



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS EN LAS
PRINCIPALES VÍAS DE ACCESO DEL CANTON MIRA, PROVINCIA
DEL CARCHI”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORA:

Kelly Shariam Torres Calapi

DIRECTOR:

Ing. Darío Paúl Arias Muñoz MSc.

Ibarra 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**"EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS EN LAS
PRINCIPALES VÍAS DE ACCESO DEL CANTON MIRA, PROVINCIA
DEL CARCHI "**

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, previo a la obtención del

Título de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Paúl Arias

DIRECTOR


.....
FIRMA

Ing. Gabriel Jácome

ASESOR


.....
FIRMA

Ing. Gladys Yaguana

ASESORA


.....
FIRMA

IBARRA – ECUADOR

DICIEMBRE, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hacemos la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	0402098396	
APELLIDOS Y NOMBRES	Torres Calapi Kelly Shariam	
DIRECCIÓN:	Mira – Carchi	
EMAIL:	kellyshariam@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0982401576

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS EN LAS PRINCIPALES VÍAS DE ACCESO DEL CANTON MIRA, PROVINCIA DEL CARCHI
AUTORA:	Torres Calapi Kelly Shariam
FECHA:	14 de diciembre de 2022
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Paúl Arias

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y son titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldremos en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días del mes de diciembre del 2022

LA AUTORA:



Torres Calapi Kelly Shariam

C.I. 0402098396

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 15 de diciembre del 2022

KELLY SHARIAM TORRES CALAPI

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS EN LAS PRINCIPALES VÍAS DE ACCESO DEL CANTÓN MIRA, PROVINCIA DEL CARCHI

TRABAJO DE GRADO

Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 14 de diciembre de 2022.

DIRECTOR: Ing. Darío Paúl Arias Muñoz MSc.

El objetivo de esta investigación evaluó el riesgo de deslizamientos en las principales vías de acceso al cantón Mira en la provincia del Carchi. De acuerdo con lo mencionado este estudio planteo medidas de gestión de riesgo ante deslizamientos.

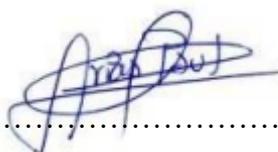
Ibarra, 14 de diciembre de 2022

AUTORA



.....
Torres Calapi Kelly Shariam

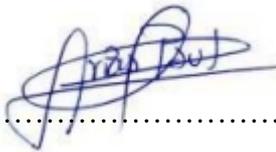
DIRECTOR



.....
Ing. Arias Muñoz Darío Paúl

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita TORRES CALAPI KELLY SHARIAM, con cédula de identidad Nro. 0402098396, bajo mi supervisión en calidad de director.



.....
Ing. Darío Paúl Arias Muños MSc.

DIRECTOR

Ibarra, a los 14 días del mes de diciembre de 2022.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y por brindarme salud, fortaleza y sabiduría día tras días, para superar obstáculos y permitirme alcanzar mis sueños.

A mi familia por su apoyo incondicional durante toda mi vida académica, por estar acompañándome en los momentos buenos y malos. Su amor, paciencia y confianza en mí ha sido fundamental para cumplir mis metas.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, de forma especial a la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y a su cuerpo docente por brindarme sus conocimientos y enseñanzas las cuales crearon experiencias únicas a lo largo de toda mi formación académica, creando profesionales de calidad para la sociedad

A mi director de tesis MSc. Paúl Arias por su tiempo, conocimiento y sobre todo paciencia brindado en cada etapa de la investigación. Igualmente, a mis asesores MSc. Gabriel Jácome y MSc. Gladys Yaguana por compartir sus conocimientos.

Asimismo, al MSc Oscar Rosales por su valiosa ayuda y por su apoyo incondicional.

Kelly Shariam Torres

DEDICATORIA

He culminado una etapa muy importante de mi vida y se la dedico a quien me ha guiado desde siempre, quien me dio la vida y me ayudo a vivirla. Dios pudo darme cualquier familia, pero le agradezco por formar parte de la suya, mi padre Mauricio Torres y mi Madre Yomaira que con su esfuerzo, sacrificio y amor siempre he salido adelante, quienes me inculcaron muchos principios y valores para ser una buena persona y ayudar al mundo a ser mejor. Este logro es por ellos y para ellos.

A mi hermana Nao de quien siempre he recibido su apoyo incondicional, además de ser aquella persona que me motiva a seguir adelante. Y a mi familia en general que siempre han estado pendientes y demostrándome su amor de diferentes maneras.

A las personas que estuvieron conmigo y crecieron en mí, solo me queda decirles que ha sido un placer compartir mi vida con ellos y aún más importante darme su amor para seguir adelante. Mis amigas las cuales estaban conmigo acompañándome de cerca o lejos pero siempre estaban pendientes. No olviden que siempre quiero verlos triunfar.

A mis amigos que hicieron de la universidad un lugar ameno y agradable, la Universidad no hubiese sido lo mismo sin ustedes, tal vez teníamos pelcas, pero cada una se arreglaba con una risa al final del día. Los momentos compartidos con ustedes durante toda mi vida universitaria los llevaré dentro de mi corazón. Las risas y los llantos nunca faltaban para poder seguir adelante y apoyándonos en todo. Deseo que cada uno de ustedes cumpla sus metas y continúen siendo excelentes personas.

Kelly Shariam Torres

Índice de contenido

Contenido	Páginas
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
Capítulo I Introducción	17
1.1 Revisión de antecedentes	17
1.2 Problema de investigación y justificación.....	19
1.3 Objetivos	21
1.3.1 Objetivo general	21
1.3.2 Objetivos específicos	22
1.4 Preguntas directrices	22
Capítulo II Marco Teórico	23
2.1 Riesgos y desastres de origen natural	23
2.2 Amenaza de deslizamientos	24
2.2.1 Tipos de deslizamientos	25
2.3 Principal factor detonante de deslizamiento.....	27
2.4 Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la evaluación del riesgo a deslizamiento.....	28
2.5 Gestión local de riesgo por deslizamientos y sus efectos socioambientales...	28
2.6 Gestión de riesgos	30
2.7 Marco Legal	30
Capítulo III Metodología	32
3.1 Descripción del área de estudio.....	32
3.2 Factores climáticos e hídricos	33
3.3 Métodos.....	35
3.3.1 Datos	35
3.3.2 Identificación de vías de acceso principal al cantón Mira	35
3.3.3 Análisis de factores que inciden en deslizamientos	36
3.3.3.1 Factores físicos.....	37
3.3.3.2 Factor climático/hídrico	39
3.3.3.3 Factores antrópicos.....	41

3.3.4 Método de radiofrecuencia.....	42
3.3.5 Susceptibilidad a deslizamientos.....	42
3.3.5.1 Curva ROC.....	44
3.3.6 Determinación de zonas vulnerables en las vías.....	44
3.3.7 Evaluación del riesgo a deslizamientos.....	47
3.3.8 Medidas de gestión de riesgos.....	47
3.4 Esquematización de metodología.....	48
3.5 Materiales y equipos.....	50
Capítulo IV Resultados y Discusión.....	51
4.1 Incidencia de factores físicos, climáticos, hídricos y antrópicos en la susceptibilidad a deslizamientos.....	51
4.1.1 Pendiente (RF).....	51
4.1.2 Aspectos geológicos (RF).....	53
4.1.3 Cobertura y uso del suelo.....	55
4.2 Susceptibilidad a deslizamientos.....	58
4.3 Zonas vulnerables a deslizamientos en las vías de acceso al cantón Mira.....	61
4.4 Riesgo a deslizamientos en las vías de acceso al cantón Mira.....	63
4.5.1 Estrategias para mejoramiento del riesgo vial.....	66
4.5.2 Estrategia 1: Reducción de la vulnerabilidad de las vías.....	67
4.5.3 Estrategia 2: Educación vial.....	69
4.5.4 Estrategia 3: Reorganización de la señalética de advertencia de deslizamientos.....	71
4.5.5 Estrategia 4: Rehabilitación de vías.....	74
Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones.....	76
5.1 Conclusiones.....	76
5.2 Recomendaciones.....	78
Referencias.....	79
Anexos I Registro fotográfico de deslizamientos en las vías de acceso al cantón Mira.....	88
Anexos II Mapas temáticos.....	93

Índice de Tablas

Contenido	Páginas
Tabla 1. Conceptualización de amenaza y vulnerabilidad	24
Tabla 2. Tipos de deslizamientos	26
Tabla 3. Criterios de análisis para plan de gestión.....	29
Tabla 4. Criterios cartográficos.....	35
Tabla 5. Factores topográficos, climáticos y sociales	37
Tabla 6. Ponderación de factores influyentes en la susceptibilidad a deslizamientos (RF)	43
Tabla 7. Matriz de cálculo del nivel de vulnerabilidad.....	45
Tabla 8. Tabla de Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales – Sistema de vialidad	46
Tabla 9. Análisis de las variables que intervienen en la vulnerabilidad	47
Tabla 10. Equipos y materiales para la investigación	50
Tabla 11. Reclasificación de la pendiente (Valor ponderado)	51
Tabla 12. Reclasificación de la geología (Valor ponderado).....	53
Tabla 13. Reclasificación de cobertura y uso del suelo (Valor ponderado).....	55
Tabla 14. Áreas susceptibles a deslizamientos del catón Mira	58
Tabla 15. Reducción de vulnerabilidad de las vías	68
Tabla 16. Educación vial.....	70
Tabla 17. Reorganización de la señalética de advertencia de deslizamientos	72
Tabla 18. Rehabilitación de vías	75

