela al levantamiento de movimientos en masa se realizó el inventario de las obras de protección tipo estructural presentes en la vía. Este proceso consistió en la toma de coordenada del punto, fotografía de las alcantarillas, muros de contención, terraceo y revestimiento con hormigón en segmentos de taludes.

Toda la información recopilada fue clasificada en puentes, muros, alcantarillas, revestimientos de hormigón y se almacenó en una geodatababase que tiene por nombre *OBRAS_DE_PROTECCION_CAMPO*

En la Tabla 20 se describe el contenido del inventario total de la infraestructura levantados en campo.

Tabla 20. Obras de drenaje menor

IDENT	COORD_Y	COORD_X	ALTURA	DESCRIPCIÓN
1	9863313	768669	2433	Alcantarilla
2	9845060	795668	1597	Alcantarilla
3	9845017	795831	1599	Alcantarilla
4	9844983	795937	1596	Alcantarilla
5	9844940	796123	1587	Alcantarilla
6	9844922	796244	1587	Alcantarilla
7	9844841	796597	1578	Alcantarilla
8	9844404	803530	1485	Alcantarilla
9	9843911	803651	1469	Alcantarilla
10	9844078	804030	1488	Alcantarilla
11	9843879	804430	1504	Alcantarilla
12	9844033	804417	1493	Alcantarilla
13	9844041	804663	1470	Alcantarilla
14	9844042	804869	1456	Alcantarilla
15	9844200	805624	1395	Alcantarilla
16	9843901	807279	1281	Alcantarilla
17	9843752	811679	1208	Alcantarilla
18	9843703	813219	1192	Alcantarilla
19	9843618	813375	1192	Alcantarilla
20	9843553	813479	1190	Alcantarilla
21	9843381	813731	1184	Alcantarilla
22	9843330	813828	1184	Alcantarilla
23	9842944	814255	1200	Alcantarilla
24	9842720	814371	1203	Alcantarilla
25	9842435	814330	1203	Alcantarilla
26	9842074	814185	1202	Alcantarilla
27	9841512	814208	1195	Alcantarilla
28	9841361	814114	1208	Alcantarilla
29	9841215	814069	1221	Alcantarilla
30	9840987	813988	1232	Alcantarilla
31	9840783	813948	1251	Alcantarilla
32	9839988	814259	1278	Alcantarilla

IDENT	COORD_Y	COORD_X	ALTURA	DESCRIPCIÓN
33	9840005	815759	1220	Alcantarilla
34	9839849	816030	1224	Alcantarilla
35	9839592	816287	1221	Alcantarilla
36	9839517	816538	1232	Alcantarilla
37	9839434	817149	1199	Alcantarilla
38	9839603	817624	1179	Alcantarilla
39	9839741	819052	1168	Alcantarilla
40	9839713	819549	1157	Alcantarilla
41	9837628	822237	1072	Alcantarilla
42	9837296	822508	1054	Alcantarilla
43	9832998	828072	1022	Alcantarilla
44	9833138	828474	993	Alcantarilla
45	9844971	795975	1609	Alcantarilla
46	9844770	796782	1562	Alcantarilla
47	9844776	796752	1557	Alcantarilla
48	9844057	804941	1457	Alcantarilla
49	9844129	805660	1390	Alcantarilla
50	9843911	807192	1308	Alcantarilla
51	9843317	813875	1240	Alcantarilla
52	9843152	814131	1204	Alcantarilla
53	9841319	814097	1216	Alcantarilla
54	9840389	813933	1280	Alcantarilla
55	9840444	813935	1271	Alcantarilla
56	9839965	814299	1299	Alcantarilla
57	9839864	815218	1200	Alcantarilla
58	9839979	815452	1190	Alcantarilla
59	9839581	816348	1211	Alcantarilla
60	9839585	816320	1202	Alcantarilla
61	9839443	816986	1191	Alcantarilla
62	9839457	817180	1184	Alcantarilla
63	9865838	768758	1200	Alcantarilla
64	9865597	768902	1203	Alcantarilla
65	9865453	769095	1203	Alcantarilla
66	9865373	769352	1202	Alcantarilla
67	9865245	769480	1195	Alcantarilla
68	9865036	769560	1208	Alcantarilla
69	9864795	769624	1221	Alcantarilla
70	9864555	769560	1232	Alcantarilla
71	9864410	769416	1251	Alcantarilla
72	9864282	769303	1278	Alcantarilla
73	9864138	769175	1220	Alcantarilla
74	9863993	769111	1224	Alcantarilla

IDENT	COORD_Y	COORD_X	ALTURA	DESCRIPCIÓN
75	9863801	769095	1221	Alcantarilla
76	9863592	769031	1232	Alcantarilla
77	9863416	769015	1199	Alcantarilla
78	9863304	768935	1179	Alcantarilla
79	9863320	768774	1168	Alcantarilla
80	9863240	768582	1157	Alcantarilla
81	9863031	768485	1072	Alcantarilla
82	9862822	768421	1054	Alcantarilla
83	9862774	768229	1022	Alcantarilla
84	9862758	768068	993	Alcantarilla
85	9862758	767844	1609	Alcantarilla
86	9862806	767587	1562	Alcantarilla
87	9862919	767330	1557	Alcantarilla

Elaboración: Borja J. 2012

En la tabla No 21 se detalla el contenido del inventario total de las obras de drenaje mayor (puentes) levantados en campo.

Tabla 21. Obras de drenaje mayor

IDENT	COORD_Y	COORD_X	ALTURA	DESCRIPCIÓN
1	9845274	791595	1647	Puente Agoyán
2	9837535	822292	1080	Puente Alpayacu
3	9845040	801492	1509	Puente Cadenilla
4	9841770	814159	1200	Puente Cashahurco
5	9844599	781087	1970	Puente de las Juntas
6	9842596	814361	1206	Puente Huaymayaco
7	9844793	796708	1577	Puente la Merced
8	9844748	797691	1562	Puente la San Jorge
9	9845038	802474	1524	Puente Machay
10	9839795	819267	1165	Puente Mangayacu
11	9843905	807131	1283	Puente Marjaritas
12	9844328	782333	1996	Puente metálico bailey
13	9862622	766985	2401	Puente Paso Lateral Ambato
14	9833112	828414	1002	Puente Pindo Grande
15	9845382	794994	1601	Puente Río Blanco
16	9833368	829184	974	Puente Río Sucio
17	9843836	812444	1204	Puente Río Topo
18	9839712	817974	1153	Puente s/n
19	9844261	805347	1412	Puente San Francisco
20	9845685	789461	1708	Puente Ulba
21	9844193	781760	1980	Puente y desfogue de Lahar
22	9843910	812839	1194	Puente Zuñag

Elaboración: Borja J. 2012

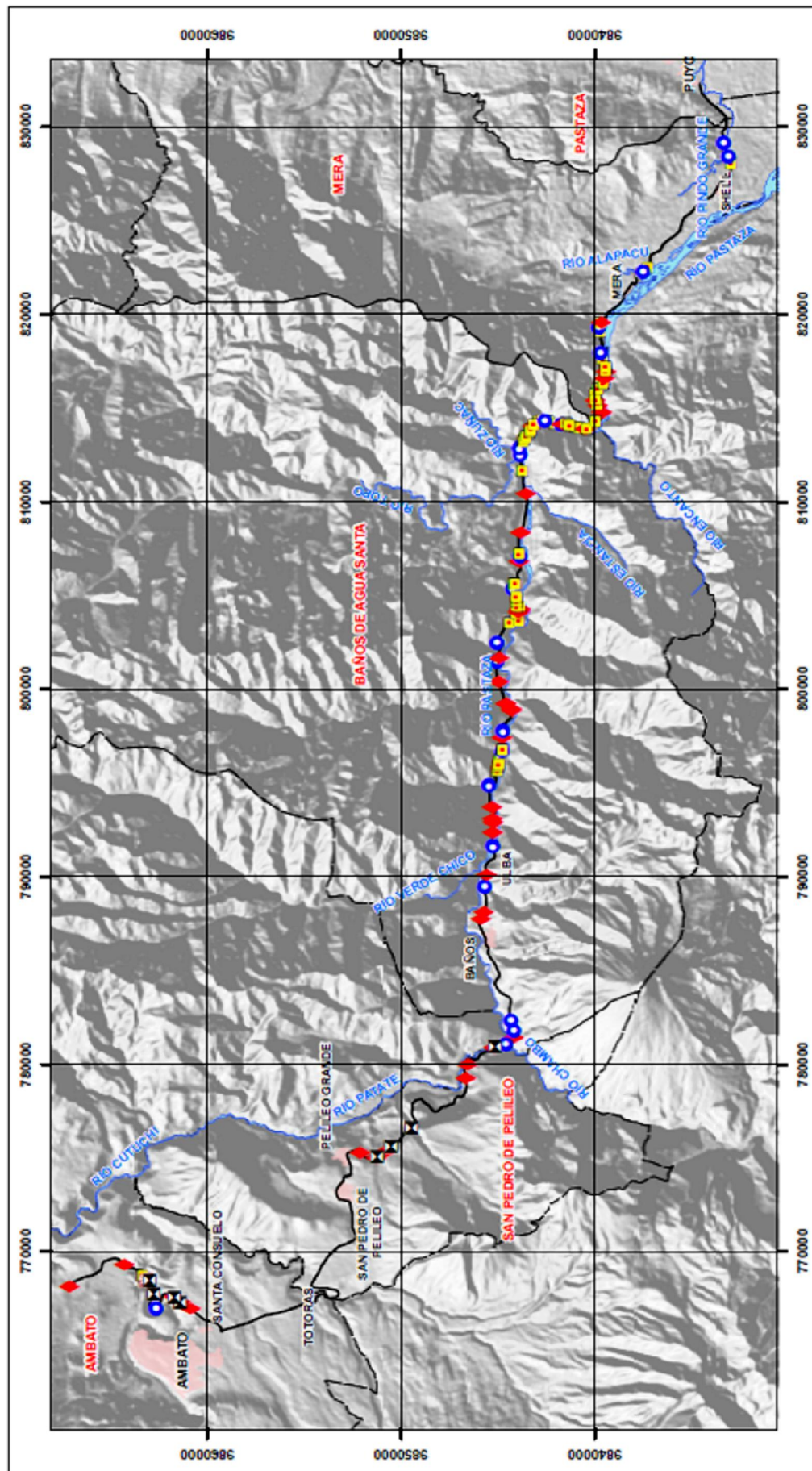
En la Tabla 22 se detalla el contenido del inventario total de las estructuras de protección (muros y revestimientos de hormigón) levantados en campo.

Tabla 22. Inventario de estructuras de protección

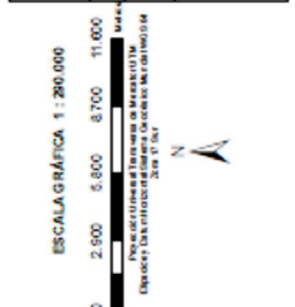
IDENT	COORD_Y	COORD_X	ALTURA	DESCRIPCIÓN
1	9862943	768465	2403	Muro de Contención
2	9862767	767707	2371	Muro de Contención
3	9850498	775604	2401	Muro de Contención
4	9849452	776576	2373	Muro de Contención
5	9861373	767309	2561	Muro de Contención
6	9861701	767579	2514	Muro de Contención
7	9851240	775059	2426	Muro de Contención
8	9845158	780932	1981	Muro de Contención
9	9863155	768519	2418	Muro(Revestimiento de Hormigón)

Elaboración: Borja J. 2012

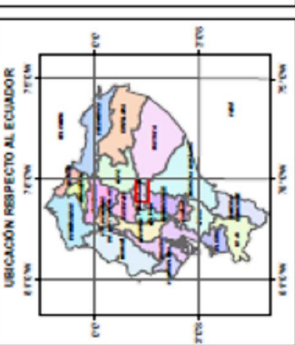
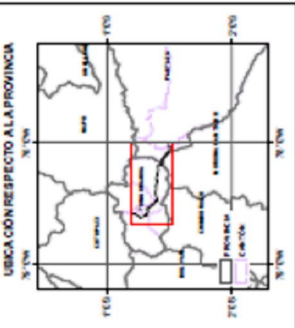
En el Mapa No 1 se muestran el inventario de deslizamientos y obras de infraestructura levantadas en el campo. En total se registraron 22 puentes, 87 alcantarillas, 8 muros y 1 muro con revestimiento de hormigón.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTIENE: MAPA DE DESLIZAMIENTOS E INFRAESTRUCTURA FISICA	DIRECTORA: SVETLANA ZAGORODNIAYA
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJAC.	FECHA: ENERO - 2012
FUENTE: CARTOGRAFIA BASE I.G.M. ESCALA 1:50.000 SERVICIOS GEOGRÁFICOS - INEC INVENTARIO DE PUNTOS LEVANTADOS EN CAMPO	ESCALA GRÁFICA: 1:200.000 ESCALA DE TRABAJO: 1:50.000 MAPA No. 1



SIMBOLOGÍA	
	Deslizamiento
	Puente
	Alcantarilla
	Muro de Contención
	Revestimiento de Hormigón
	Vía
	Río
	Zona Urbana



CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA VULNERABILIDAD

3.1. Vulnerabilidad de la población

3.1.1. Características de poblamiento

Las características de la población determinaron el marco a partir del cual se desenvuelven la población asentada en la vía, los cuales pueden potencialmente verse afectados por un evento de remoción en masa. Por consiguiente las características y el incremento demográfico, van a condicionar el normal comportamiento en las dinámicas propias de la población asentada. Considerando que el análisis de los aspectos demográficos es base en el proceso la evaluación de la vulnerabilidad territorial, se a considerado pertinente hacer un análisis de las características y el aumento de la población en la zona en estudio, para lo cual se han tomado datos de los Censos de Población y Vivienda 1990 ó 2001 ó 2010.

3.1.2. Características socioeconómicas

Según información del Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos los cantones con mayor número de personas son: Ambato con 329.856 personas y Pastaza con 62.016. Seguidos a este, se encuentran los cantones: San Pedro de Pelileo con 56.573, Baños de Agua Santa con 20.018 y Mera con 11.861.

Se desarrollan varias actividades económicas siendo las principales las concernientes a: agricultura, ganadería, comercio, actividades de alojamiento y alimentación. Estas dos últimas actividades están estrechamente relacionadas al turismo que atrae Baños debido a sus atractivos turísticos.

Tabla 23. Cantones bajo influencia de la vía

CANTÓN	No HABITANTES
AMBATO	329.856
PELILEO	56.573
BAÑOS	20.018
MERA	11.861
PASTAZA	62.016
TOTAL	480.324

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2011 INEC.