Índice de figuras

Contenido	Páginas
Figura 1. Marco Legal.....	31
Figura 2. Ubicación del cantón Mira, provincia del Carchi.....	32
Figura 3. Aspectos geológicos	34
Figura 4. Representación de vías en relación con los poblados que conectan.....	36
Figura 5. Estaciones meteorológicas consideradas en el estudio.....	40
Figura 6. Conceptualización de la gestión de emergencias y desastres	48
Figura 7. Esquemización de metodología	49
Figura 8. Pendientes del terreno	52
Figura 9. Geología del terreno	54
Figura 10. Cobertura vegetal del terreno.....	56
Figura 11. Susceptibilidad del cantón Mira	59
Figura 12. Curva ROC	60
Figura 13. Puntos de deslizamientos para validación	61
Figura 14. Vulnerabilidad vial de deslizamientos.....	62
Figura 15. Riesgo de deslizamientos.....	64
Figura 16. Reorganización de señalética de advertencia de deslizamientos.....	73
Figura 17. Señalética de derrumbos viales.....	73

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS EN LAS
PRINCIPALES VÍAS DE ACCESO DEL CANTON MIRA, PROVINCIA DEL
CARCHI

Kelly Shariam Torres Calapi

RESUMEN

En el cantón Mira de la provincia del Carchi han ocurrido una serie de deslizamientos que han afectado a las vías, mismos que han causado daños considerables. En el presente estudio se analizó la susceptibilidad y la vulnerabilidad para la obtención del riesgo ante deslizamientos en las principales vías de acceso del cantón Mira. Para evaluar la susceptibilidad se establecieron 8 factores clasificados en físicos (pendiente del terreno, aspecto, curvatura, geología y distancia fallas geológicas); climático-hídricos (precipitación y distancia a ríos) y antrópicos (cobertura vegetal), que fueron categorizados mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), a través del método de radiofrecuencia, mismo que consistió en asociar cuantitativamente los factores detonantes mediante la distribución espaciotemporal. Los resultados evidenciaron un ajuste estadístico mediante el análisis de vulnerabilidad según el valor obtenido en la curva ROC (0,85). El cantón Mira presentó tres niveles de riesgos ante deslizamientos en las vías: riesgo bajo (4%), en vías ubicadas en sitios donde no incide ningún factor, por lo que, no se producen deslizamientos; riesgo medio (62,89%), en la vía que comunica Estación Carchi - Río Blanco, la cual está ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, conectando a las vías del cantón Mira; y riesgo alto (33,12%), en la vía Mascarilla – Mira en un tramo de 10 km. Finalmente, se plantearon cuatro estrategias de gestión de riesgos: reducción de la vulnerabilidad vial, educación vial, reorganización de señalética de advertencia, y rehabilitación de vías, las cuales están enfocadas en la acción y mitigación efectiva ante deslizamientos viales.

Palabras clave: Deslizamientos, Susceptibilidad, Vulnerabilidad, Riesgo, Vías, SIG.

ABSTRACT

In Mira canton, located in the Carchi province of Ecuador, a series of landslides have affected the roads, causing considerable damage. The present study analyzed susceptibility and vulnerability for risk assessment in the main access roads of Mira canton. The aim was to evaluate susceptibility through the eight factors. The factors were classified into physical (slope of the terrain, aspect, curvature, geology, and distance to geological faults), climatic and hydric (precipitation and distance to rivers), and anthropic (vegetation cover). These factors were categorized using Geographic Information Systems (GIS) through the radio frequency method. This method consisted of quantitatively associating the triggering factors through the spatial-temporal distribution. The results showed a statistical adjustment through vulnerability analysis according to the value obtained in the ROC curve (0.85). Canton Mira presented three levels of landslide risk on the roads: low risk (4%), medium risk (62.89%), and high risk (33.12%). The high-risk is located on the Mascarilla - Mira Road in a 10 km stretch. Medium risk is concentrated on the road that connects Estación Carchi to Río Blanco in Imbabura. Finally, four risk management strategies were proposed: road vulnerability reduction, road education, reorganization of warning signs, and road rehabilitation, which are focused on the effective mitigation of landslides.

Key words: Landslides, Susceptibility, Vulnerability, Road, Risk, Roads, GIS.

Capítulo I

Introducción

1.1 Revisión de antecedentes

Los impactos de los desastres naturales aumentan a nivel global, sin embargo, mantienen la brecha entre países ricos y pobres. En el periodo de 1970 – 2002 se produjeron 6436 desastres naturales, de los cuales el 77% ocurrieron en países en vías de desarrollo ocasionando impactos económicos que condicionan el progreso de estos países (Strobl, 2012). Entre los desastres más destructivos están los ocasionados por la remoción de masas de tierra, porque cuando se producen en el 90% de los casos las pérdidas humanas y materiales son inevitables (Vennari et al., 2015). De hecho, para la década de 1990s representaron el 9% de los desastres ocurridos a nivel mundial (Strobl, 2012).

Aunque estos fenómenos responden a procesos geológicos, el desplazamiento también se produce por la inestabilidad de laderas o pendientes y el efecto de precipitaciones y tipos de cobertura de suelo tierra (Althuwaynee et al., 2015). Las zonas montañosas son muy susceptibles ante problemas de deslizamientos de tierra (Moreno, 2010). Debido a que en estas zonas convergen cuatro elementos importantes para su ocurrencia: forma del relieve, sismicidad, meteorización y lluvias intensas (Avilés et al., 2017). Desde un punto de vista global, las áreas más propensas e inestables presentan características montañosas, de relieve con procesos erosivos o de meteorización, laderas fluviales, zonas con materiales rocosos blandos y sueltos (Soria y Rodríguez, 2012).

Los deslizamientos de suelo se consideran eventos frecuentes y generan diversos problemas en Ecuador. El país es considerado una nación en vías de desarrollo y debido a su ubicación geográfica y sus características climáticas y geológicas no está exento a la ocurrencia de deslizamientos en su territorio. A esto se suma la actividad tectónica y volcánica ocasionando que la geomorfología andina este constante expuesta a peligros geológicos (Maskrey, 2012). Como consecuencia en el territorio nacional ha existido pérdida de vidas e infraestructura y la

manifestación de deslizamientos también ha profundizado la situación de pobreza, si se considera que su impacto por la general se ha producido en poblaciones vulnerables de áreas rurales (IEE, 2013).

Durante el periodo 1970 – 2017, en Ecuador se han registrado 6736 casos de deslaves, uno de los factores principales son las precipitaciones y el cambio de uso del suelo (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2017). Los procesos intensivos de deforestación de bosques primarios usados en actividades agrícolas, la degradación y fragmentación de la vegetación nativa produce la disminución de la flora y fauna y ocasiona deslizamientos (Prefectura del Carchi, 2019). En el país las principales infraestructuras afectadas por la ocurrencia de deslizamiento son las vías de comunicación (IEE, 2013). Los daños en las redes viales del país causan problemas de comunicación de diferentes zonas afectadas, representa una pérdida económica significativa para las zonas afectadas, así como también para el país (Ortiz, 2013).

En el cantón Mira, ubicado en la región interandina montañosa, se han reportado deslizamientos y también se han identificado que varios de los impactos ocasionan pérdidas humanas y materiales en la población (Desinventar, 2020). Así para el periodo 2019 – 2020 ocurrieron 32 movimientos de remoción en masa, entre deslizamientos, deslaves y flujos de lodo (Desinventar, 2020). A pesar de que existen pocos registros de deslizamientos en el cantón, no significa que no haya existido deslizamientos en los años anteriores. Más bien significa que no se registraba la ocurrencia de estos fenómenos. sino que no se llevaba un registro de la ocurrencia de estos. Porque la geomorfología irregular y la deforestación en el cantón Mira provoca una alta susceptibilidad a deslizamientos en las comunidades del cantón y en las vías que las comunican (PDOT, 2015). Además, en las comunidades los asentamientos urbanos marginales suelen estar ubicados en zonas deforestadas o en rellenos de cuerpos hídricos, ocasionando que se incrementen los sitios inestables y peligrosos (Ruiz, 2020).

Los deslizamientos identificados en la zona han ocasionado pérdidas materiales, pérdidas humanas y han afectado de forma recurrente la vía de acceso

principal del cantón Mira específicamente el tramo mascarilla – Mira y; Mira – Empate E10 (PDOT, 2015). Indudablemente, los deslizamientos son las consecuencias más comunes de la inestabilidad de una ladera debido a diferentes tipos de condiciones y factores condicionantes como la cobertura del suelo y factores dinámicos como la actividad sísmica y la precipitación (Escalante et al., 2020).

Actualmente, en el cantón Mira los deslizamientos han ocasionado pérdidas humanas, materiales y económicas que se relacionan directamente con el acelerado crecimiento poblacional y sus necesidades. Las características de relieve ecuatoriano y la construcción de carreteras han conllevado una considerable cantidad de cortes del talud que requieren obras de protección de deslizamientos (SGR, 2017). Por ese motivo, el objetivo central de la presente investigación fue la evaluación del riesgo de deslizamientos en las principales vías de acceso al cantón Mira en la provincia del Carchi para proponer medidas de gestión.