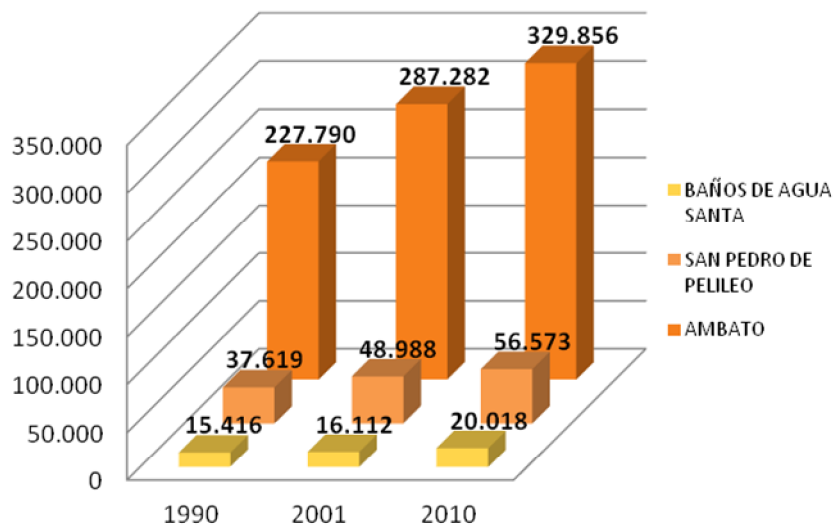
Elaboración: Borja J. 2012

En los cantones del oriente (Mera y Pastaza) a más de las actividades mencionadas existe un importante porcentaje en actividades de administración pública y defensa.

Evolución de la Población años 1990 -2010

La estructura de la población presenta una evolución en el tiempo cuyo análisis nos permitió conocer su desarrollo en los últimos años, a fin de efectuar las respectivas previsiones especialmente en la propuesta de las medidas preventivas.

Gráfico 4. Población por cantón bajo influencia de la vía en la Provincia de Tungurahua



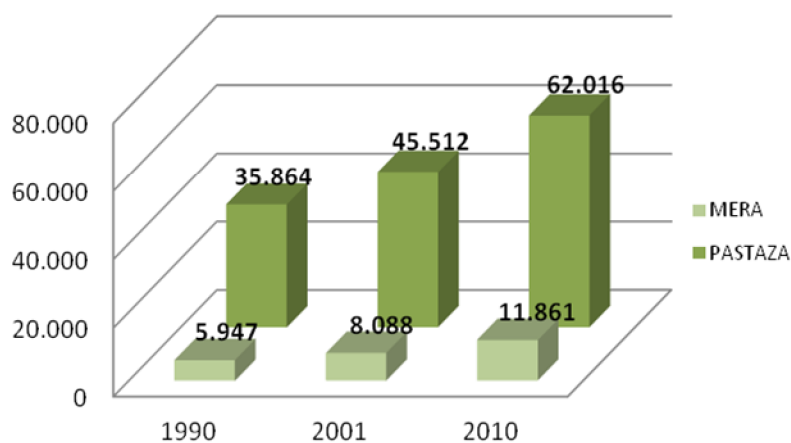
Fuente: Censo de Población y Vivienda 1990-2001-2010 INEC

Elaboración: Borja J. 2012

En un análisis comparativo entre los censos del INEC 1990-2001-2010 se encontraron los siguientes resultados. El cantón Ambato que es el de mayor número de personas se registra un incremento de 59.492 personas al 2001 y 42.574 al 2010. Es decir un 26.11% y 14.81% respectivamente.

San Pedro de Pelileo actualmente posee 56.573 habitantes. En el periodo 1990 ó 2001 se registra un crecimiento del 23,2% y al año 2010 un 13,4%. Unos 11.369 y 7.585 habitantes respectivamente. Baños de Agua Santa cantón de menor número de población registra para el año 1990, 15.416 personas, con un crecimiento del 4,3 % para el año 2001 y el 19,5 % al 2010 con 20.018 habitantes.

Gráfico 5. Población por cantón bajo influencia de la vía en la Provincia de Pastaza



Fuente: Censo de Población y Vivienda 1990-2001-2010 INEC

Elaboración: Borja J. 2012

Al oriente, el cantón de Mera en el período 1990 ó 2001 existe un incremento del 26,4 % y en el período 2001 ó 2010 un 31,8%. El cantón Pastaza (segundo en número total de

personas) en el año 1990 se registra un incremento de 9.648 personas al 2001 y 16.504 al 2010. Es decir un 21,1 % y 26,6% respectivamente.

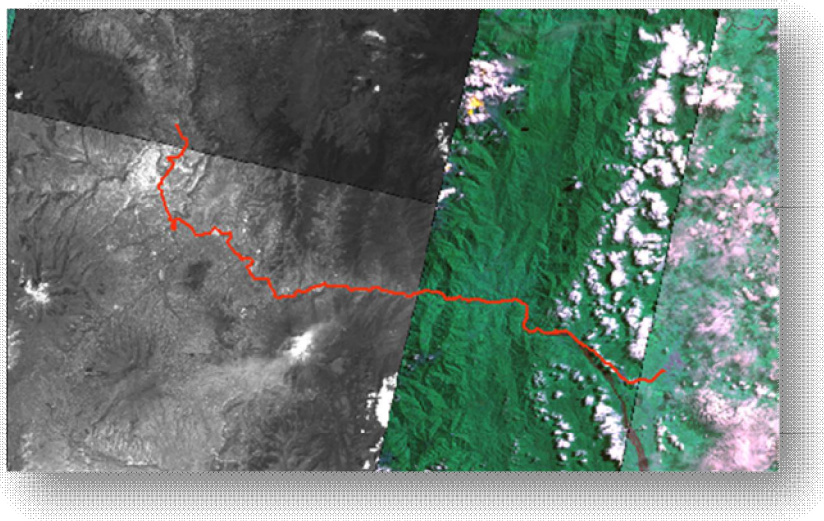
En resumen: desde el año 1990 al 2010 los cantones de la provincia de Tungurahua han crecido en 125.622 personas. Los cantones de la Provincia de Pastaza en la misma serie de años han crecido en 32.066 personas.

3.2. Determinación de la vulnerabilidad de la población

El estudio desarrollado en este capítulo permite conocer la localización de la población comprendida en el área de influencia de la vía. Los resultados nos proporcionaron elementos sobre las condiciones actuales de distribución de la población.

Para determinar la vulnerabilidad, se recurrió a productos provenientes de los sensores remotos como imágenes satélite. Adicionalmente a esta herramienta se realizaron visitas de campo con registro fotográfico de los sitios asentados a lo largo de la vía.

Gráfico 6. Mosaico de imágenes utilizadas



Para cubrir el área en estudio se usaron imágenes de los satélites LANDSAT 7 (resolución 25 metros) e imágenes SPOT (resolución 5 metros).

Como parte del procesamiento de las imágenes, lo primero que se hizo fue aplicar el método *Cubic Convolution (for continuous data)* con la finalidad de evitar una alteración de la superficie del terreno. Adicionalmente para mejorar los resultados del método empleado se realizó un realce mediante la opción *Histogram Equalize* con la objetivo de optimar la calidad visual.

A continuación el detalle y características de las imágenes utilizadas:

Tabla 24. Características de imágenes satelitales - Landsat

IMÁGENES LANDSAT 7					
Imagen	Resolución espacial	Día	Año:	Path:	Row:
p9_r61_14mar09.img	25 metros	14-mar	2009	10	62
p10_r61_14mar09.img	25 metros	14-mar	2009	10	62

Tabla 25. Características de imágenes - Spot

IMÁGENES SPOT (pancromático)				
Imagen	Resolución espacial	Año:	Mes:	Sector:
10014321_2007.img	5 metros	2006	Enero	Ambato
20014321_2008.img	5 metros	2006	Enero	Ambato

En el manejo de las imágenes SPOT se empleó la combinación de bandas 1 4 2 facilitando la discriminación de zonas pobladas. Debido a la resolución del píxel, para mejorar la interpretación del resultado la imagen fue sobrepuesta y contrastada con las cartas topográficas en el tramo Mera ó Puyo y una parte del tramo Baños ó Mera.

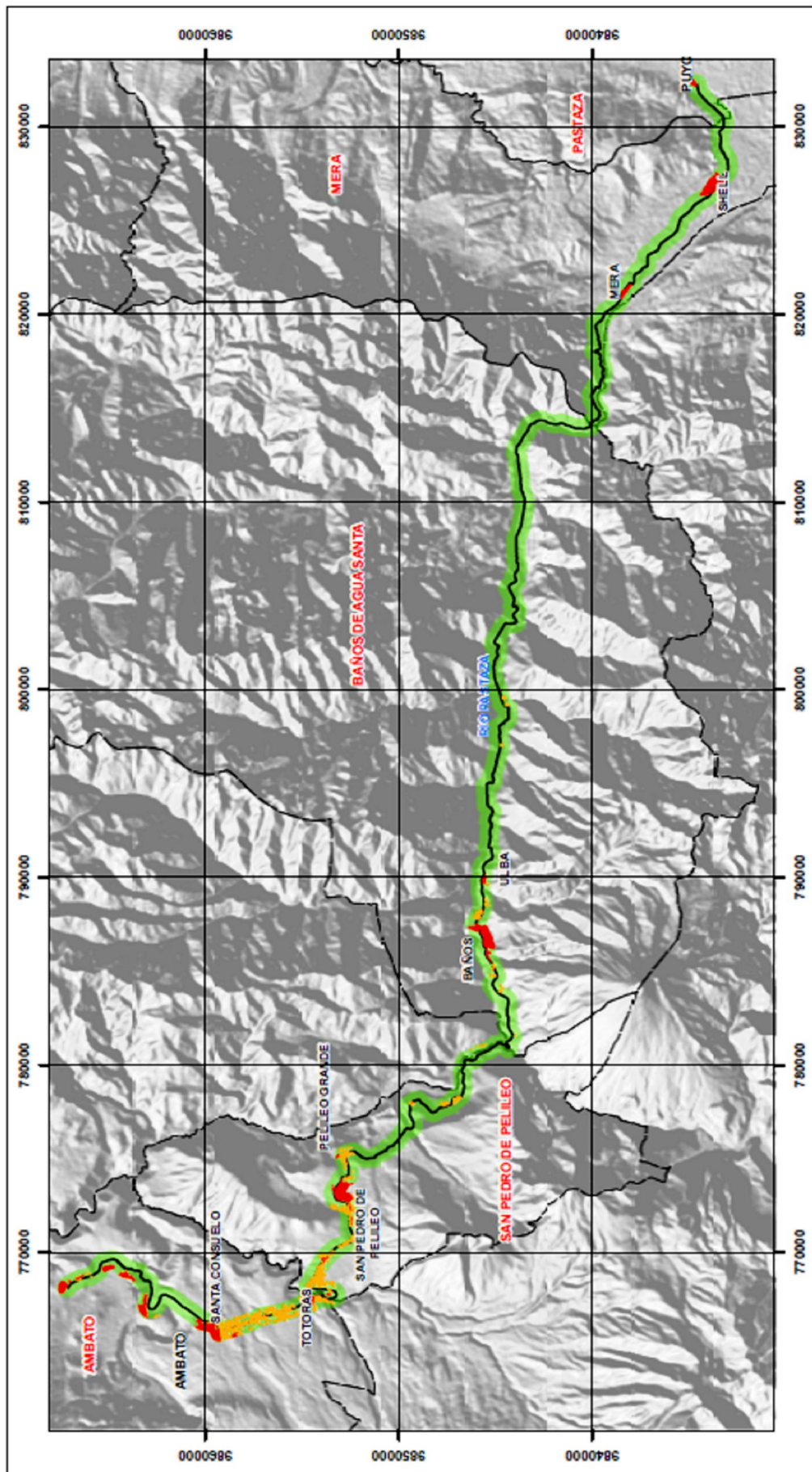
Para el mapeo y generación de la cobertura de la vulnerabilidad de la población fue necesario identificar mediante el análisis de las imágenes, la población dispersa y áreas consolidadas las cuales están representadas mediante puntos y polígonos.

En el Mapa No 2 se muestra la distribución de la población. Esta presenta un esquema disperso ocupando una gran cantidad de superficie desde el km 11 hasta el km 24 del tramo Ambato óPelileo. A partir del km 1 del tramo Pelileo - Baños, estos disminuyen y se ubican colindantes a la vía hasta el km 17. Posteriormente, en el km 7 y en los km 11 - 17 del tramo Baños ó Mera existe poca presencia de asentamientos dispersos. A partir del tramo Mera ó Puyo los asentamientos son escasos.

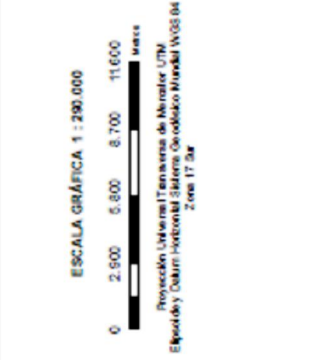
Dentro de los asentamientos concentrados se mapearon en total 24 áreas consolidadas de las cuales dos son capitales provinciales (Ambato ó Puyo). Los principales asentamientos se ubican en los sitios de: Santa Consuelo, Totoras y San Pedro de Pelileo, Mera y Shell. Se localizan también los siguientes poblados dentro del área del estudio. En la Tabla 26 se detalla los asentamientos concentrados levantados en campo.

Tabla 26. Asentamientos concentrados

No	POBLADO
1	Izamba
2	Totoras
3	Pintag
4	Sn Pedro de Pelileo
5	Pelileo Grande
6	García Moreno
7	Baños de Agua Santa
8	Ulba
9	Yunguilla
10	Río Verde
11	Río Negro
12	Cashurco
13	Mera
14	Shell



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTIENE: VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN	DIRECTORA: SVETLANA ZAVGORODNIAYA
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJUA C.	FECHA: ENERO - 2012
FUENTE: CARTOGRAFÍA BÁSICA M. ESCALA 1:100.000 ORTM CURSIN LÍMITES CANTONALES - INEC POBLACIÓN A PARTIR DE INTERPRETACIÓN DE IMAGEN SATELITAL	ESCALA GRÁFICA: 1 : 200 000 ESCALA DE TRABAJO: 1 : 50 000 MAPA No.: 2



LEYENDA	
	ALTA POBLACIÓN AGLOMERADA
	MEDIA POBLACIÓN DISPERSA
	BAJO SIN POBLACIÓN

SIMBOLOGÍA	
	VIA
	LIMITES CANTONALES

3.3. Determinación de la vulnerabilidad de la estructura vial, puentes y alcantarillas

En cuanto a la vulnerabilidad física, se realizaron visitas al campo en donde se recorrió la vía en estudio, con el propósito de observar áreas susceptibles a deslizamientos y el estado que se encuentran la infraestructura (capa de rodadura de la vía, puentes, muros y alcantarillas).

La información proporcionada por la Dirección Provincial de Tungurahua del MTOP y el reconocimiento de campo ayudo a la elaboración del inventario de infraestructura lo que permitió la identificación cuantitativa y cualitativa de la vulnerabilidad de la vía Ambato-Puyo

3.3.1. Vulnerabilidad de Puentes

En relación a la vulnerabilidad de puentes, para efectos del análisis se ha tomado en consideración datos pertenecientes a los últimos cuatro años en donde se ha realizado algún tipo de intervención (reposición - reparación y mantenimiento) para que la estructura tenga un buen funcionamiento.

La tabla No 27 presenta el inventario de puentes que se encuentran dentro del área de estudio y el estado de conservación de cada uno de ellos según el grado de vulnerabilidad:

Tabla 27. Criterios para la calificación de la vulnerabilidad física de puentes por tramos de vía

FACTOR DE VULNERABILIDAD	TRAMO	INFRAESTRUCTURA	GRADO DE VULNERABILIDAD			ESTADO
			BAJO	MEDIO	ALTO	
		Puentes	CON MANTENIMIENTO A LA ESTRUCTURA	ALGUN TIPO DE MANTENIMIENTO A LA ESTRUCTURA	NINGÚN TIPO DE MANTENIMIENTO	
	Tramo I (Ambato - Pelileo)	Puente S/N (Paso Lateral Ambato)	Reparación y mantenimiento del puente. Reposición de carpeta asfáltica.			BUENO

FRAGILIDAD	Tramo II (Pelileo - Baños)	Puente de las Juntas	Reforzamiento del puente ante la crecida y represamiento del río Chambo. Colocación y mantenimiento en uniones en el puente. Cambio de tableros y placas de apoyo.			BUENO	
		Puente y desfogue de lahares (Los Pájaros)	Construcción de Alcantarilla y Zanja 1.700 metros aprox. Encauzamiento y limpieza en las quebradas formadas.			BUENO	
		Puente Bailey (La Pampa)	Puente doble en vía regenerada sobre trabajos de encauzamientos de lahares.			BUENO	
	Tramo III (Baños - Mera)	Puente Ulba		Carpeta asfáltica nueva, sin revisión de bigas y pilotes.			REGULAR
		Puente Río Pastaza ó Agoyán Río Negro	Reparación puente Río Pastaza y Mantenimiento Agoyán ó Río Negro				BUENO
		Puente Río Blanco	Reposición de carpeta asfáltica, Trabajos en reparación de bigas y loza del puente				BUENO
		Puente la Merced		Sin revisión de bigas y pilotes.			REGULAR
		Puente San Jorge		Sin revisión de bigas y pilotes.			REGULAR
		Puente Cadenillas (Río Negro)	Trabajos en reparación de bigas y loza del puente				BUENO
		Puente Machay	Reposición de carpeta asfáltica, Trabajos en reparación de bigas y loza del puente				BUENO
		Puente San Francisco	Reposición de carpeta asfáltica, Trabajos en reparación de bigas y loza del puente, Reforzamiento de estribos.				BUENO
		Puente Margajitas		Sin revisión de bigas y pilotes.			REGULAR
Puente Río Topo	Reposición de carpeta asfáltica, Trabajos en reparación de bigas y loza del puente, Reforzamiento de estribos.				BUENO		

		Puente Zuñag	Reposición de carpeta asfáltica, Trabajos en reparación de bigas y loza del puente, Reforzamiento de estribos.			BUENO
		Puente Huaymayaco		Requiere revisión de carpeta asfáltica, sin revisión de bigas y pilotes.		REGULAR
		Puente Cashahurco		Carpeta asfáltica nueva, sin revisión de bigas y pilotes.		REGULAR
		Puente Pindo Grande	Reposición de carpeta asfáltica, Trabajos en reparación de bigas y loza del puente			BUENO
	Tramo IV (Mera - Puyo)	Puente Mangayacu	Reparación y mantenimiento del puente. Reposición de carpeta asfáltica.			BUENO
		Puente Alpayacu	Reforzamiento de estribos para evitar socavación en crecida del río			BUENO
		Puente Río Sucio	Reposición de carpeta asfáltica, Trabajos en reparación de bigas y loza del puente			BUENO

Elaboración: Borja J. 2012

3.3.2. Vulnerabilidad de la vía

Se dividió a la vía Ambato-Puyo en segmentos o tramos tomando en consideración tres tipos de superficie o rodadura para el grado de vulnerabilidad (Concreto, Asfalto y Lastre):

Los tramos Ambato ó Pelileo y Mera - Puyo cuentan con 100 % de la superficie asfaltada. El 99,2 % de la superficie del tramo Pelileo ó Baños se encuentra asfaltado.

En el km 2 se localiza un deslizamiento activo el cual causó daño sobre la calzada en cerca de 100 metros al pie del talud. Esta afectación corresponde al 0.42 % cuya superficie es de lastre. En el mismo tramo debido a la reparación y reforzamiento en el calzada sobre el Puente de las Juntas, el tipo de material que presenta es concreto con una superficie del 0.38 %.

Respecto al tramo Baños ó Mera de los 15 km el 99,86 % es asfaltado, y un 0.14 % de superficie corresponde a concreto.

Foto 4. Deslizamiento activo en el Km 2 del tramo Pelileo ó Baños



Foto: Borja J. 2011

En la Tabla 28 se describe los tramos de la vía según la superficie de rodadura en función al grado de vulnerabilidad:

Tabla 28. Criterios para la calificación de la vulnerabilidad física por tramos y tipos de superficie de rodadura

FACTOR DE VULNERABILIDAD	TRAMO	LONGITUD (km)	GRADO DE VULNERABILIDAD			ESTADO
			BAJO	MEDIO	ALTO	
			CONCRETO	ASFALTO	LASTRE	
TIPO DE RODADURA	Tramo I (Ambato - Pelileo)	31 km		100%		REGULAR
	Tramo II (Pelileo - Baños)	24 km	0,38%	99,2%	0,42%	REGULAR
	Tramo III (Baños - Mera)	43 km	0.14%	99,86%		REGULAR
	Tramo IV (Mera - Puyo)	15 km		100%		REGULAR

Elaboración: Borja J. 2012

3.3.3. Vulnerabilidad de Alcantarillas

Para el análisis de la vulnerabilidad de alcantarillas se ha tomado en consideración si estas reciben mantenimiento. De un total de 87 registradas todas se encuentran operativas y reciben atención por parte del MTOP. Esto se puede comprobar en las vistas al campo donde se constató los trabajos de limpieza de alcantarillas y cunetas. En la tabla No 29 se detalla el número de alcantarillas por cada tramo de la vía en función al grado de vulnerabilidad.

Tabla 29. Criterios para la calificación de la vulnerabilidad física de alcantarillas por tramos de vía

FACTOR DE VULNERABILIDAD	TRAMO	INFRAESTRUCTURA	GRADO DE VULNERABILIDAD			ESTADO
		No. ALCANTARILLAS	BAJO	MEDIO	ALTO	
			CON MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO OCACIONAL	SIN MANTENIMIENTO	
OPERATIVIDAD	Tramo I (Ambato - Pelileo)	26	SI			BUENO
	Tramo II (Pelileo - Baños)	1	SI			BUENO
	Tramo III (Baños - Mera)	57	SI			BUENO
	Tramo IV (Mera - Puyo)	4	SI			BUENO

Elaboración: Borja J. 2012

3.3.4. Vulnerabilidad de muros

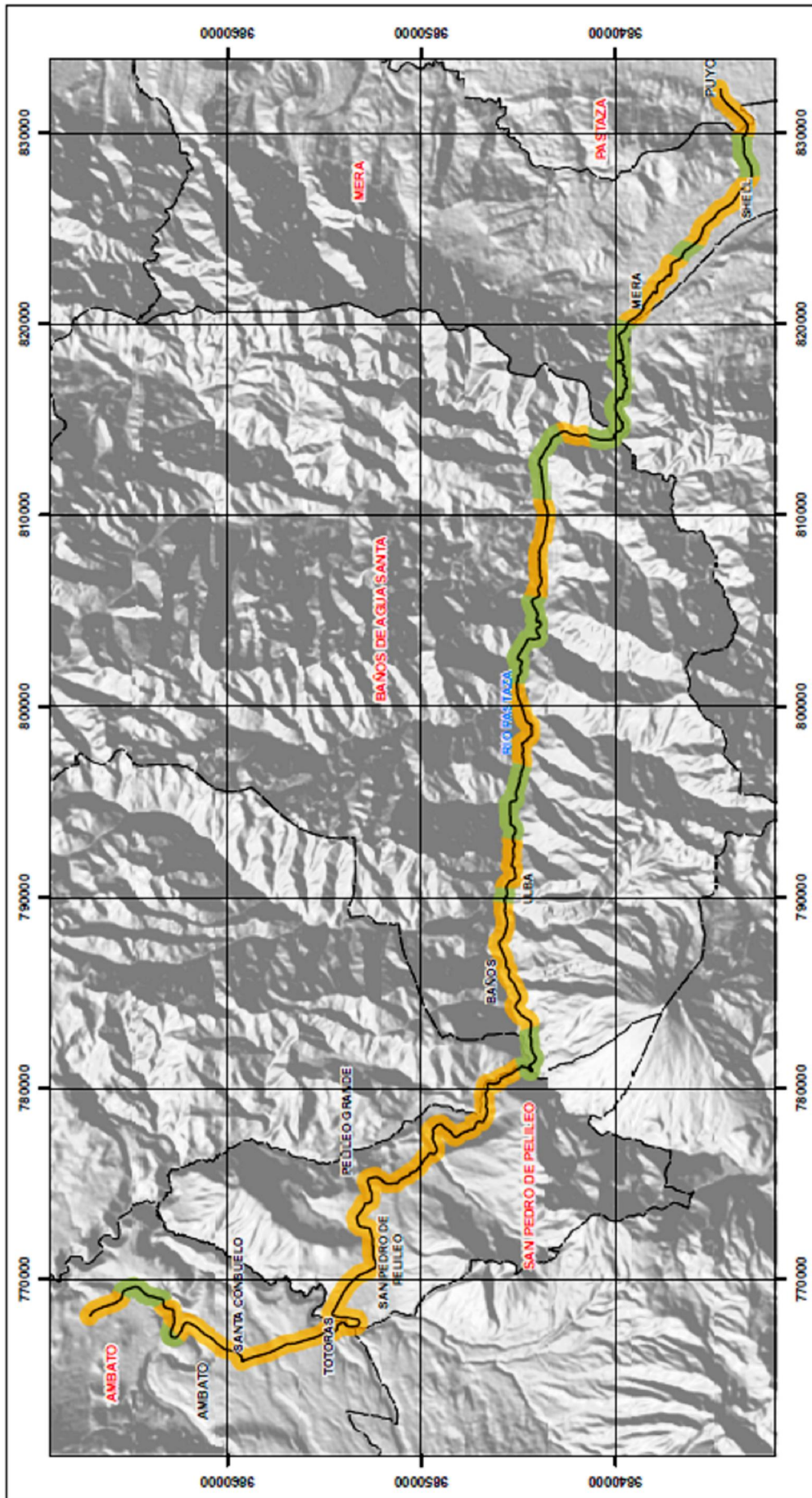
Para el análisis de la vulnerabilidad de muros se ha tomado en consideración si estos reciben mantenimiento. En total se registraron 9 con la particularidad de que a la altura del paso lateral Ambato se realizan trabajos de reforzamiento con hormigón e inserción de varillas con relleno de materiales cementados los cuales al no estar operativos no fueron tomados en cuenta. En la Tabla 30 se detalla el número de muros por cada tramo de la vía en función al grado de vulnerabilidad.

Tabla 30. Criterios para la calificación de la vulnerabilidad física de muros por tramos de vía

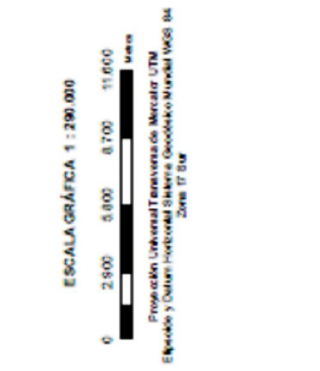
FACTOR DE VULNERABILIDAD	TRAMO	INFRAESTRUCTURA	GRADO DE VULNERABILIDAD			ESTADO
		No. MUROS	BAJO	MEDIO	ALTO	
			CON MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO OCACIONAL	SIN MANTENIMIENTO	
OPERATIVIDAD	Tramo I (Ambato - Pelileo)	5		SI		REGULAR
	Tramo II (Pelileo - Baños)	4		SI		REGULAR
	Tramo III (Baños - Mera)	0		SI		REGULAR
	Tramo IV (Mera - Puyo)	0		SI		REGULAR

Elaboración: Borja J. 2012

En el siguiente mapa se muestra los resultados obtenidos del análisis de la infraestructura, donde se puede observar que la mayor parte de la vía presenta vulnerabilidad media a baja. Esto obedece al buen estado que se encuentra la calzada, a la limpieza de cunetas y alcantarillas, y al reforzamiento o sustitución de algunos puentes.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTENIDO: VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA	DIRECTORA: SVETLANA ZAVGO RODRIJAYA
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJA C.	FECHA: ENERO - 2012
FUENTE: CARTOGRAFÍA BASE I.G.M. ESCALA 1:50.000 SRTM CURBEN LÍMITES CANTONALES - NEC INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA LEVANTADA EN CAMPO	ESCALA GRÁFICA: 1:290.000 ESCALA DE TRABAJO: 1:50.000 MAPA No: 3



LEYENDA

VULNERABILIDAD

ALTA	
MEDIA	
BAJO	

SIMBOLOGÍA

	VÍA
	LÍMITES CANTONALES

3.4. Mapeo de la susceptibilidad a movimientos en masa

Los factores considerados para el análisis de susceptibilidad a movimientos en masa según la metodología de Dotor, se detallan a continuación:

- 1.- Pendiente
- 2.- Litología
- 3.- Precipitaciones
- 4.- Cobertura vegetal y uso del suelo
- 5.- Densidad hídrica