1.2 Problema de investigación y justificación

El cantón Mira se caracteriza por ser fuente de producción de alimentos de primera necesidad en donde deben ser llevados hasta los principales mercados de las ciudades. Las zonas geográficas de este cantón con la variación de climas, da pie a que su flora sea extensa y que se produzcan grandes cantidades de alimentos frutales. El inconveniente frente a este potencial comercial son los problemas en las vías. Debido a que su falta de mantenimiento y constante interrupciones por eventos sociales como paralizaciones o eventos naturales extremos como deslizamientos ocasionan pérdidas económicas.

El problema de accesibilidad vial al cantón Mira en la provincia del Carchi, se ve afectado principalmente por las situaciones y condiciones biofísicas que se presentan en sus diferentes sectores. Este problema ocurre por el mal manejo o la mala utilización de las vías existentes; en donde no todas son de primer orden y el mantenimiento es casi nulo. Las condiciones sociales de las comunidades pueden

ser otro agravante al problema ya que no se genera un plan de acción frente a las entidades competentes de administración pública para el mantenimiento y mejoramiento de la vialidad en el cantón.

El flujo vehicular provoca la desestabilización de las paredes laterales de las vías por efectos de la vibración lo que hace que el riesgo sea evidente y recurrente. Las vías no cuentan con infraestructura ideal para soportar el flujo vehicular por lo que fenómenos como los deslizamientos son aún más recurrentes. Entonces, el flujo de mercadería se ve relegado y la pérdida es inminente. Este impacto no es una afectación solo para la producción agrícola y ganadera sino también para la educación y el empleo.

Generalmente los deslizamientos presentados en el cantón Mira no son registrados bajo una hoja de ruta o seguimiento en una base de datos; sin embargo, esto no significa que no haya existido deslizamientos frecuentemente Según el Plan de contingencia del cantón Mira (2020), se han registrado un total de 23 deslizamientos considerables en la red vial del cantón y se consideró a los factores naturales como detonantes causales, así como también el poco mantenimiento de las vías incrementa el riesgo.

Al no tener un registro constante y sistémico de los deslizamientos en el sector, primero agrava la situación por el desconocimiento de las entidades de control público como lo es el Gobierno Provincial, segundo por la falta de mantenimiento preventivo que empeora la situación. Por ello, no es posible implementar herramientas de prevención de riesgos específicamente viales (Ruiz, 2020). De ahí que se busca conocer el nivel de riesgo y poder implementar medidas para su prevención y recuperación.

Por lo tanto, uno de los problemas mas recurrentes en el cantón es el riesgo de deslizamientos en las principales vías de acceso al cantón Mira en la provincia del Carchi. Frente a ello, la presente investigación pretende realizar un análisis de los efectos producidos por deslizamientos en las vías principales y de tercer orden

que dan acceso a las parroquias que forman parte del cantón Mira. El uso de tecnologías de Información Geográfica permitió evaluar los aspectos físicos que influyen para el deterioro de las vías. De esta forma la información cartográfica del uso del suelo presenta los impactos que se generen por deslizamientos (Sarría, 2004). Además, conocieron los diversos factores que generan un riesgo. En síntesis, todo esto ha motivado a la búsqueda de otras alternativas para prevenir o reducir los daños que estos producen. Esta información serviría como de base de estudio y una memoria real frente al problema de vialidad existente.

Los resultados obtenidos servirán como insumos para estudios de comparación, análisis y factibilidad frente a publicaciones existentes; las entidades de los gobiernos local y provincial podrán hacer uso de la información para considerar el nivel de riesgo vial en el sector. Según la Secretaria Nacional de Planificación en el Plan de Creación de Oportunidades 2021, en el objetivo 9 en donde reza la Garantiza la seguridad ciudadana, orden público y gestión de riesgos analiza que debe existir una convivencia pacífica y segura de los ciudadanos. Esta convivencia enmarca la vialidad de los pueblos en donde la seguridad integral y la discriminación son los componentes en donde las personas deberían gozar en plenitud. Sin vialidad no se podría hablar de seguridad ni mucho menos de igualdad. La discriminación puede también ser considerada por la falta de acceso o de vías principales hasta los domicilios, y los deslizamientos se convertirán en unos de sus detonantes. Este es un riesgo que debe ser tratado y analizado para otorgar seguridad y prevenir afectaciones en la calidad de vida.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el riesgo de deslizamientos en las principales vías de acceso al cantón Mira en la provincia del Carchi para proponer medidas de gestión.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la incidencia de factores físicos y climáticos en la susceptibilidad a deslizamientos.
- Determinar las zonas vulnerables a deslizamientos en las vías de acceso al cantón Mira.
- Proponer medidas de gestión en las vías de acceso principal, según el riesgo de deslizamientos en el estudio.

1.4 Preguntas directrices

¿Cuál es el nivel de riesgo ante deslizamientos en las vías principales del cantón Mira?

¿Qué medidas de gestión ante deslizamientos se pueden aplicar en el cantón Mira?

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Riesgos y desastres de origen natural

El riesgo de desastres describe la dimensión de los daños y las pérdidas que puede ocasionar un fenómeno natural en una región, en este caso los daños materiales del cantón. Se puede calcular como producto de los factores amenaza y vulnerabilidad. La amenaza toma en consideración las probabilidades de ocurrencia de fenómenos naturales y la vulnerabilidad abarca los daños producidos por el fenómeno (Hernández y Rivas, 2002). El riesgo hace que una amenaza se convierta en un evento causante de daños materiales o pérdidas humanas a comunidades vulnerables y sin capacidad de intervención.

Dipecho (2007) menciona que “el riesgo es la probabilidad de sufrir consecuencias negativas entre ellas: daños y pérdidas de tipo económico, social y ambiental. Pueden presentarse en caso de un fenómeno peligroso relacionado con la capacidad de resistencia y recuperación de los diferentes actores sociales”. Se ha representado al riesgo mediante una ecuación en la que interactúan la susceptibilidad y la vulnerabilidad. Se evalúa el riesgo para implementar medidas de gestión que ayuden a prevenir, mitigar y reducir.

Se considera a la amenaza como un factor exógeno (exterior) y la vulnerabilidad como un factor endógeno (interior), brinda una medida de protección para afrontar y prevenir la ocurrencia de una amenaza. Se considera que, debido al crecimiento poblacional, se ve la necesidad de expandirse a zonas más elevadas o de difícil acceso en las que el riesgo ante deslizamientos es más alto (Estaban et al., 2016). En la Tabla 1 se identifica los conceptos esenciales de términos relevantes en la investigación.

Tabla 1. Conceptualización de amenaza y vulnerabilidad

Amenaza o Peligro	Vulnerabilidad
“Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado” (Cardona, 2002). Una amenaza también puede ser la probabilidad de que ocurra un riesgo en un sitio determinado, la recurrencia y la intensidad que se espera son elementos muy difíciles de valorar al momento de identificar la amenaza. La amenaza debe ser considerada como un elemento externo, que representa peligro para el hombre y su infraestructura.	“La propensión de un elemento o de un conjunto de elementos a sufrir ataques y daños en caso de manifestación de fenómenos destructores y/o generar condiciones propicias a su ocurrencia o al agravamiento de sus efectos” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2012). Por lo tanto, se entiende a la vulnerabilidad como el grado de susceptibilidad a la que un elemento es sometido a daños por efecto de una amenaza sea esta de origen natural o antrópico.
Riesgo	Desastre
“El riesgo es la probabilidad de sufrir consecuencias negativas entre ellas: daños y pérdidas de tipo económico, social y ambiental. Pueden presentarse en caso de un fenómeno peligroso relacionado con la capacidad de resistencia y recuperación de los diferentes actores sociales” (Dipecho, 2007).	El término desastre hace referencia a las enormes pérdidas materiales y vidas humanas ocasionadas por eventos o fenómenos naturales, como terremotos, inundaciones, tsunamis, deslizamientos de tierra, entre otros (Semarnat, 2021).

2.2 Amenaza de deslizamientos

Para Plaza y Yépez (2001), la amenaza de deslizamientos “es la condición en la cual existe la probabilidad de movimiento de una masa de roca, detritos o tierra pendiente abajo, por acción de la gravedad”. El potencial destructor, según Western (2012), depende del volumen, velocidad y desintegración de la masa en movimiento y apunta como factores preponderantes en la ocurrencia de deslizamientos a la erosión del suelo y a la deforestación.

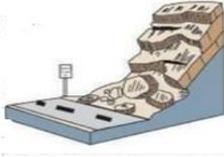
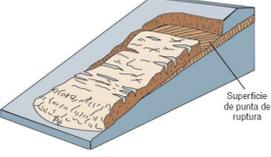
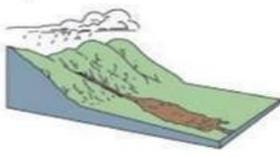
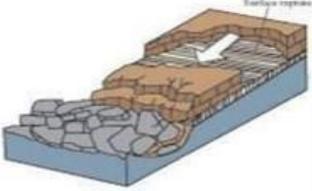
Un deslizamiento se presenta en el momento que ocurren movimientos en masa, la pendiente de las laderas, la composición del suelo, la presencia de rocas sueltas y el movimiento vehicular. Son movimientos de remoción en masa que ocurren generalmente a lo largo de la superficie de fallas, por caída libre, erosión y flujos (Suárez, 2009). A un movimiento de remoción en masa se lo llama deslizamientos a ciertos factores de influencia como la velocidad en la que se produce y el tipo de material que se desprende. Los deslizamientos se pueden dividir en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, traslacionales y de flujo.