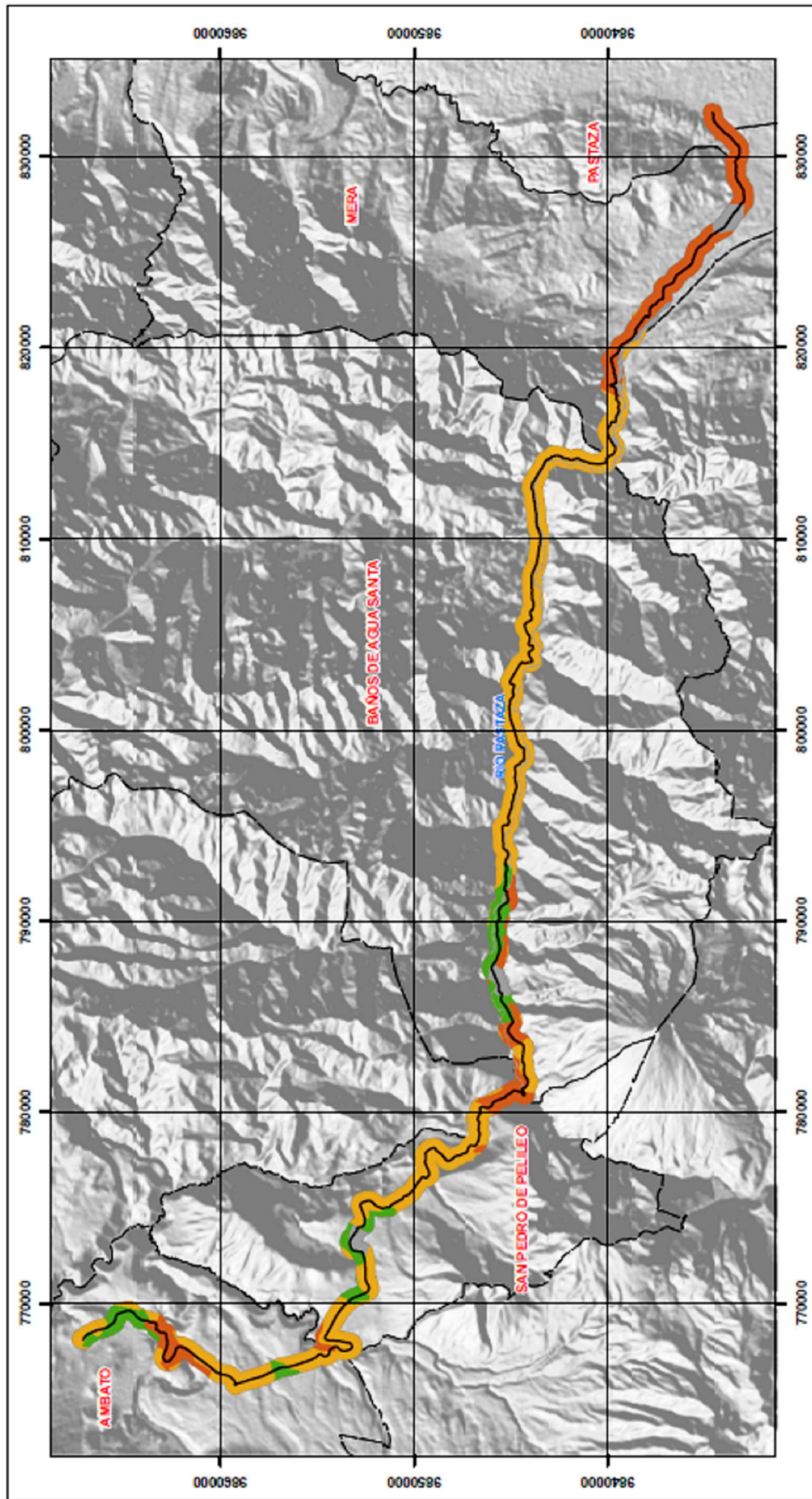
Para la asignación de las ponderaciones de cada uno de los factores considerados en el modelamiento de la susceptibilidad, se realizó la clasificación de las variables según los valores asignados por la metodología.

3.4.1. Factor pendiente

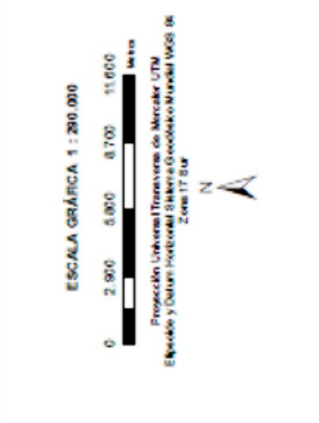
El factor pendiente se define como la inclinación de una superficie con respecto a la horizontal y tiene relación con el tipo de relieve (SUAREZ J., 2009). El grado de susceptibilidad de movimientos en masa va a depender de las características de relieve de un sector, siendo así, un relieve abrupto y laderas con morfología cóncava, alto gradiente hidráulico, red de drenaje densa, son zonas con alto potencial de inestabilidad (IBARRA J., 2008).

Para la elaboración del mapa se realizó una reclasificación de las pendientes en base a la cobertura geomorfológica del Ecuador, se tomó en consideración la variable descripción_relieve, para asignar pesos y clasificarlos según el grado de inclinación del relieve.

Se definieron clases y se asignó un peso porcentual, según el nivel de afectación por cada uno de ellos. Donde los rangos oscilan entre 0 a 70 % categorizados en 5 clases que van desde muy bajo a muy fuerte.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTIENE: SUCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE PENDIENTE	DIRECTORA: SVETLANA ZAVGORODNIAYA
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJA C.	FUENTE: CARTOGRAFÍA BASE I.G.M. ESCALA 1:50.000 SUPLENCIÓN: LÍMITES CANTONALES - INEC PENDIENTES A PARTIR DE COBERTURA GEOMORFOLÓGICA
FECHA: ENERO - 2012 ESCALA GRÁFICA: 1:200.000 ESCALA DE TRABAJO: 1:50.000 MAPA No: 4	



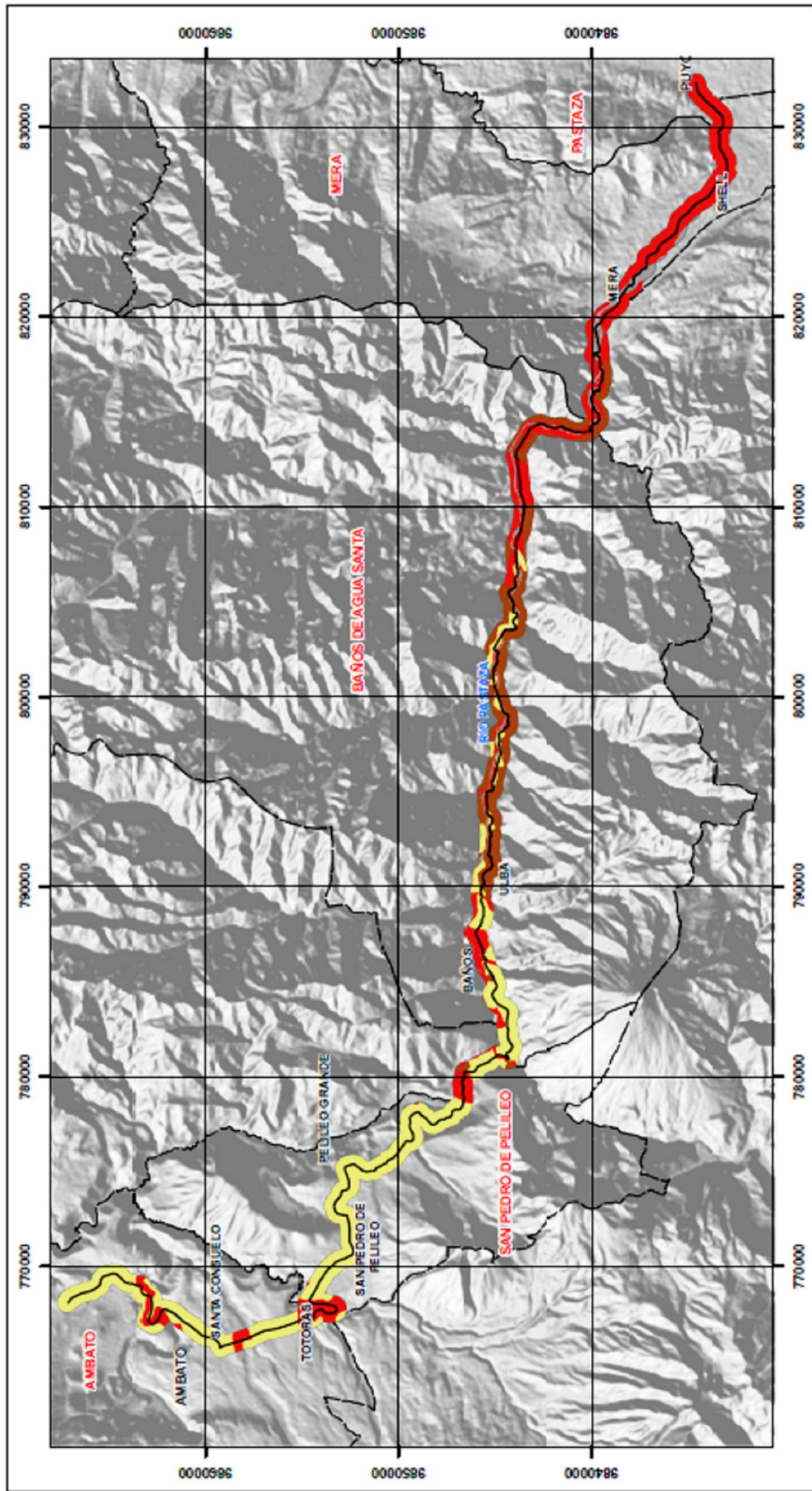
LEYENDA	
SUCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE PENDIENTE	
NO/APLICA	
1	Muy Bajo
2	Bajo
3	Moderado

SIMBOLOGÍA	
Vía	
Límite cantonal	

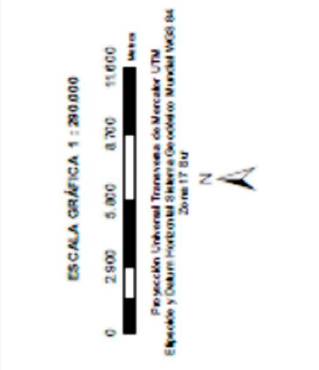
3.4.2. Factor litológico

El factor litológico es importante para estimar el grado de susceptibilidad a movimientos en masa, depende mucho del grado de meteorización de la roca, la retención de humedad, el estado de fracturamiento y ángulo de buzamiento. Las rocas fisuradas presentan una susceptibilidad alta, mientras que las rocas jóvenes no meteorizadas poseen una susceptibilidad baja (SUAREZ J., 2009).

Se utilizó la geología para la identificación de las unidades litológicas presentes en el área de estudio, así como los principales rasgos estructurales. Se realizó una clasificación de las rocas según su génesis (Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas) a partir de las cartas geológicas INIGEMM; asignándoles un peso a cada categoría según el nivel de susceptibilidad.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTIENE: SUCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE LITOLOGIA	
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJA C.	DIRECTORA: SVETLANA ZAVGORODNIAYA
FUENTE: CARTOGRAFIA BASE IGM ESCALA 1:50.000; SRTM CLIPSHED LIMITE CANTONALES - INEC INVENTARIO DE PUNTIOS LEVANTADOS EN CAMPO	FECHA: ENERO - 2012 ESCALA GRÁFICA: 1: 290 000 ESCALA DE TRABAJO: 1: 50 000 MAPA No: 5



LEYENDA

SUCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE LITOLOGIA	
■	NO APLICA
■	1 Muy Bajo
■	2 Bajo
■	3 Moderado

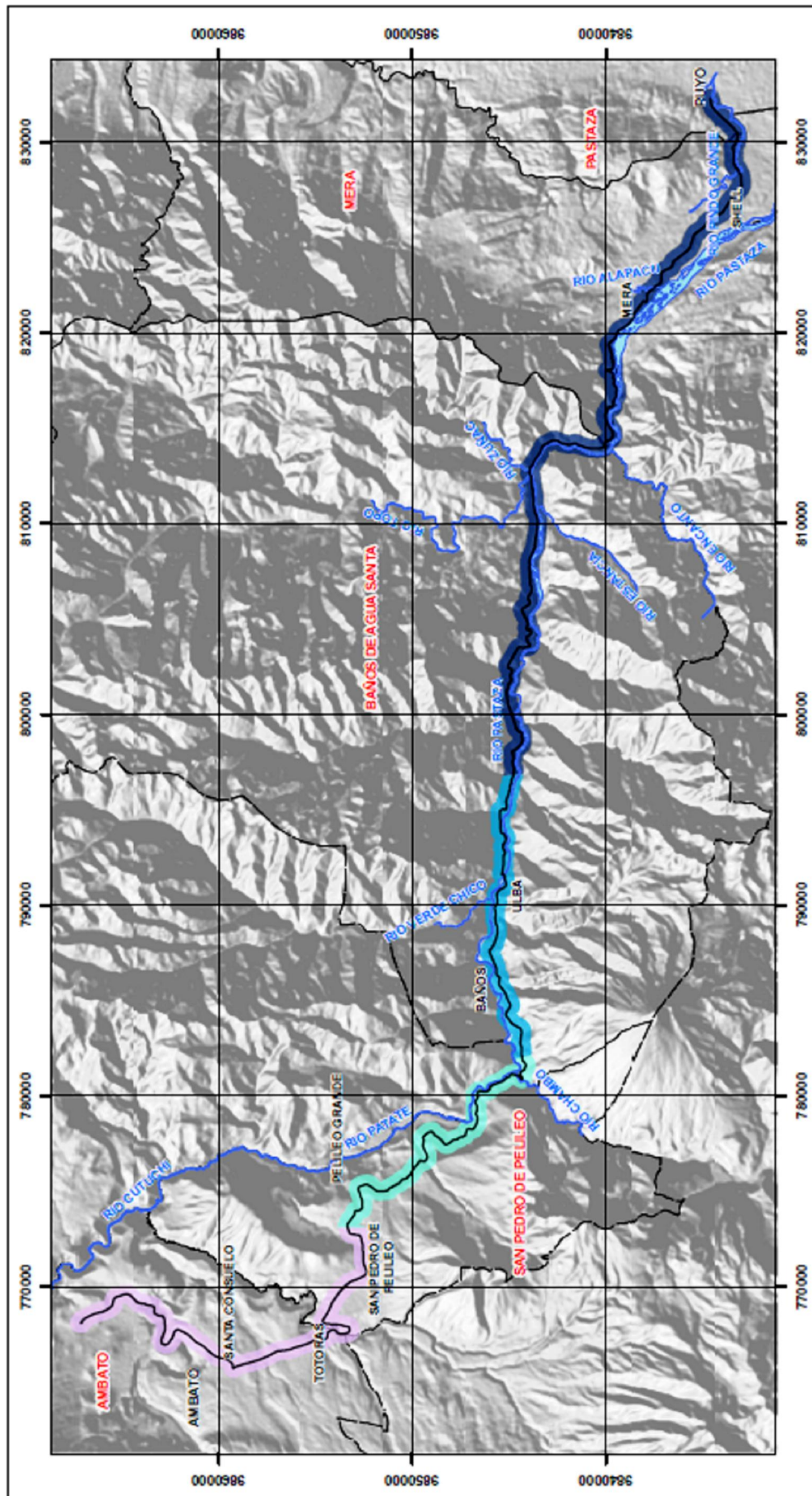
SIMBOLOGÍA

~	Vía
~	Limite cantonal

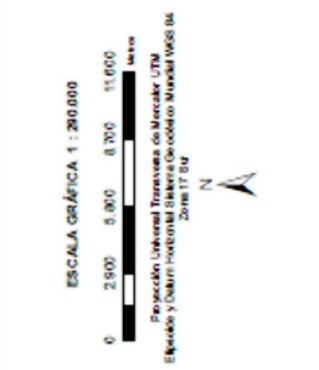
3.4.3. Factor precipitación

La precipitación es el indicador más común asociado a los movimientos en masa, ya que la mayoría de los eventos que ocurren en áreas donde la precipitación es mayor. Se tomó en consideración las precipitaciones anuales para determinar las áreas que pueden llegar a ser más susceptibles a sufrir fenómenos de movimientos en masa, en donde a mayor cantidad de lluvia, el suelo se ve debilitado en su soporte y es cuando se presentan este tipo de procesos.

Para la elaboración del mapa de precipitaciones se tomó como base los datos de los anuarios meteorológicos de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Se establecieron rangos de precipitaciones según el grado de afectación a movimientos en masa y se asignó un peso a cada una de ellas.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTENIDO: SUCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE PRECIPITACIÓN	
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJA C.	DIRECTORA: SVETLANA ZAVGORODNIAYA
FUENTE: CARTOGRAFÍA BASE I.G.M. ESCALA 1:50.000. SITIO LIBRE IN. LÍMITE CANTONALES - INEC PRECIPITACIONES A PARTIR DE INFORMACIÓN INMHI	
FECHA: ENERO - 2012 ESCALA GRÁFICA: 1: 200 000 ESCALA DE TRABAJO: 1: 50 000 MAPA No: 6	



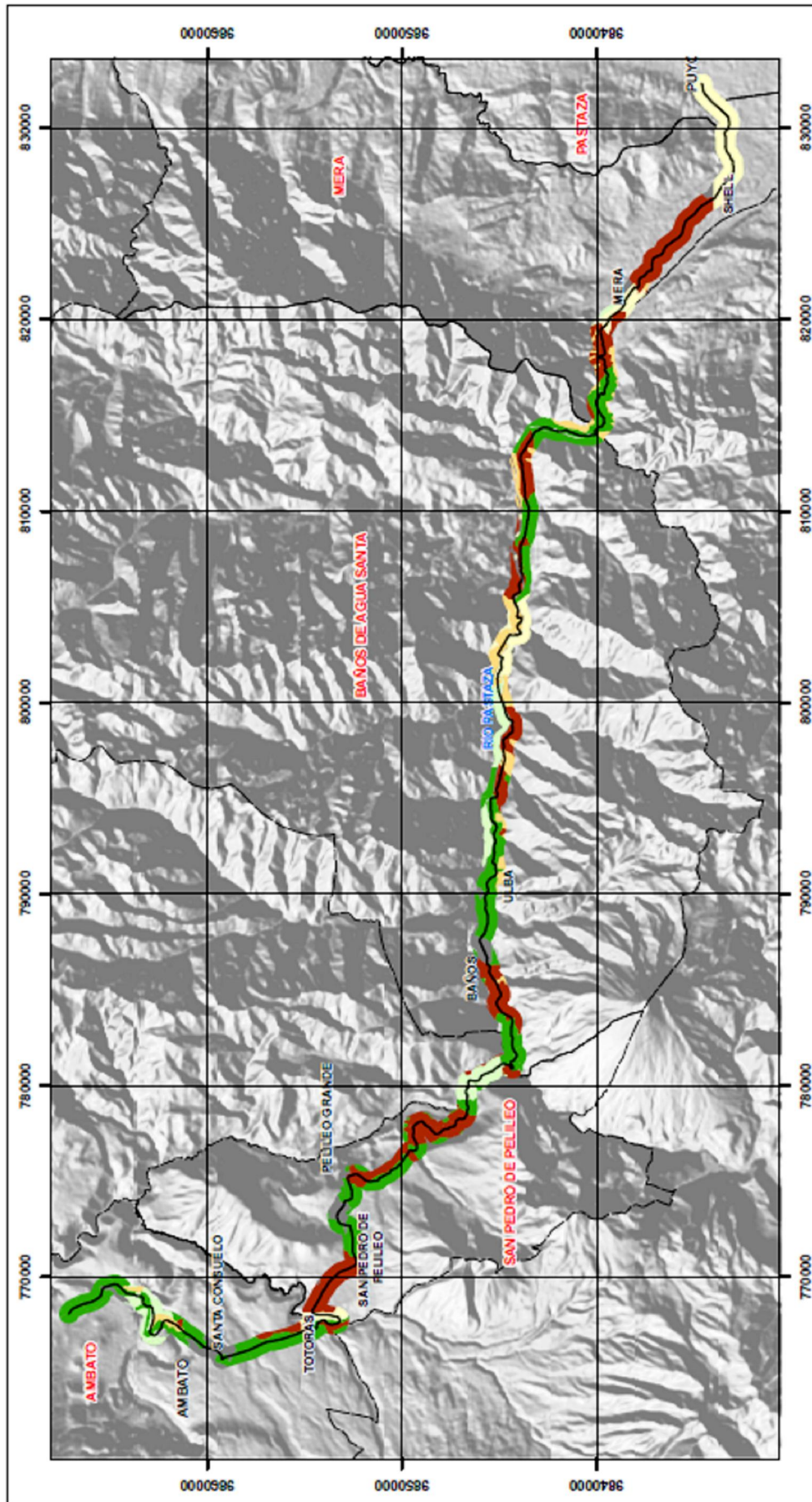
LEYENDA	
300	Muy Bajo
300-600	Bajo
700-1100	Moderado
1200-2100	Alto
2200	Muy Alto

SIMBOLOGÍA	
	Vía
	Río
	Límite cantonal

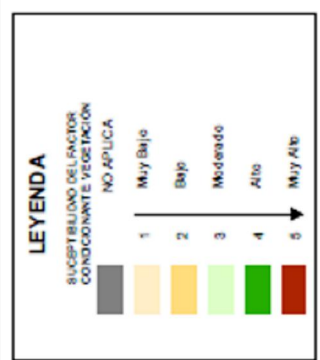
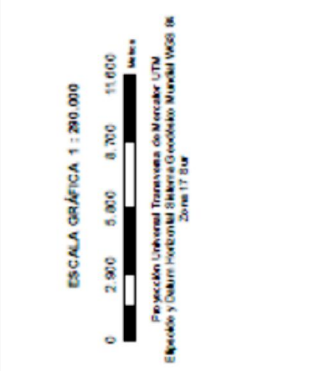
3.4.4. Factor cobertura vegetal y uso del suelo

La cobertura vegetal es otro factor importante frente a la ocurrencia de movimientos en masa, estableciendo que una mayor densidad de vegetación en cierta área disminuirá la probabilidad de ocurrencia de un evento.

Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal se tomó como base la cobertura uso y cobertura vegetal del Ecuador proporcionado por el SIGAGRO escala 1:50.000 del año 2010. Se midió de manera porcentual y se asignó pesos según el tipo de cobertura vegetal que presenta el área de estudio.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTIENE: SUCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO	
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJA C.	DIRECTORA: SVETLANA ZAVGO RODRIGAYA
FUENTE: CARTOGRAFÍA BASE I.G.M. ESCALA 1:50.000 SRM CURSEN LÍMITES CANTONALES - NEC COBERTURA VEGETAL SIGRO, AÑO 2007	
FECHA: ENERO - 2012	
ESCALA GRÁFICA: 1:290.000	
ESCALA DE TRABAJO: 1:50.000	
MAPA No: 7	



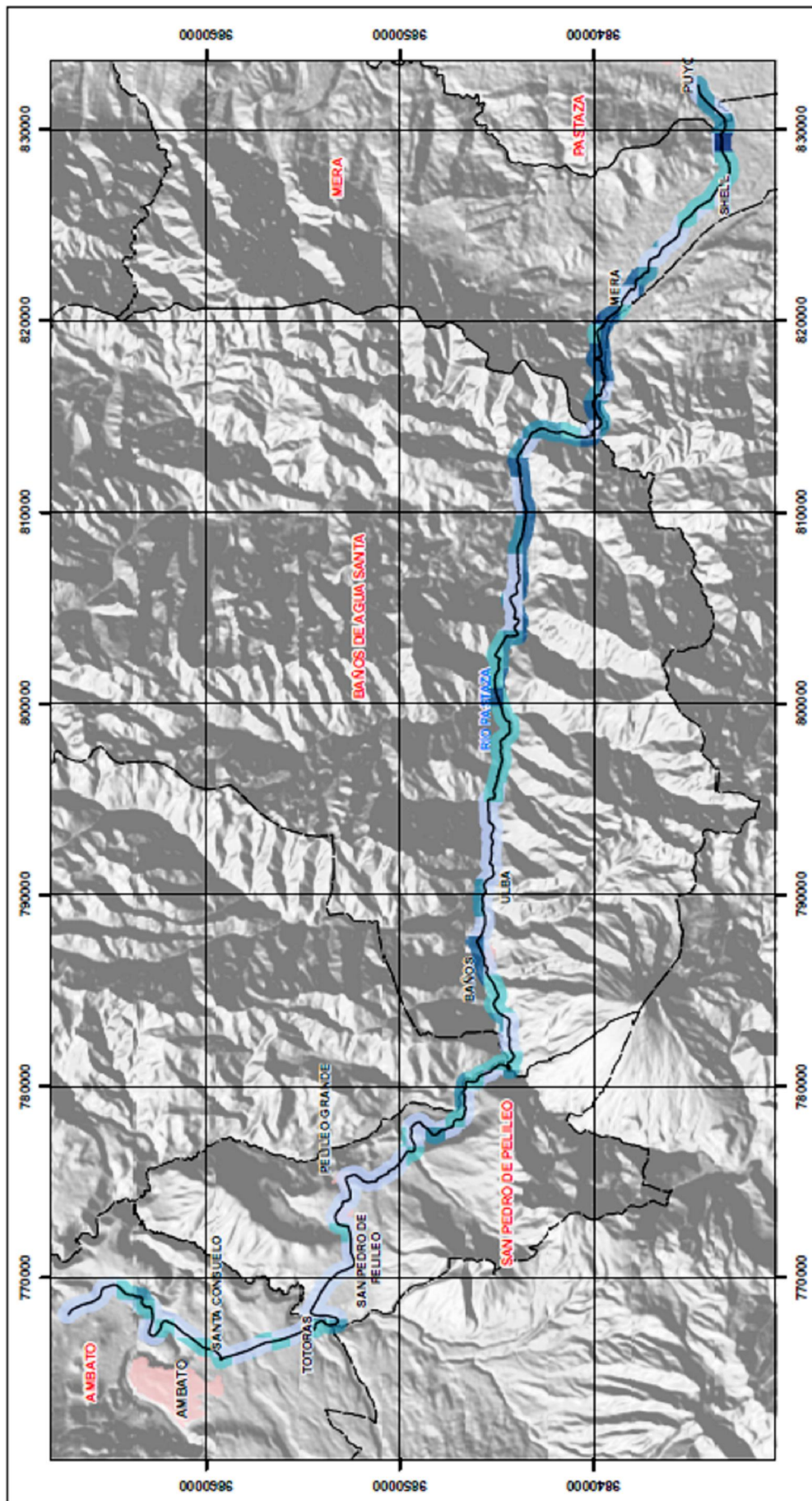
3.4.5. Factor densidad hídrica

La variable densidad hídrica es la relación entre la longitud del cauce de los ríos en una determinada área.

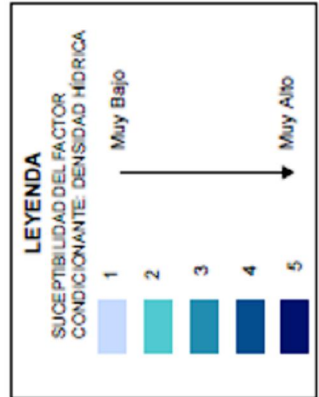
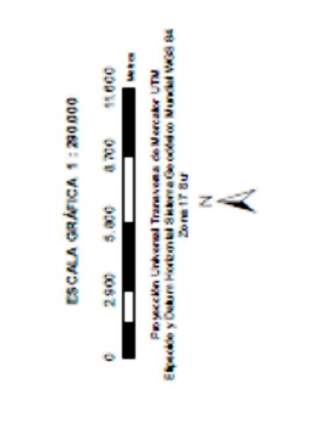
Para la elaboración del mapa se tomó en consideración la cobertura de ríos dentro del área de estudio, y la grilla a 1:10.000 como unidad de área para calcular la densidad.

Como primer paso se utilizó la herramienta de Spatial Analyst Tools, CLIP entre la cobertura del área de influencia o Buffer y la grilla, el resultado de esta operación fue extraer únicamente los cuadrantes que están dentro de la zona de estudio. Posteriormente se procedió a intersecar esta cobertura de área con los RIOS_SIMPLES, lo que facilitó el cálculo de la densidad hídrica por cada cuadrante utilizando la herramienta SUMARIZE.

Se asignaron valores ponderados según el nivel de afectación de cada uno de ellos, considerando que en un área de mayor densidad hídrica va ser más susceptible a movimientos en masa.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTENE: SUCEPTIBILIDAD DEL FACTOR CONDICIONANTE DENSIDAD HIDROGRÁFICA	
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJUA C.	DIRECTORA: SVETLANA ZAVGORODNIAYA
FUENTE: CARTOGRAFÍA BASE I.G.M. ESCALA 1:50,000. SPRTM CO. LISBEN. LÍMITES CANTONALES - INEC DENSIDAD HIDROGRÁFICA PARTIR DE ROS I.G.M 1:50,000	FECHA: ENERO - 2012 ESCALA GRÁFICA: 1: 200 000 ESCALA DE TRABAJO: 1: 50 000 MAPA No.: 8



3.5. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa

Para la elaboración del Mapa de Susceptibilidad, se realizó una superposición de coberturas de los factores considerados para determinar los niveles de susceptibilidad a movimientos en masa. Por medio del software SIG Arcgis 9.3.1 se procedió a intersecar las capas (pendiente, litología, precipitaciones, cobertura vegetal y densidad hídrica). Con la herramienta *field calculator* se sumaron las ponderaciones de cada variable y como resultado de esta operación se obtuvo un mapa previo con valores que fueron reclasificados posteriormente. La herramienta *Dissolve* generalizó las líneas de división entre las categorías que se asignaron para el mapa final de susceptibilidad a deslizamientos. Se definieron 5 categorías o niveles de susceptibilidad de esta manera:

Tabla 31. Clasificación por grado de susceptibilidad

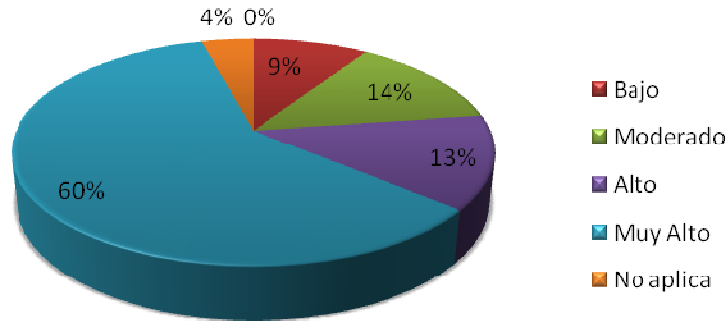
Descripción	Clase
Susceptibilidad Muy Alta	5
Susceptibilidad Alta	4
Susceptibilidad Moderada	3
Susceptibilidad Baja	2
Susceptibilidad Muy Baja	1

Fuente: Elaboración Propia

Los porcentajes de la superficie corresponden al cálculo del área en cada polígono según el grado de vulnerabilidad de cada tramo.