En este sentido, Hofer y Warren (2009) establecen como mecanismo principal para lograr la reducción de amenaza al Ordenamiento del Territorio. Proceso que parte en la evaluación de amenazas de un territorio para así delimitar zonas de mayor riesgo, para de esta manera según la SNGR (2011), territorializar al riesgo. Implica el análisis de los elementos y características territoriales vulnerables a los impactos generados por diferentes amenazas. A fin de identificar a aquellos elementos más susceptibles por exposición, a los cuales dirigir acciones que permitan el mejoramiento de sus capacidades de resiliencia, así como también la toma de decisiones sobre niveles de riesgo que se puedan asumir como aceptables en un periodo determinado

2.2.1 Tipos de deslizamientos

Los deslizamientos, movimientos de ladera o fenómenos de remoción en masa son causa de la generación de riesgos geológicos que puede afectar edificaciones, vías de transporte, cauces, embalses e incluso pueden afectar a poblaciones enteras. Los deslizamientos se clasifican en varios tipos que se clasificaron por su relevancia (Tabla 2) los cuales fueron identificados y diferenciados por diferentes tipos de causas naturales y también de causas antrópicas.

Tabla 2. Tipos de deslizamientos

Tipos	Concepto	Gráficos
Deslizamientos rotacionales	Se mueven a lo largo de una superficie de ruptura circular parecida a la superficie de una cuchara, esto hace que el terreno deslizado rote sobre esa superficie.	
Caída	Se inicia con el desprendimiento de suelo o roca en una ladera muy inclinada. El material desciende principalmente a través del aire por caída, rebotando o rolando.	
Volcamiento	Consiste en el giro hacia delante de una masa de suelo o roca respecto a un punto o eje debajo del centro de gravedad del material desplazado, ya sea por acción de la gravedad o presiones ejercidas por el agua.	
Deslizamiento traslacional	Es el desplazamiento de una masa a lo largo de una superficie de ruptura de forma plana u ondulada.	
Flujos de tierra	Son movimientos lentos de materiales blandos. Estos flujos frecuentemente arrastran parte de la capa vegetal.	
Flujos de lodo	Se forman en el momento en que la tierra y la vegetación son debilitadas considerablemente por el agua, alcanzando gran fuerza cuando la intensidad de las lluvias y su duración es larga.	
Deslizamientos planares	Consisten en el movimiento de un bloque (o bloques) de suelo o roca a lo largo de una superficie plana bien definida	

Fuente: (Ochoa et al., 2016)

Se considera que la presencia de deslizamientos es una de las causas más significativas en el riesgo antrópico, con mayor incidencia en zonas con pendientes pronunciadas donde la vegetación es nula (Ochoa et al., 2016). Mientras que en época lluviosa tiende a existir mayor riesgo, debido a las altas precipitaciones y la

poca cobertura vegetal hace que exista escorrentía y por lo tanto influya en los movimientos en masa (Hasan y Wyseure, 2018).

2.3 Clasificación de las vías

2.3.1 Por su diseño

Las vías rápidas son de alta capacidad, planificadas y construidas para soportar un promedio anual de vehículos y brinda seguridad a los usuarios. Las carreteras y caminos vecinales son vías que sirven para comunicar a áreas rurales como caseríos, las vías también conocidas como vías de tercer orden cumplen con las características de una carretera, pero no reúne las características necesarias para considerarla una vía rápida (Rico y Castillo, 2005).

2.3.2 Por su funcionalidad

Las vías nacionales se consideran el conjunto de todas las carreteras y caminos existentes en el territorio cumpliendo todas las normativas legales para su diseño y mantenimiento (Rico y Castillo, 2005). Las vías locales son caminos diseñados exclusivamente para conectar los distintos centros poblados o de actividad económica con vías secundarias, finalmente los senderos son exclusivamente para la movilidad peatonal, animal y en muchos casos para vehículos impulsados por tracción animal.

2.3 Principal factor detonante de deslizamiento: la precipitación

La lluvia presenta umbrales que generan deslizamiento (Althuwaynee et al., 2015). Es decir, existe un límite de lluvia que al sobrepasarlo es inminente la ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa. Por lo que los umbrales de deslizamiento se definen como el límite de la condición hidrológica que, cuando se alcanza o se excede, conduce a un deslizamiento de tierra (Farisham, 2007). Debido a que, la acumulación de agua en el suelo por precipitaciones provoca un aumento

de los niveles de agua subterránea, satura el suelo en las zonas inestables y por lo tanto aumenta la probabilidad de deslizamiento. Finalmente, para determinar los umbrales de deslizamientos existen tres enfoques principales: 1) modelos físicos (análisis a escala local); (2) modelos empíricos, que se refiere al límite inferior de la línea cartesiana o logarítmica de la condición de lluvia que resulta en el derrumbe de taludes; y (3) modelos estadísticos (Guzzetti et al. 2007).

2.4 Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la evaluación del riesgo a deslizamiento

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se consideran como herramientas óptimas para la elaboración, análisis y presentación de resultados (Rossiter, 2003). Se ha generalizado el empleo de los SIG para el modelado de peligros de deslizamientos de tierra debido al fácil acceso de datos georreferenciados mediante GPS, el uso de sensores remotos sin la necesidad de recorrer toda el área de estudio (Rodríguez, 2016; Pineda, 2011; Cure, 2012). Por ende, los SIG se consideran una herramienta útil para el análisis espacial de un fenómeno multidimensional como los deslizamientos.

El análisis espacial permite combinar en el espacio territorial varias variables independientes con el fin de modelar una variable dependiente. En este caso la variable dependiente es el peligro de deslizamiento y las variables independientes son las condiciones climáticas, topográficas, geográfica y sociales que propician la susceptibilidad al fenómeno (Anrango et al., 2020). De ahí que, la utilización de cartografía se ha implementado radicalmente a lo largo del tiempo, porque permite nuevas posibilidades para el uso de información cartográfica como herramienta para la modelación espacial de diferentes fenómenos (Olaya, 2014).

2.5 Gestión local de riesgo por deslizamientos y sus efectos socioambientales

Las causas sociales influyen en varios impactos como la degradación de la tierra y pérdida de ecosistemas, reduce la vegetación y por lo tanto acelera el cambio

climático (Bermejo, 2017). La interacción de la sociedad con el uso de los recursos naturales hace que la demanda sea progresiva por el crecimiento exponencial de la población. Se reduce el riesgo y se aplican medidas de mitigación para prevenir. Las medidas que se utilizan para reducir la amenaza y vulnerabilidad de las vías pueden ya estar activas. Las autoridades se encargan de la planificación para evitar daños en la infraestructura y a las personas.

De acuerdo con Jiménez (2004), los programas de mitigación comunitarios tienen mayor incidencia y aceptación, desarrollando una estructura piramidal en la planificación de la mitigación de desastres. Las medidas de mitigación satisfacen las necesidades reales de las personas y soluciona problemas que contribuyen al desarrollo de la comunidad, para mejorar la capacidad de protegerse. Kuhlicke (2007) denomina al conocimiento local esencial para reducir las amenazas naturales en la sociedad.

Se ha demostrado que suelen ser más adaptativos y pueden obtener un equilibrio con su entorno. A su vez el ordenamiento en el que se encuentran ubicados o el lugar donde producen sus cultivos no son adecuados y aumenta el riesgo de deslizamientos. Para poder comprender de mejor manera y para realizar un plan de gestión se clasifica y se toma en cuenta los siguientes criterios (Tabla 3).

Tabla 3. Criterios de análisis para plan de gestión

Aparición	Súbitos	Son aquellos fenómenos que ocurren sorpresivamente y de manera inmediata.
	Mediatos	Se desarrollan en forma más lenta y es factible predecirlos: como la sequía.
Duración	Corta a mediana duración	Terremotos y hundimientos.
	Larga duración	Sequias e inundaciones.
Origen	Naturales	Son los que se originan por la acción espontánea de la naturaleza.
	Geológicos	Son aquellos que fundamentalmente se dan por movimientos de placas tectónicas, por ruptura de la corteza terrestre pendiente y la conformación del subsuelo.
	Meteorológico	Son los que se dan a partir de fenómenos que se generan en la atmósfera y se manifiestan a través de vientos, precipitaciones, tormentas eléctricas y sequías

Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgo, 2014.

2.6 Gestión de riesgos

El análisis y la evaluación de riesgos ayuda a la elaboración de un plan de gestión de riesgos. La Secretaría de Gestión de Riesgo (2014), menciona que es una herramienta administrativa y operativa que concibe los programas y proyectos que una institución debe realizar con el objeto de reducir los riesgos de desastres y administrar emergencias en las etapas del antes, durante y después de un evento. Se genera la información y análisis necesario para el desarrollo de las medidas de gestión.