En el Mapa 10, los resultados nos muestran que la vía tiene un 60 % de la longitud con un grado de susceptibilidad muy alto. El 13 % corresponde al grado de alto, un 14 % pertenece a moderado y un 9 % entra en la clasificación de bajo. Estos resultados guardan relación a las características de los sitios recorridos en las visitas de campo.

Gráfico 7. Porcentaje de superficie por clases de susceptibilidad a movimientos en masa



Fuente: Elaboración propia

Susceptibilidad Baja

Estas áreas en el mapa se muestran en el tramo Mera - Puyo, cubriendo aproximadamente 9 km de longitud, presenta un relieve de pie de monte, donde las pendientes son moderadas entre 25 a 40 % con predominancia de cobertura vegetal tipo arbórea.

Susceptibilidad Moderada

Las áreas con susceptibilidad moderada tienen una longitud aproximada de 13 km correspondientes al 14% del área de estudio, estas se muestran en parte del tramo Baños ó Mera, cuyas características son vertientes irregulares y presencia de diversas rocas como son: basaltos, granitos, esquistos, calizas negras, con pendientes fuertes y altas precipitaciones que oscilan entre los 1700 a 2200 mm/año con cobertura vegetal boscosa y herbácea.

Susceptibilidad Alta

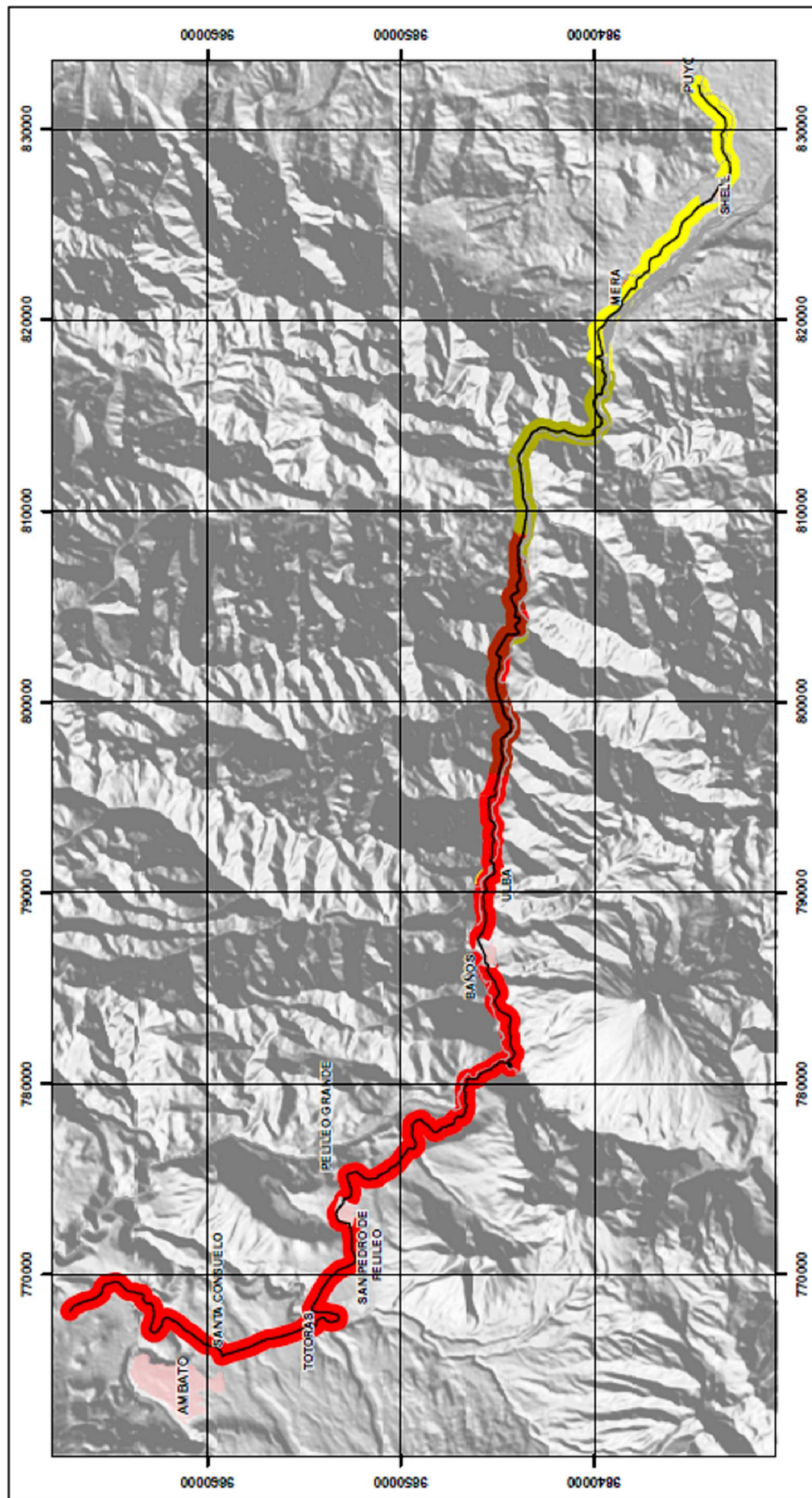
Las áreas con susceptibilidad alta tienen una longitud aproximada de 13 km correspondientes al 13% del área de estudio, presentan vertientes irregulares conformadas

básicamente por granodiorita, diorita con pendientes irregulares, y precipitaciones que oscilan entre los 1600 a 2000 mm/año. Estas áreas en el mapa se muestran en parte del tramo Baños ó Mera.

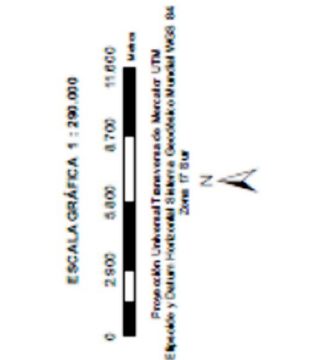
Susceptibilidad Muy Alta

El tramo Ambato ó Pelileo, Pelileo - Baños, tiene un alto grado de susceptibilidad, corresponden a las formaciones Volcánicos Cotopaxi, Unidad Maguazo y Alao - Paute del periodo cuaternario y Jurásico respectivamente,

Las precipitaciones oscilan entre los 300 mm/año en los inicios del paso lateral Ambato hasta los 2100 mm/año en sitios como Baños. El sector corresponde a pendientes irregulares afloramientos rocosos muy frecuentes sin protección vegetal lo que provoca mayor susceptibilidad a movimientos en masa.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTIENE: SUCEPTIBILIDAD A DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS	DIRECTORA: SVETLANA ZAVGO RCONIAYA
ELABORADO POR: JUAN CARLOS BORJA C.	FECHA: ENERO - 2012
FUENTE: CARTOGRAFÍA BASE I.G.M. ESCALA 1:50.000 SRTM CURSOS LÍMITES CANTONALES - REC	ESCALA GRÁFICA: 1: 290.000 ESCALA DE TRABAJO: 1: 50.000 MAPA No: 9



LEYENDA SUCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASAS	
1 Muy Bajo	NO APLICA
2 Bajo	
3 Moderado	
4 Alto	
5 Muy Alto	

SIMBOLOGÍA	
	Vía
	Río
	Límite cantonal
	Zona Urbana

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASAY MEDIDAS DE MITIGACION EN LA VIA AMBATO-PUYO

4.1. Mapa de Riesgo

Un mapa de riesgo es un instrumento informativo - educativo, que nos permite localizar e identificar los áreas de riesgo y los probables o comprobados daños de una zona determinada.

Para la elaboración del Mapa de Riesgos, se realizó una superposición de coberturas de susceptibilidad a movimientos en masa y la vulnerabilidad de la población y de infraestructura. Por medio del software SIG Arcgis 9.3.1 se procedió a intersecar ambas capas temáticas y se determinó los elementos que se encuentran en la vía según el nivel de riesgo.

Este proceso permite llevar a cabo las actividades de localización y representación de forma gráfica de los agentes generadores de riesgo que ocasionan efectos negativos en la población y la infraestructura.

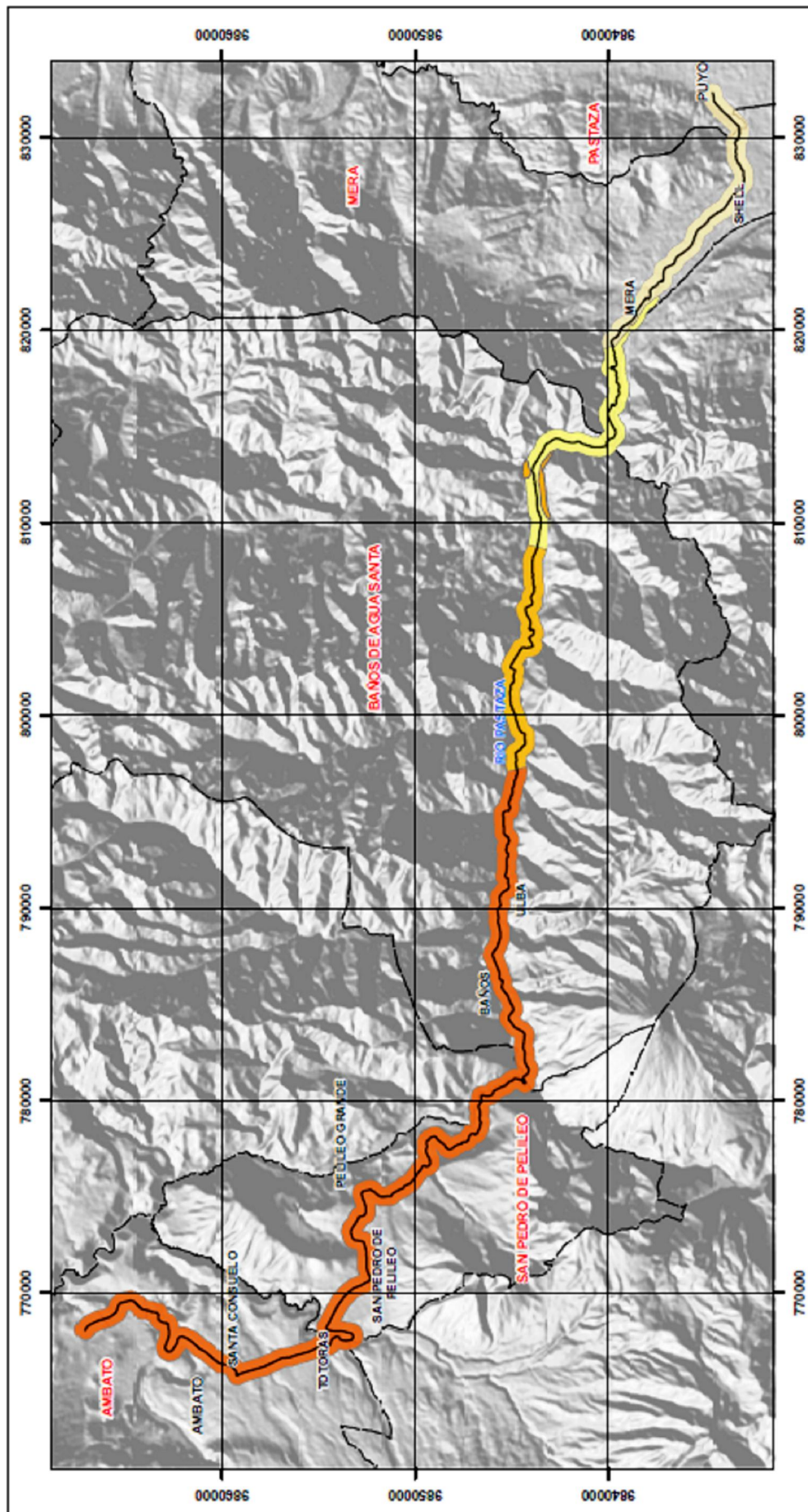
Los porcentajes de la superficie corresponden al cálculo de la longitud en kilómetros según el grado de vulnerabilidad de cada tramo.

El resultado nos muestra que de 113 km que posee la vía en estudio, 56 km tienen un riesgo muy alto, unos 23 km corresponden a riesgo alto. Unos 12 km pertenecen a riesgo moderado y 22 km tienen riesgo bajo.

RIESGO	Km2
Muy Alto	56
Alto	23
Moderado	12
Bajo	22
Sin Riesgo	0

Fuente: Elaboración Propia

Haciendo un análisis global, se encuentra que la sumatoria de las categorías de riesgo muy alto y alto representan 72,5 % respecto al total de kilómetros que se han considerado en el estudio. La categoría de riesgo moderado constituye el 10.6 % y la categoría para riesgo bajo posee un 19,4 %.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS	
CONTIENE:	RIESGO A MOVIMIENTOS EN MASA
ELABORADO POR:	JUAN CARLOS BORJUA C.
DIRECTORA:	SVETLANA ZAVGORODNIAYA
FECHA:	ENERO - 2012
ESCALA GRÁFICA:	1 : 200 000
ESCALA DE TRABAJO:	1 : 50 000
MAPA No:	10

ESCALA GRÁFICA 1 : 200 000

Proyección: Universal Transversa de Mercator UTM
Ejeleste y Datum: Horizontal Sistema Geocéntrico Mundial WGS 84
Zona: 17 Sur

LEYENDA

RIESGO A MOVIMIENTOS EN MASA

1	Muy Bajo
2	
3	
4	
5	Muy Alto

SIMBOLOGIA

	Vía
	Límite cantonal

4.2. Medidas de mitigación

El conjunto de medidas que se han desarrollado en este capítulo, tienen como objetivo reducir los posibles impactos negativos sobre la población e infraestructura ante una amenaza de movimientos en masa en la vía Ambato-Puyo. Estas medidas, dependiendo del tipo de infraestructura están encaminadas a minimizar impactos sobre los elementos vulnerables, que a la post nos signifiquen pérdidas humanas, económicas en los diferentes escenarios que tiene la vía.

Es necesario realizar propuestas de gestión de prevención, control y seguimiento que permitan la reducción del riesgo. Existen varias formas de resolver problemas específicos presentes en el área de estudio y diferentes metodologías de acción, por lo tanto a continuación se detallaran por tramos propuestas de tipo estructural y de gestión según el caso.

4.2.1. Propuestas estructurales

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. Las deformaciones excesivas o movimientos de la estructura de contención o del suelo a su alrededor deben evitarse para garantizar su estabilidad. (SUAREZ J, 1998)

Para el tramo Ambato ó Pelileo en los kilómetros 2 al 6, en algunos segmentos del talud existen medidas de contención de tipo superficial como es el concreto lanzado, que es una combinación de cemento y agregados que recubren el talud para la prevención de caída de rocas. Este tipo de intervención debe ampliarse al resto del talud que se encuentra desprotegido, evitando así, la exposición a la erosión de tipo eólico, y que sumado a las condiciones propias de los materiales del sitio, causan constantes desprendimientos de rocas.