En Ecuador tras los últimos eventos ocurridos como sismos, inundaciones y deslizamientos provocados por fenómenos naturales, se han ejecutado metodologías para la construcción de estrategias, con el fin de identificar los riesgos de deslizamientos del cantón. A partir de la evaluación del riesgo de origen natural mediante la participación de actores y responsables para generar acciones claves, con el fin de mejorar la infraestructura vial (Ponce, 2017).

La gestión de riesgos es el proceso de planificación estratégica que representa una alta importancia, la cual se basa en disminuir el riesgo vial. La gestión y esfuerzos sistemáticos que tienen como finalidad formular objetivos, actividades con el fin de desarrollar estrategias para ejecutar planes. Las alternativas desarrolladas se pueden emplear para la solución actual, tomando en cuenta todos los factores que interceden en un tiempo y espacio determinado (Alumiñas y Galarza, 2016).

2.7 Marco Legal

Se representa jerárquicamente mediante la pirámide de Kelsen en la que se representa los artículos más importantes relacionados con la investigación (Figura 1). Se resume las normativas legales vigentes del Ecuador.

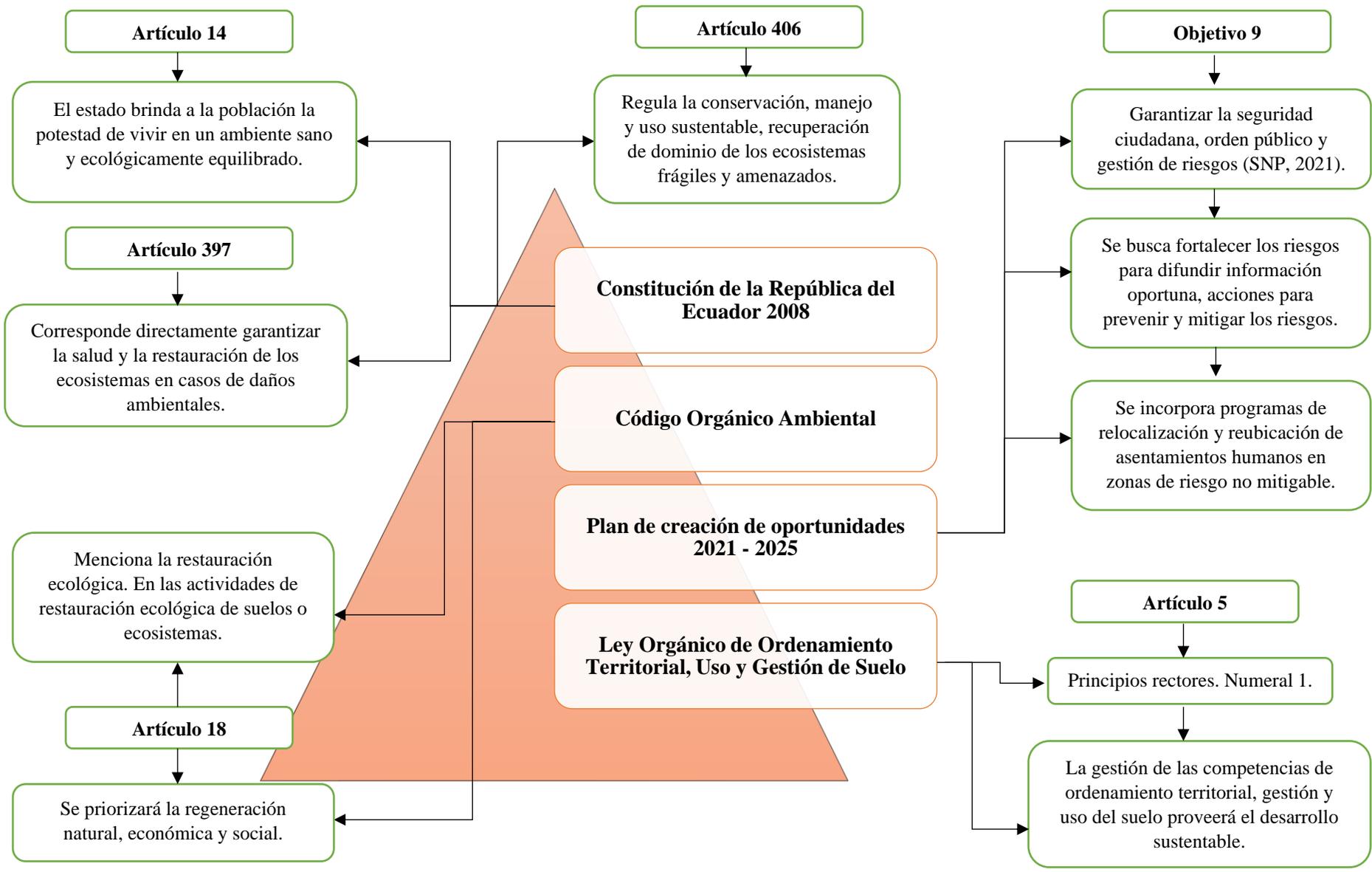


Figura 1. Marco Legal

Capítulo III

Metodología

3.1 Descripción del área de estudio

El cantón Mira se encuentra ubicado al suroeste de la provincia Carchi (Figura 2), entre las coordenadas $0^{\circ}33'02''$ N, $78^{\circ}02'28''$ W y presenta una superficie de 587 km² con una variación altitudinal entre 1900 y 3100 m.s.n.m. El cantón cuenta con una parroquia urbana que lleva el mismo nombre y las parroquias rurales de Juan Montalvo, La Concepción y Jijón y Caamaño (GAD Mira, 2003). La geomorfología del cantón se caracteriza por la presencia de llanuras, valles, montañas, que forman parte de la Cordillera de los Andes. La cordillera de los Andes se formó en el Mioceno Medio y durante el Plioceno gracias a la deposición de sedimentos (Jácome et. al. 2020).

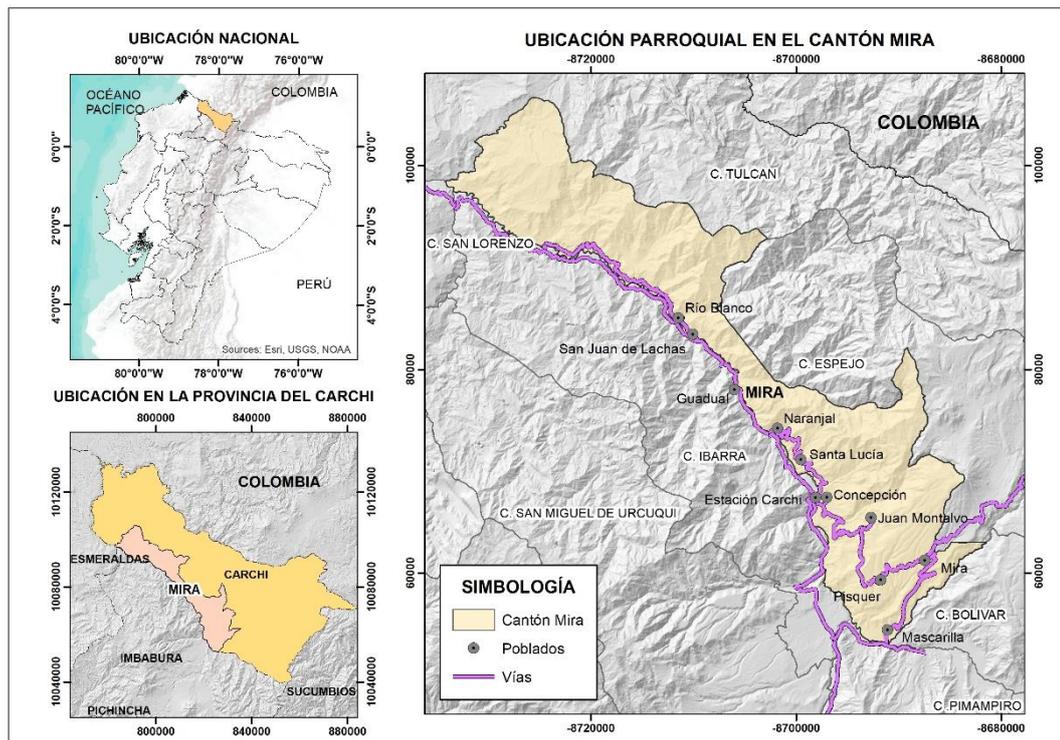


Figura 2. Ubicación del cantón Mira, provincia del Carchi

El cantón cuenta con vías de acceso principal con un alto riesgo de deslizamientos que se han visualizado a lo largo de los años, debido a diferentes

características climáticas y topográficas (Prefectura del Carchi, 2021). El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Mira, la cual se encuentra entre los países Ecuador y Colombia; y presenta una superficie aproximada de 5598 km² su agua desemboca al Océano Pacífico abasteciéndose de las vertientes de la cordillera occidental orientadas hacia el drenaje del río Mira (CISPDR, 2016).

La vía de acceso principal considerada de primer orden del cantón Mira es el tramo Mascarilla – Mira (E187) que conecta directamente a la provincia Imbabura con la ciudad de Mira con una longitud de 10 km. La vía Mira - Estación Carchi (87) conecta a los poblados de todo el cantón con una longitud de 21 km es una vía de segundo orden. Finalmente, está la vía Estación Carchi – Río Blanco (E10) vía de primer orden que conecta a dos provincias la de Carchi con Imbabura, con una longitud de 14 km (GAD Mira, 2003).

3.2 Factores climáticos e hídricos

Las precipitaciones se distribuyen de una manera desigual por influencia de la latitud (PDOT Mira, 2015). La precipitación media del cantón es 1716 mm siendo la precipitación mínima: 34 mm y la precipitación máxima: 224 mm. El cantón se caracteriza por presentar zonas cálidas y templadas. Existen zonas más cálidas por la gran cantidad de vapor de agua y zonas templadas por los bajos niveles de evaporación (PDOT, 2015). A diferencia del mes de abril a mayo, en donde la precipitación baja a 7.2 mm por lo que son consideradas épocas secas, en la cual existen vientos a muy altas velocidades que influyen también en la aceleración de erosión y produce deslizamientos.

No todo el cantón presenta las mismas condiciones de temperatura, debido a la distribución que tienen las parroquias, situadas a diferentes pisos climáticos, que se caracterizan por ser mesotérmico seco, semi húmedo, y tropical mega térmico húmedo (Quishpe, 2012). Es por esta razón que existe un rango de 25.8 °C con relación a la temperatura mínima absoluta de 4.6 °C y una temperatura media

máxima de 21.7 °C y mínima de 9.1 °C (GAD Mira, 2003). En otros aspectos Mira, presenta un 75 % de humedad relativa media anual, en los diferentes pisos altitudinales de la zona de estudio (PDOT Mira, 2015).

La cuenca del río Mira se caracteriza por su potencial hidrográfico el cual puede ser utilizado para complementar y mejorar las necesidades humanas para consumo humanos como agua potable y de riego de dos cantones Espejo y Mira. Según el Plan de Contingencia Época Lluviosa del Cantón Mira (2020), el cantón tiene un alto potencial hidrográfico, los caudales de agua exceden la capacidad de la acequia y se desborda. Se consideran estos eventos como una desventaja para el acceso vial de las comunidades y parroquias del cantón. Se considera principalmente dos factores climáticos importante que son la precipitación y la temperatura. Finalmente, la geología del cantón se caracteriza la presencia de rocas ígneas volcánicas, conglomerados, piroclastos, sedimentos volcánicos, depósitos sedimentarios, rocas ígneas plutónicas y rocas sedimentarias detríticas (Figura 3).

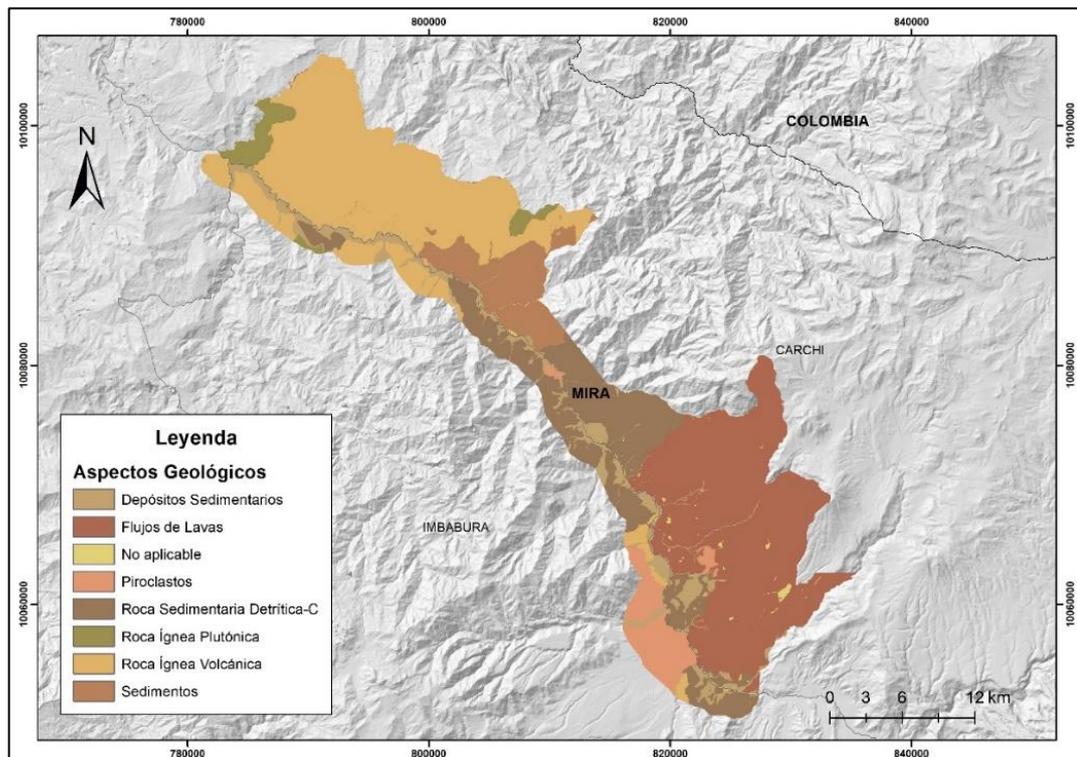


Figura 3. Aspectos geológicos

3.3 Métodos

La investigación desarrollada fue de tipo no experimental transversal. En la primera fase se georreferenciaron deslizamientos históricos cerca de las vías de cantón, los cuales se utilizaron para determinar la susceptibilidad a deslizamientos mediante el método de radiofrecuencia. El modelo cartográfico desarrollado se validó con el empleo de la curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve).

En la segunda fase se determinó la vulnerabilidad en vías, para ello, se creó un buffer de 100 a cada lado de la vía y se utilizó el método de vulnerabilidad física desarrollado por la (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2011). Finalmente, en la tercera fase se plantearon medidas de gestión de riesgos a deslizamientos en las vías acceso principal al cantón Mira.

3.3.1 Datos

En la recolección de información digital se procedió con la corrección y edición de los datos para optimizar el uso y la calidad de estos. Toda la información cartográfica utilizadas en el proceso para la obtención del mapa de riesgo vial, fue georreferenciada en base a los siguientes parámetros (Tabla 4).

Tabla 4. Criterios cartográficos

Parámetros	
Escala	1:350.000
Coordenadas	Coordenadas planas Este y Norte - metros
Proyección Cartográfica	Universal Transversal de Mercator UTM
Elipsoide	WGS 1984
Zona Cartográfica	Zona 17 Sur
Datum	WGS 1984
Formato	Digital ArcGIS

3.3.2 Identificación de vías de acceso principal al cantón Mira

Las vías que se consideraron en el estudio fueron vías de primer y segundo orden que conectan a los poblados del cantón Mira, consideradas como vías de

acceso principal. La vía Mascarilla - Mira es la principal vía de acceso a la ciudad, donde se han observado la mayor cantidad de deslizamientos por el tipo de rocas y su cobertura vegetal. La segunda vía de acceso a la ciudad es la vía Estación Carchi – Mira la cual no frecuenta deslizamientos diarios, pero si se evidencian la mayor parte del tiempo. Finalmente, la vía que conecta Estación Carchi – Río Blanco ubicada en la provincia Imbabura cantón Ibarra en las afueras del cantón Mira fue considerada por lo que se evaluó su conexión con las vías de acceso al cantón (Figura 4).

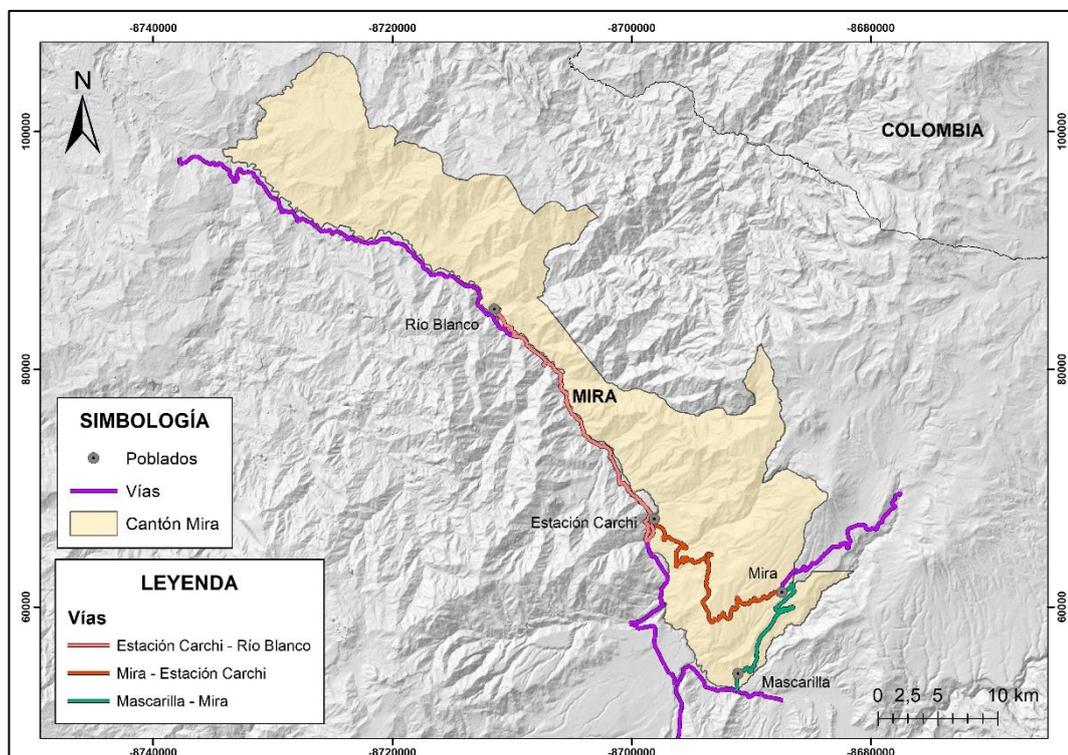


Figura 4. Representación de vías en relación con los poblados que conectan

3.3.3 Análisis de factores que inciden en deslizamientos

Los deslizamientos se clasifican de acuerdo con el tipo de riesgo identificado en el área de estudio, el análisis de los factores puede ser evaluados para susceptibilidad y vulnerabilidad, y así se obtuvo la cartografía del riesgo final en las vías de acceso principal. La representación de la susceptibilidad de un deslizamiento y de los fenómenos presentados en el mismo, es necesaria la

aplicación de una técnica metodológica en el área de estudio siendo esta la de radiofrecuencia.