Mas sin embargo este tipo de intervención no impide totalmente un movimiento en masa para lo cual debe acompañarse de técnicas de anclajes individuales como por ejemplo la perforación e inserción de varillas de acero recubiertas de materiales cementados.

En el mismo sitio, a más del terraceo existente, para complementar las obras físicas se recomendaría implementar como medida de prevención para estabilización de suelos; arborización de planta viva con especies nativas que eviten la erosión de las capas superficiales y el desprendimiento de rocas, así mismo es necesario un control post siembra.

Es importante que a estos sistemas de estabilización y refuerzo de taludes se haga un monitoreo continuo para control y recuperación de las áreas intervenidas, así como verificación de la efectividad del tratamiento asignado al talud.

El tramo Pelileo ó Baños presenta un deslizamiento activo a la altura del km 2, para lo cual se recomienda la construcción de terrazas sobre el deslizamiento de tal forma que reduzca las fuerzas actuantes dividiendo en varios taludes la pendiente, logrando un comportamiento independiente y estabilizando a cada uno de ellos (SUAREZ.J, 1998). El terraceo es una de las alternativas para disminuir la erosión ayudando al establecimiento de las raíces de las plantas.

Otra acción que debe tomarse en cuenta para toda la vía son las labores de limpieza de escombros, acumulación de tierra y basura en cunetas y alcantarillas. Es importante que sean periódicas y haya un control estricto para el control del agua superficial, debido que de producirse un taponamiento el agua acumulada se infiltra en el suelo causando mayor desestabilización y probabilidad a un movimiento de tierra.

En el tramo Baños ó Mera con mayores precipitaciones oscilan entre 1200 y 2100 ml lo que podría ocasionar inestabilidad en la gran mayoría de las pendientes. Se propone tomar medidas de canalización de aguas lluvias y drenajes superficiales, reduciendo así, la infiltración y la erosión del suelo, por medio de la construcción de drenajes de contrafuerte, que consiste en zanjas de coronación ubicadas en la parte alta del talud.

(SUAREZ J, 1998). Este método por la utilización de materiales como arcilla, limos etc. puede ser de muy bajo costo para su implementación.

De ser necesario, en el mismo tramo se debe considerar el establecer sistemas de drenaje para la canalización de escorrentías naturales, evitando la acumulación e infiltración de agua, lo cual puede aumentar la posibilidad de producirse un evento de remoción en masa.

Durante la temporada de lluvias las personas que realizan el mantenimiento de la vía deberán estar alerta y se reforzará la limpieza de cunetas, alcantarillas y escombros que pudiesen acumularse debido al arrastre por exceso de agua.

Respecto a las estructuras existentes y algunas en construcción, es primordial un monitoreo continuo por parte de las autoridades competentes en velar por el buen estado y operatividad de las mismas.

4.2.2. Medidas de gestión

Las medidas preventivas de gestión están encaminadas en la medida de lo posible a minimizar y reducir los daños que podría ocasionar un determinado evento de movimientos en masa antes de que llegue a producirse. Dentro de las medidas de gestión, se recomienda que la información que se genera en cuanto a riesgos naturales, sean consideradas e implementadas como una medida de planificación y distribución ordenada de la población tomando en cuenta la dinámica de poblamiento propuestas en los planes de ordenamiento territorial de cada cantón involucrado.

Según información de los planes de desarrollo de los cantones que atraviesa la vía, el cantón Ambato cuenta con un Plan de manejo de gestión de riesgos. Dentro de la propuesta estratégica cantonal uno de los objetivos es el desarrollo de políticas de seguridad y gestión del riesgo. Una de las acciones específicas es el establecer mecanismos y estrategias de aplicación y difusión de la política de seguridad y contingencia.

Para el cantón San Pedro de Pelileo y Baños de Agua Santa dentro de sus líneas estratégicas, la gestión impulsada es el manejo de información sobre el volcán

Tungurahua (propuesta - negociación) y como proyecto se integra el plan de manejo de riesgos a los que es vulnerable el cantón

Los restantes (Puyo y Mera) se integra el riesgo pero no con el suficiente detalle como para tomar decisiones en función de los resultados que se obtendría a partir de dicha información. Las acciones que contempla el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial están encaminadas a al intercambio y análisis de información para la determinación de las zonas de mayor riesgo, así como zonas de deslizamientos y zonas de mitigación.

Por esta razón es importante trabajar e incorporar este tipo de estudios en la planificación y ordenamiento territorial.

Otra acción a considerar es la información que generan los Gobiernos Autónomos Descentralizados o la Secretaria Nacional de Gestión del Riesgo en cuanto al riesgo y estado actual de la vía, la cual los usuarios deben conocer y prevenirse ante este tipo de eventos naturales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el desarrollo del presente trabajo, se aplicó la metodología de Ester Dotor (2004) para determinar la susceptibilidad a movimientos en masa en donde se integró las variables pendiente, litología, precipitaciones, cobertura vegetal - uso de suelo y densidad hídrica mediante el uso de los sistemas de información geográfica, obteniendo los siguientes resultados:

La susceptibilidad alta y muy alta a movimientos en masa de la Vía Ambato ó Puyo representa aproximadamente el 72,5 % de la longitud. El 10 ,6 % corresponde a susceptibilidad moderada y un 19,4 % a baja.
- Los SIG e insumos como imágenes satelitales fueron claves en proceso para determinar la vulnerabilidad de la población e infraestructura, para lo cual los procedimientos realizados permitieron localizar la población concentrada y dispersa asentadas en la vía.
- Los trabajos de campo realizados permitieron el inventario de los movimientos en masa y elementos de la infraestructura de la vía en estudio, para lo cual todos los datos recopilados fueron depurados, clasificados, y ordenados en geodatabase para en caso de utilizar los datos compilados se facilite el manejo de la información generada.
- La caracterización del área de estudio permitió conocer las dinámicas poblacionales y actividades económicas que se desarrollan a lo largo de la vía. El tramo Ambato-Puyo es un eje vía transversal característico por unir a la Sierra Centro con el Oriente del país, donde se desarrollan actividades económicas y de turismo importantes para los asentamientos que se encuentran en el área de influencia. Por lo tanto fue importante el análisis de las amenazas y vulnerabilidad existentes en toda la vía, ya que permitieron identificar y priorizar las medidas preventivas y de mitigación para

la reducción de la vulnerabilidad asegurando el bienestar y seguridad de la población.

- En el km 2 del tramo Pelileo - Baños se recomienda estabilizar el talud ya que el deslizamiento activo del sitio ha afectado parcialmente la calzada. Se debería considerar obras complementarias como medidas de mitigación de tipo superficial para evitar erosión y caída de rocas.

- Es importante considerar la formulación, ejecución y seguimiento de políticas públicas de regulación en materia de planificación vial en coordinación con los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, con el fin de evitar asentamientos en pendientes fuertes susceptibles a movimientos en masa, lo que pondría en riesgo la población.

- Las acciones propuestas en el presente trabajo, deben integrarse y articularse estratégicamente para la actualización de planes de desarrollo. Es importante que exista transferencia de información hacia los Gobiernos Autónomos Descentralizados; dichos actores deben considerar las medidas de gestión con el propósito de promover su ejecución, con el propósito de reducir la vulnerabilidad de la población ante posibles fenómenos de remoción en masa.

BIBLIOGRAFÍA

AYALA Carcedo y COROMINAS Jordi. *Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG*. Madrid ó España, Instituto Geológico y Minero de España, 2002.

AYALA Carcedo y OLCINA Jorge (Coord.), *Riesgos Naturales*; Barcelona - España, Editorial Ariel, 2002.

CARDONA Omar *Evalución de la amenaza, la vulnerabilidad y el Riesgo, elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo*. Red de estudios Sociales en Prevención de desastres en América Latina. Lima, Perú, 1993.

CORDERO Diego, VARGAS William y GARRO José. *Metodologías de Evaluación de la Vulnerabilidad de la Infraestructura Vial Nacional*. San José ó Costa Rica, 2010.

CHAPARRO Eduardo y RENARD Matías, *Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por Amenazas Socionaturales*; Cuadernos de la CEPAL No 91, Santiago de Chile, 2005.

DERRUAU Max, *Geomorfología*, Ariel, Barcelona, pp. 63 1970.

D'ERCOLE Robert y TRUJILLO Mónica, *Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador. Los desastres un reto para el desarrollo*; Quito ó Ecuador, 2003

FERNANDEZ María Augusta, *Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina*, Pp. 87, La Red, Perú, 1996.

FERRER M. Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas, en: *Riesgos Geológicos*; pp. 178. Servicio de Publicaciones. I.G.M.E. Madrid. 1988.

GÓMEZ. Orea. *Recuperación de los Espacios Desagregados*. Grupo Mundi-Prensa, Madrid- España. 2004.

GUÍA: *ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo. Gobierno de Chile. 2010.

GUTIERREZ Mateo, " *Geomorfología* "; Madrid - España, Editorial Pearson Educación, Pp.254, 2008.

IGM. Instituto Geográfico Militar ó *Cartas Topográficas del País Escala 1:50.000.*

IGM. Instituto Geográfico Militar ó *Catálogo de Objetos de la Cartografía del País Escala 1:50.000, Versión 4.0*

IGM. Instituto Geográfico Militar ó *Memoria Técnica de Elaboración de Cartografía del País escala 1:50.000.* 2010.

INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. *Anuarios Meteorológicos - 1963-2010.*

IGME. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA " *Manual de Taludes* "; Madrid. 1987.

INIGEMM. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero y Metalúrgico ó *Cartas Geológicas Del Ecuador Escala 1:100.000, 1978*

Instrumentos de Apoyo para el *Análisis y la Gestión de Riesgos Naturales* - Guía para el especialista. Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación. Managua. 2002

IRIONDO Martín, " *Introducción a la Geología* "; Córdoba ó Argentina, Editorial Brujas, Tercera Edición, 2006.

KOBLER Alois, JÜLICH Sebastián, BLOEMERTZ Lena. "MANUAL: El análisis de riesgo ó una base para la gestión de riesgo de desastres naturales", 2004

LANTADA Nieves y NUÑEZ Amparo. " *Sistemas de información geográfica ó Prácticas con ArcView* "; Pp.13 Barcelona ó España, Producciones de la Universidad de Cataluña. 2002.

OJEDA Jacobo, CASTRO Eduardo, VALENCIA Amílcar, FONSECA Sonia y MUÑOZ Fernando. " *Evaluación del Riesgo por fenómenos de remoción en masa ó Guía metodológica* ". Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2001.

PNUD - UNDRO " *Vulnerabilidad y evaluación del riesgo. Programa de entrenamiento para el manejo de desastres* ", Módulo preparado por A.W. Coburn, R.J.S. Spence y A. Pomonis. 1991.

POURRUT Pierre, *El agua en el Ecuador - Clima, precipitaciones, escorrentía*.
ORSTOM - Colegio de Geógrafos del Ecuador ó Quito - Ecuador, 1995

ROA José. " Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana " v.48 n.2. 2007.

SUAREZ DE CASTRO Fernando. " *Conservación de Suelos* "; San José ó Costa Rica, Tercera Edición, Editorial IICA, 1979. Pp. 100.

SUAREZ Jaime, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Colombia, 1998.

VARNES David. *Landslide Hazard zonation: a review of principles and practice* Darantiere, Quertigniö, pp 63, Paris ó France, 1984.

WINCKELL Alain. (1997) Los Paisajes naturales del Ecuador, Geografía Básica del Ecuador, T.IV, vol., 1 y 2. IPGH ó IGM ó ORSTOM. Quito ó Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA DE REVISTAS

ORSI Adriana "Los desastres naturales y los países pobres", Revista Futuros No 18, 2007.

BIBLIOGRAFÍA DE PÁGINAS WEB

- Base de Datos Internacional de Desastres " EM-DAT The Internacional Disaster Database " Universidad Lovaina, Bruselas.

Rev: 16 de Agosto del 2011

En: <http://www.emdat.be/result-country-profile>

- GÁLVEZ Marcelo, (2010) Deslaves obstaculizaron tramos de la vía Puyo - Baños, Diario el Universo.

Rev: 27 de Septiembre del 2011

En: <http://www.eluniverso.com/2010/04/07/1/1447/deslaves-obstaculizaron-tramos-via-puyo-banos.html>

- Ministerio de Transportes y Obras Públicas ó Boletín informativo N 10, òVía Pelileo Baños Puyo ó La segunda contratación vial por niveles de servicio o mantenimiento por resultados en el Ecuadorö

Rev: 28 de Septiembre del 2011

En: http://www.mtop.gob.ec/especial_Pelileo_Banios_Puyo.php

- Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOPE), 2010. Informe de Seguridad Vial para los feriados del Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

Rev: 28 de Septiembre del 2011

En: <http://www.mtop.gov.ec/noticias.php?id=1839>

En: <http://www.mtop.gob.ec/noticias.php?id=1727>

En: <http://www.mtop.gob.ec/noticias.php?id=2737>

En: <http://www.mtop.gob.ec/noticias.php?id=2490>

- Instituto Geográfico Militar (IGM), Liberación de cartografía base digital a escala 1:50 000

Rev: 20 de Diciembre del 2011

En: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/news/liberacion-de-cartografia-base-a-escala-1-50-000>

- Esther Dotor Ruiz, (2004). Análisis de Susceptibilidad y Peligrosidad de Deslizamientos de Laderas.

Rev: 20 de Diciembre del 2011

En: <http://www.cartesia.org/articulo169.html>

- Zonas de Vida con el Sistema Holdridge

Rev: 16 de Enero del 2012

En: <http://www.ingefrafos.com.pe/2011/11/calcular-una-zona-de-vida-con-el.html>

- Instituto Nacional De Estadísticas Y Censos INEC (Base de datos del VII Censo de población y VI de vivienda 2010)

Rev: 17 de Enero del 2012

En: <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction>

- Universidad Católica de Chile. Principios geomorfológicos - Procesos Morfodinámicos.