La presencia de un deslizamiento se relacionó con fenómenos naturales y varios factores antrópicos. Se han evaluado una serie de diferentes factores generales que inciden en los deslizamientos y se aplicaron para la creación del mapa de susceptibilidad, entre ellos tenemos factores: físicos, climáticos/hídricos, y antrópicos (Tabla 5). Se aplicó un conjunto de datos espaciales obtenidos de diferentes fuentes bibliografías, geográficas y espaciales. Para la generación de los modelos de susceptibilidad y su respectivo análisis.

Tabla 5. Factores topográficos, climáticos y sociales

Nº	Tipo de factor	Factor	Tipo de dato	Fuente	Descripción
1	Físicos	Pendiente del terreno	Modelo de elevación digital	https://opentopography.org/	SRTM DEM (10 m de resolución)
2		Aspecto			
3		Curvatura			
4		Geología			
		Distancia a fallas geológicas	Shapefile	https://www.geoportali.gm.gob.ec	Shp (escala 1:50.000)
5	Climático-hídricos	Precipitación	Vectorial	http://www.inamhi.gob.ec	Datos de precipitación INAMHI periodo (1986-2015)
6		Distancia a ríos	Shapefile	https://www.geoportali.gm.gob.ec	Shp (escala 1:50.000)
8	Antrópicos	Cobertura vegetal	GeoTIFF	https://livingatlas.arcgis.com/landcover/	GeoTIFF Sentinel-2 Land Use-Land Cover (10 m de resolución)

3.3.3.1 Factores físicos

- **Pendiente del terreno**

La topografía del terreno es un parámetro que relaciona el desnivel de la pendiente con la distancia horizontal. Es un factor que influye en los deslizamientos y relaciona que la pendiente más pronunciada sea directamente proporcional al

riesgo (Moreno, 2010). Se determinó las pendientes en el DEM del cantón Mira y se reclasificó en cinco rangos entre 5% y 60%. En el área de estudio los rangos se identifican de manera ascendente 0- 5%, plana a ligeramente ondulada, 5 - 25%, fuertes colinado 25- 60%, muy fuertes escarpado 60% y abruptas montañoso mayor al 60%, al igual que los porcentajes de las pendientes que van desde muy baja hasta extrema susceptibilidad.

- **Aspecto**

La orientación del terreno o aspecto tiene relevancia sobre las condiciones micro climáticas al alterar la humedad y la evapotranspiración del suelo (Abedi et al., 2019). Según Ricci (2021) en el hemisferio norte las laderas con orientación sur reciben más radiación solar que las de orientación norte, por lo que las laderas al sur son más cálidas y menos húmedos. Se generó las orientaciones en el DEM y la susceptibilidad se determinó en cinco rangos al combinar información histórica de registro de deslizamientos de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias de Ecuador para los años 2018-2020.

- **Curvatura**

La función de la curvatura muestra la forma o la curvatura de la pendiente, una parte de la superficie puede ser cóncava, convexa o plana. La curvatura se utiliza para describir las características físicas de un área determinada, en este caso del cantón Mira, con su valor podemos buscar patrones de erosión del suelo, así como la distribución del agua en la tierra (INTAGRI, 2017). Se generó los tipos de curvatura dentro del DEM y se determinó tres rangos. Los valores positivos de curvatura hacen referencia a perfiles convexos; mientras mayor sea el valor de la curvatura (más positivo), más cerrada es la convexidad. Los valores negativos de curvatura hacen referencia a perfiles cóncavos; mientras menor sea el valor de la curvatura (más negativo), más cerrada es la concavidad. Finalmente, los valores cercanos a cero hacen referencia a curvaturas muy abiertas que se aproximan a un

plano; convexidades muy abiertas para valores positivos y concavidades muy abiertas para valores negativos.

- **Geología**

Estudia sus materiales, estructura, procesos que actúan en su interior y sobre la superficie, minerales y rocas. La Geología también se ocupa del origen del planeta y de los cambios que ha ido sufriendo a lo largo de toda su historia. En sus rocas está encerrada la historia de la vida. La representación de la estructura y los diferentes tipos de rocas, sedimentos y suelos que se pueden apreciar en la superficie terrestre de forma exterior e interior (Figura 3) (Janeiro et al., 2016).

- **Distancia a fallas geológicas**

Las fallas geológicas y los deslizamientos de tierra son fenómenos naturales que al combinarse pueden generar graves problemas socioambientales, razón por la cual es de vital importancia analizar la distancia a fallas geológicas. Se generó un mapa de distancia a fallas geológicas con un DEM de 10 metros para reclasificarlos en 5 rangos.

3.3.3.2 Factor climático/hídrico

- **Precipitación**

La precipitación es uno de los factores de influencia directa para la magnitud de deslizamientos (Kitzberger et al., 2017). Las altas precipitaciones en combinación con el tipo de suelo, en algunos casos el material muy alterado fomenta la formación y aceleración de los deslizamientos ya que un suelo arcilloso se satura por la cantidad de agua recibida, se hace más pesado y unido con el grado de pendiente existente se puede deslizar.

Se mapeo la precipitación mediante el uso de datos de 6 estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) para el periodo de años 1986-2015 (Figura 5). La interpolación se realizó mediante el método *IDW* (Inverse Distance Weight), el cual estima valores de las celdas al calcular de manera efectiva los promedios de los valores de puntos de datos vecinos de cada celda (Johnston et al., 2001).

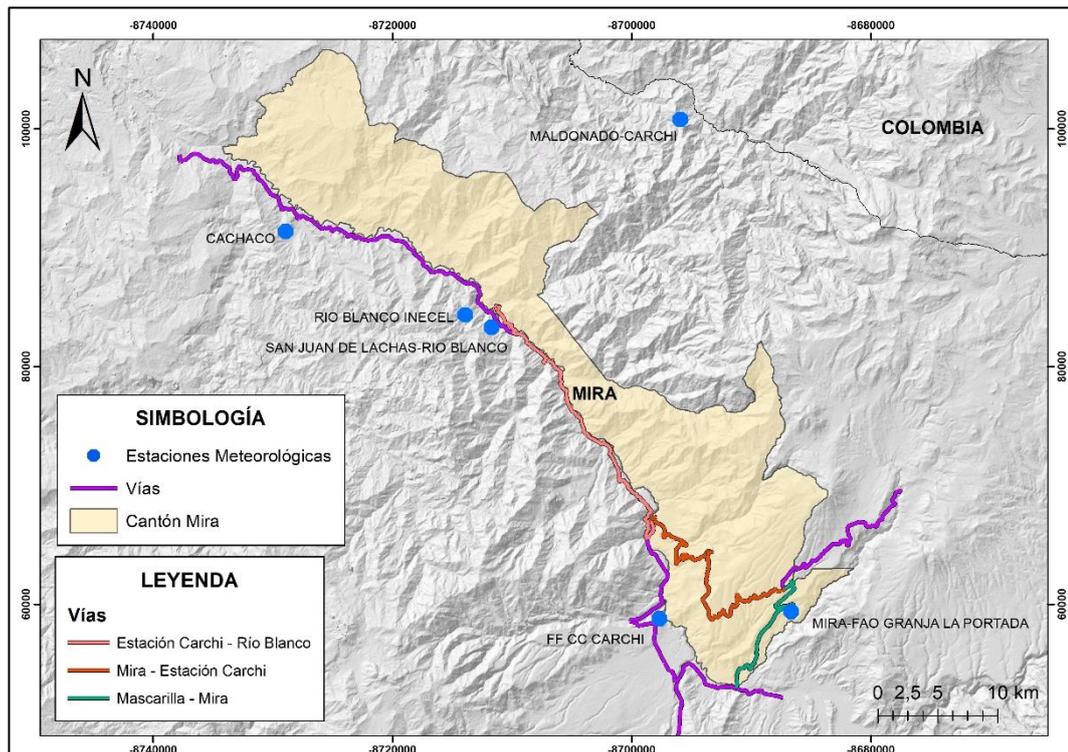


Figura 5. Estaciones meteorológicas consideradas en el estudio

Además, se interpoló datos de 6 estaciones meteorológicas para el mismo período de tiempo, para obtener la precipitación media anual, delimitados al área de estudio. Finalmente, se utilizó la media y la desviación estándar para la categorización de los cinco rangos de susceptibilidad, la suma y resta de una desviación estándar en la media estableció los rangos máximo y mínimo, mientras que los valores intermedios se generaron mediante intervalos.