Rev: 17 de Enero del 2012

En: http://www.uc.cl/sw_educ/geografia/geomorfologia/html/1_1_2.html

BIBLIOGRAFÍA DE TRABAJOS DE GRADO

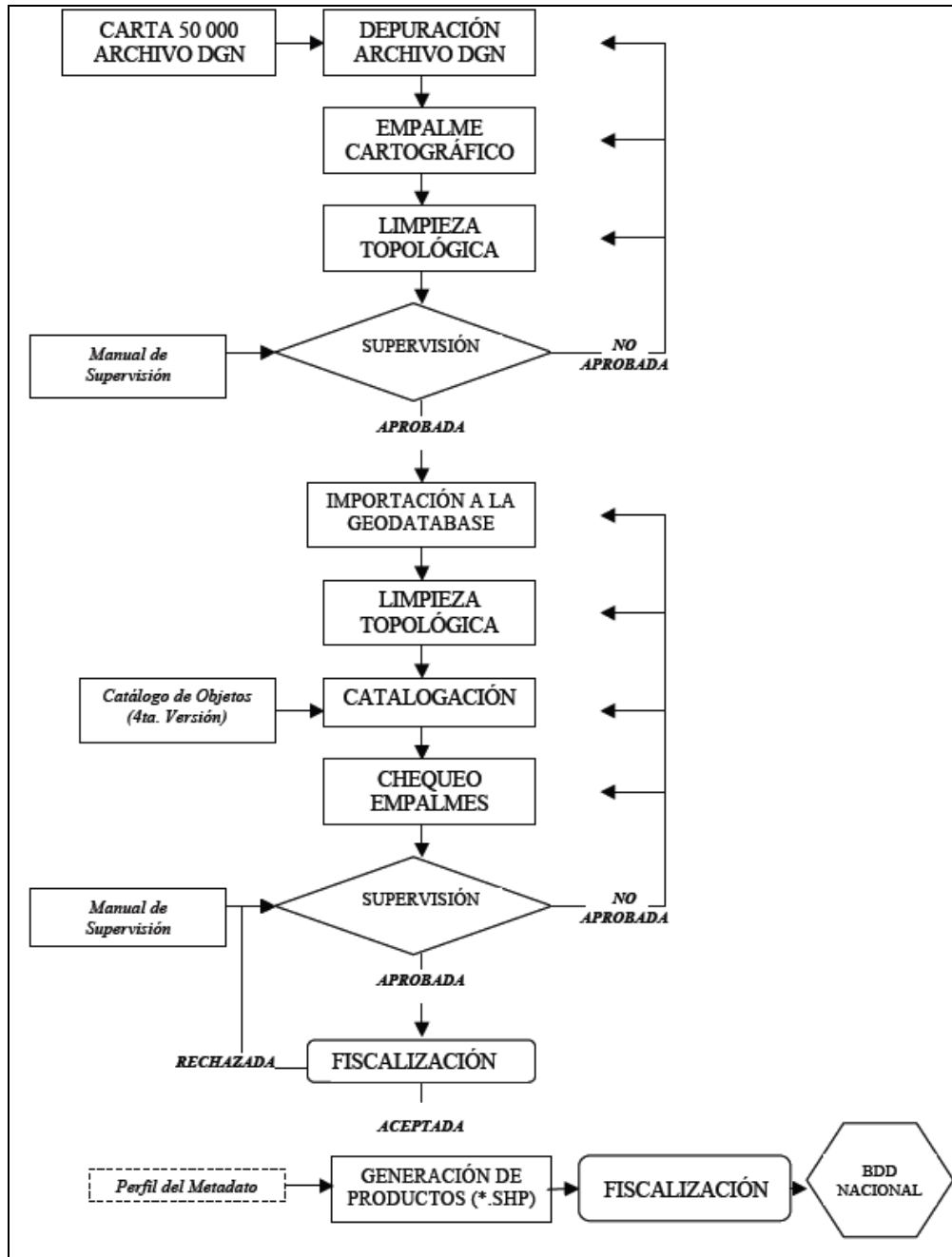
RAMÍREZ Milton, *La Evaluación del Peligro por Fenómenos de Remoción de Masa y su Aplicación a la Planificación Territorial Ej.: Provincia de Tungurahua*. Tesis para obtención del título de Ingeniero Geólogo, EPN, 2006.

MALLITASIG Diana, *Mapeo a Escala 1: 1.000.000 de Peligros de Derrumbes y Deslizamientos en El Ecuador Continental*. Tesis para obtención de Ingeniería en Ciencias Geográficas. PUCE, 2011.

AVILES Marco y HERMOSA Lizzette. *Análisis y Modelamiento de Susceptibilidad a Deslizamientos mediante SIG y Geoestadística en las Parroquias Papallacta y Cujuja, Cantón Quijos*. Tesis para obtención de Ingeniería en Ciencias Geográficas, EPE, 2009.

ANEXOS

1.- Proceso de generación de la información cartográfica del IGM



Fuente: *Catálogo de Objetos del Instituto Geográfico Militar, versión IV.*

2.- Detalle de la clasificación de la cobertura pendiente

DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN	CLASES
Colinas medianas	6,70	2
Mesas disectadas	10,0	3
Relieve escarpado	6,70	2
Relieve montañoso	10,0	3
Superficies de aplanamiento	3,30	1
Terraza baja	6,70	2
Valles Interandinos	6,70	2
Vertientes cóncavas	6,70	2
Vertientes convexas	6,70	2
Vertientes irregulares	6,70	2

Fuente: Elaboración propia

3.- Detalle de la clasificación de la cobertura geológica

DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN	CLASE
ANDESITA PIROXENICA,TOBA	3,30	1
ARENISCA,ARCILLA ROJA,	16,60	5
ARENISCA,CALIZA,LUTITA	16,60	5
ARENISCA,CUARCITA	16,60	5
BASALTO	3,30	1
BASALTO,TOBA	3,30	1
CENIZA	3,30	1
CENIZA DE TUNGURAHUA	3,30	1
CONGLOMERADO,ARENISCA	16,60	5
CONGLOMERADOS GRUESOS, TOBAS, ARENAS, ARCILLAS	16,60	5
CUARCITA,FILITA,ESQUISTO,GRAFITA,METAVOLCANICA	10,00	3
DEPOSITO ALUVIAL	16,60	5
DEPOSITO ALUVIAL VIEJO (TERRAZA)	16,60	5
DEPOSITO COLUVIAL	16,60	5
DEPOSITOS ALUVIALES INCORPORANDO MATERIAL LAHARITICO	16,60	5
DIORITA,SYENITA	3,30	1
FILITA,ESQUISTO,GNEIS,PIZARRAS, CUARZITAS	10,00	3

FILITA,ESQUISTO,GNEISS,SERICITA, BIOTITA,GRAFITA,CLORITA,TALCO	10,00	3
GRANITO	10,00	3
GRANITO ANACTICO DE AZAFRAN	10,00	3
GRANITO ROSADO,GRANO DIORITA,DIQUES	10,00	3
PIEBLA POMEZ,TOBA,AGLOMERADO,FLUVIO LACUSTRE	3,30	1
TERRAZAS ALUVIALES	16,60	5
TOBAS	3,30	1

4.- Detalle de la clasificación de la cobertura de uso y cobertura de suelo

HECTA REAS (Ha)	SIMBOL O	DESCRIPCIÓN	PONDER ACIÓN	CLASE
85,55	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
2.106,32	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
46,85	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
73,59	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
192,32	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
24,09	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
4,85	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
132,93	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
230,03	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
20,95	U	100% Áreas urbanas	0,00	NO APLICA
64,68	Ae	100% Área erosionada	1,30	4
109,99	Ae	100% Área erosionada	1,30	4
9,14	Ae	100% Área erosionada	1,30	4
20,46	Ae	100% Área erosionada	1,30	4
779,57	Bi-Pc	50% Bosque intervenido con 50% Pasto cultivado	0,70	2
433,35	Bi-Pc	50% Bosque intervenido con 50% Pasto cultivado	0,70	2
94,35	Bi-Pc	50% Bosque intervenido con 50% Pasto cultivado	0,70	2
53,46	Bi-Pc	50% Bosque intervenido con 50% Pasto cultivado	0,70	2
1.469,62	Bi-Pn	50% Bosque intervenido con 50% Páramo	0,70	2
804,78	Bi/Pc	70% Bosque intervenido con 30% Pasto cultivado	0,70	2
312,49	Bi/Pn	70% Bosque intervenido con 30% Pasto natural	0,70	2
1.287,22	Bi/Va	70% Bosque intervenido con 30% Vegetación arbustiva	0,70	2
12.523,96	Bi/Va	70% Bosque intervenido con 30% Vegetación arbustiva	0,70	2
3.702,17	Bi/Va	70% Bosque intervenido con 30% Vegetación arbustiva	0,70	2
261,91	Bi/Va	70% Bosque intervenido con 30% Vegetación arbustiva	0,70	2

414,81	Bi/Va	70% Bosque intervenido con 30% Vegetación arbustiva	0,70	2
2.430,70	Bn	100% Bosque natural	0,30	1
99,54	Bn	100% Bosque natural	0,30	1
5.832,64	Bn	100% Bosque natural	0,30	1
130,57	Bp-Cm	50% Bosque plantado con 50% Maíz	0,30	1
91,34	Cc	100% Cultivos de ciclo corto	1,70	5
143,37	Cc-Cr	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Frutales	1,70	5
1.231,81	Cc-Cr	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Frutales	1,70	5
237,74	Cc-Pc	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto cultivado	1,70	5
84,92	Cc-Pc	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto cultivado	1,70	5
755,85	Cc-Pc	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto cultivado	1,70	5
85,79	Cc-Pc	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto cultivado	1,70	5
622,25	Cc-Pc	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto cultivado	1,70	5
1.877,15	Cc-Pc	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto cultivado	1,70	5
11,40	Cc-Pc	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto cultivado	1,70	5
733,50	Cc-Pc	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto cultivado	1,70	5
156,72	Cc-Pn	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto natural	1,70	5
123,57	Cc-Pn	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto natural	1,70	5
27,17	Cc-Pn	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto natural	1,70	5
37,85	Cc-Pn	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Pasto natural	1,70	5
775,48	Cc/Af	100% Cultivos de ciclo corto en Área con fuerte proceso de erosión	1,70	5
450,32	Cc/Bi	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Bosque intervenido	1,70	5
48,11	Cc/Bi	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Bosque intervenido	1,70	5
1.353,68	Cc/Cr	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Frutales	1,70	5
142,20	Cc/Cr	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Frutales	1,70	5
246,04	Cc/Pc	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Pasto cultivado	1,70	5
30,57	Cc/Pn	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Pasto natural	1,70	5
69,48	Cc/Va	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Vegetación arbustiva	1,70	5
457,43	Ch-Cm	50% Hortalizas con 50% Maíz	1,30	4
581,50	Ch-Cw	50% Hortalizas con 50% Brócoli	1,30	4
260,50	Ch/Cm	70% Hortalizas con 30% Maíz	1,30	4
1.510,34	Cm-Cp	50% Maíz con 50% Papa	1,30	4
1.445,49	Cm-Cr	50% Maíz con 50% Frutales	1,30	4
569,75	Cm/Cc	70% Maíz con 30% Cultivos de ciclo corto	1,30	4
71,82	Cm/Cc	70% Maíz con 30% Cultivos de ciclo corto	1,30	4
165,77	Cm/Cf	70% Maíz con 30% Café	1,30	4
199,43	Cm/Ch	70% Maíz con 30% Hortalizas	1,30	4
38,54	Cm/Va	70% Maíz con 30% Vegetación arbustiva	1,30	4
49,69	Cm/Va	70% Maíz con 30% Vegetación arbustiva	1,30	4

110,10	Cm/Va	70% Maíz con 30% Vegetación arbustiva	1,30	4
427,00	Cn-Pn	50% Banano con 50% Pasto natural	1,30	4
77,78	Co	100% Tomate de árbol	1,30	4
336,11	Cr	100% Frutales	1,30	4
102,37	Cr	100% Frutales	1,30	4
108,61	Cr-Pn	50% Frutales con 50% Pasto natural	1,30	4
217,83	Cr/Af	100% Frutales en Área con fuerte proceso de erosión	1,30	4
434,91	Cr/Cc	70% Frutales con 30% Cultivos de ciclo corto	1,30	4
2.163,93	Cr/Cc	70% Frutales con 30% Cultivos de ciclo corto	1,30	4
24,22	Cr/Cc	70% Frutales con 30% Cultivos de ciclo corto	1,30	4
36,29	Cr/Pc	70% Frutales con 30% Pasto cultivado	1,30	4
2,09	Ob	100% Banco de arena	0,00	NO APLICA
2,02	Ob	100% Banco de arena	0,00	NO APLICA
2,01	Ob	100% Banco de arena	0,00	NO APLICA
145,24	Ob	100% Banco de arena	0,00	NO APLICA
319,74	Oh	100% Humedal	0,30	1
467,97	Pc	100% Pasto cultivado	1,30	4
310,76	Pc	100% Pasto cultivado	1,30	4
872,83	Pc-Pn	50% Pasto cultivado con 50% Pasto natural	1,30	4
273,34	Pc-Va	50% Pasto cultivado con 50% Vegetación arbustiva	1,30	4
3.425,64	Pc/Cc	70% Pasto cultivado con 30% Cultivos de ciclo corto	1,30	4
69,01	Pc/Cc	70% Pasto cultivado con 30% Cultivos de ciclo corto	1,30	4
703,36	Pc/Cp	70% Pasto cultivado con 30% Papa	1,30	4
1.218,10	Pc/Va	70% Pasto cultivado con 30% Vegetación arbustiva	1,30	4
2.787,35	Pc/Va	70% Pasto cultivado con 30% Vegetación arbustiva	1,30	4
840,45	Pc/Va	70% Pasto cultivado con 30% Vegetación arbustiva	1,30	4
82,37	Pn	100% Pasto natural	1,00	3
81,71	Pn-Va	50% Pasto natural con 50% Vegetación arbustiva	1,00	3
323,81	Pn/Ap	100% Pasto natural en Área en proceso de erosión	1,00	3
1.960,94	Pn/Cc	70% Pasto natural con 30% Cultivos de ciclo corto	1,00	3
487,92	Pn/Cc	70% Pasto natural con 30% Cultivos de ciclo corto	1,00	3
291,18	Pn/Cc	70% Pasto natural con 30% Cultivos de ciclo corto	1,00	3
105,82	Pn/Cc	70% Pasto natural con 30% Cultivos de ciclo corto	1,00	3
995,00	Pn/Cr	70% Pasto natural con 30% Frutales	1,00	3
89,04	Pn/Er	70% Pasto natural con 30% Afloramientos rocosos, grava y minas.	1,00	3
6.713,05	S/i	Sin identificar	0,30	1
37,07	Va	100% Vegetación arbustiva	0,70	2
56,91	Va/Pn	70% Vegetación arbustiva con 30% Pasto natural	0,70	2
72,72	Va/Pn	70% Vegetación arbustiva con 30% Pasto natural	0,70	2
55,71	Cc/Pc	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Pasto cultivado	1,70	5
4.824,42	Bi-Va	50% Bosque intervenido con 50% Vegetación arbustiva	0,70	2

12,18	Cc	100% Cultivos de ciclo corto	1,70	5
56,29	Pc/Cc	70% Pasto cultivado con 30% Cultivos de ciclo corto	1,30	4
477,41	Cc-Cr	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Frutales	1,70	5
616,65	Cc-Cr	50% Cultivos de ciclo corto con 50% Frutales	1,70	5
1.617,14	Pc-Va	50% Pasto cultivado con 50% Vegetación arbustiva	1,30	4

Fuente: Elaboración propia