- **Distancia a ríos**

El cantón Mira es propenso a presentar deslizamientos en las principales vías de acceso, sin embargo, no solo las vías se ven afectadas por este fenómeno natural, otras áreas como ríos y demás fuentes hídricas también son afectadas y provocan obstrucción y con ello daño ambiental. Con el DEM se generó un mapa que representa la proximidad a ríos, con la finalidad de determinar si los posibles deslizamientos pueden afectarlos.

3.3.3.3 Factores antrópicos

- **Cobertura y uso del suelo**

Varios atributos de la cobertura vegetal y los usos del suelo de la zona de estudio han determinado el funcionamiento de los ecosistemas terrestres que afectan directamente a su biodiversidad (Esteban et al., 2016). La información obtenida para el estudio de uso y cobertura del suelo es del año 2020 con una resolución de diez metros por píxel (Sentinel-2). Los datos fueron georreferenciados al sistema de coordenadas UTM, Zona 17 Sur, para el área de estudio del cantón Mira. Se clasificó en seis categorías: Bosque, cultivos, pastos, zonas sin cobertura vegetal, vegetación arbustiva y zona poblada.

La red vial se ha visto afectada a lo largo de los años por deslizamientos generalmente por una pendiente pronunciada con escasa cobertura vegetal. La densidad forestal o cobertura moderada presenta una alta susceptibilidad de deslizamientos, La cobertura vegetal tiene una red compleja de raíces que ayudan a reducir la probabilidad ante un deslizamiento y aumentar su resistencia.

Las cubiertas forestales actúan como un sistema complejo, al momento que uno de sus factores excede sus límites, todo el sistema tiende a desestabilizarse (Althuwaynee et al., 2014). Luego de identificar la influencia de los factores para

el mapa de cobertura vegetal se procede a realizar la representación cartográfica del uso del suelo. Para medir las áreas de cobertura vegetal fue necesario realizar un análisis mediante el coeficiente Kappa para evaluar el grado de exactitud de la clasificación.

3.3.4 Método de radiofrecuencia

Este método fue aplicado para determinar el valor ponderado de cada factor antes mencionado. La radiofrecuencia es una asociación cuantificada entre los inventarios y los factores independientes (Althuwaynee et al., 2014). La clasificación fue rectificada con base en el peso a partir de la frecuencia relativa, de la cual se obtuvo una nueva clasificación de los factores para el área de estudio. Este método utiliza la aplicación de factores detonantes, a través de la observación y distribución espacio temporal. De la medición de los indicadores morfodinámicos, se obtiene un área de deslizamientos de tierra en las vías de acceso (Dipecho, 2007).

3.3.5 Susceptibilidad a deslizamientos

Se evaluó las zonas de alta susceptibilidad cercanas a las vías de acceso, los resultados de esta evaluación se expresan de forma cartográfica mediante la zonificación del territorio (Mujica y Pacheco, 2013). Se divide el terreno en áreas homogéneas según rangos de peligrosidad (o susceptibilidad) actual o potencial causado por deslizamientos, se puede elaborar mediante procedimientos de la Evaluación Espacial Multicriterio (EEM), se consideraron una serie de factores que pueden estar involucrados, tales como, la geología de la superficie, la pendiente del terreno, la geomorfología, el uso del suelo, cobertura vegetal, precipitaciones (Roa, 2007). Se utilizaron las variables originales en formato raster (Tabla 6), para luego usarla en el Software ArcGIS 10.8.

Tabla 6. Ponderación de factores influyentes en la susceptibilidad a deslizamientos (RF)

	Factor	RF	RF %
1	Pendiente	3,293	329
2	Geología	1,857	189
3	Aspecto	1,663	166
4	Curvatura	1,000	100
5	Cobertura y uso del suelo	4,934	493
6	Precipitación	4,201	420
7	Distancia a ríos	1,345	134
8	Distancia a fallas geológicas	1,891	186

Se desarrolló la ecuación de susceptibilidad a deslizamientos (Tabla 6). Para el efecto se usa el enfoque estadístico bivariado por su capacidad de precisión lógica (Althuwaynee et al., 2014). Las variables mencionadas se utilizarán para generar cartografía, la suma está dada por el grado de influencia de cada variable en porcentaje, El modelo final obtenido se categorizó en tres niveles de susceptibilidad: baja, media y alta para el área de estudio.

La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$S = RF_{Pend} * 329 + RF_{Geo} * 189 + RF_{Aspc} * 166 + RF_{Curv} * 100 + RF_{Cveg} * 493 + RF_{Prec} * 420 + RF_{DR} * 134 + RF_{DFG} * 186$$

Donde:

S: Susceptibilidad

RF_Pend: Factor de radiofrecuencia para pendiente del terreno

RF_Geo: Factor de radiofrecuencia para geología del terreno

RF_Aspc: Factor de radiofrecuencia para aspecto

RF_Curv: Factor de radiofrecuencia para curvatura

RF_Cveg: Factor de radiofrecuencia para cobertura vegetal

RF_Prec: Factor de radiofrecuencia para precipitación media anual

RF_DR: Factor de radiofrecuencia para distancia a ríos

RF_DFG: Factor de radiofrecuencia para distancia a fallas geológicas

3.3.5.1 Curva ROC

Para la validación del modelo de susceptibilidad se fijó un total de 25 puntos identificados en el registro de deslizamientos, de los cuales se usó como verdaderos positivos (VP) al número de deslizamientos demostrados y verdaderos negativos (VN) al número de puntos en donde no se evidenciaron deslizamientos (Figura 8). Se determinó la especificidad del modelo luego del análisis de la información (Amorim et al., 2009). Para la aplicación de la curva ROC se consideró el número de deslizamientos que se suscitaron en el cantón. Los parámetros por usar en el trazo de la curva ROC, se distribuyen en el eje Y 1-sensibilidad y en el eje X 1-especificidad. El resultado se observa al obtener el área bajo de la curva, por lo que, su valor debe ser mayor a 0.7, este indica que el modelo tiene capacidad predictiva, si el valor es menos a 0.7 indica que el modelo no tiene capacidad predictiva (Cerdeira y Cifuentes, 2012).

Para la validación y verificación del modelo predictivo de deslizamientos, Chung y Fabbri (2003) recomiendan el uso de la curva success-rate para la comparación de los deslizamientos identificados en el área de estudio con base para validar el modelo cartográfico de susceptibilidad a deslizamientos.

3.3.6 Determinación de zonas vulnerables en las vías

Se realizó un diagnóstico sobre el estado de vulnerabilidad de las principales vías de acceso al cantón para establecer políticas que fortalezcan la preparación frente a desastres naturales y así promover el desarrollo sostenible de la zona (Moreno, 2010). Se ha identificado que el estudio de vulnerabilidad es un factor esencial para el análisis de riesgos (Codazzi, 2013). Por tal motivo, se identificaron los factores de vulnerabilidad que inciden en la susceptibilidad de las vías. Se evaluó en forma cualitativa la vulnerabilidad física estructural de redes vitales, basado en una calificación de las características de las estructuras frente a amenazas de origen natural.

Los factores de mayor influencia en la vulnerabilidad se han identificado a través de cartografía específica (Codazzi, 2013). Esto se realizó mediante una matriz en la que se determinó una posición entre la susceptibilidad y vulnerabilidad (Tabla 7), el riesgo da a conocer las zonas más propensas y las que van a ser más afectadas.

Tabla 7. Matriz de cálculo del nivel de vulnerabilidad

Total	Importancia
> 66	Alta
33 – 66	Moderada
0 - 33	Baja

Fuente: Codazzi, 2013

Los valores ponderados utilizados para la clasificación de la vulnerabilidad vial considerando tres aspectos importantes que son: estado de revestimiento, mantenimiento y estándares de diseño y construcción (Tabla 7).

Tabla 8. Tabla de Calificación de Vulnerabilidad Física de Redes Vitales – Sistema de vialidad

Factor de vulnerabilidad	Variable de vulnerabilidad	Indicadores	Amenaza					Valores	Ponderador sísmico		Ponderador inundación		Ponderador Volcánico		Ponderador volcánica			
			Sísmica	Inundación	Deslizamientos	Volcánica Lahar / flujo lodo	Volcánica ceniza		Valor máximo	Valor máximo	Valor máximo	Valor máximo	Valor máximo	Valor máximo				
Red Vial	Estado de revestimiento	Bueno	1.00	1	0	1	0	0										
		Regular	5.00	5	5	5	5	5	2	20	2	20	2	20	3	30	1	10
		Malo	10.00	10	10	10	10	10										
	Mantenimiento	Planificado	1.00	1	0	1	0	0										
		Esporádico	5.00	5	5	1	5	5	3	30	3	30	4	40	2	20	5	50
		Ninguna	10.00	10	10	5	10	10										
	Estándares de diseño y construcción	Aplica la normativa MOP 2002	1.00	1	1	1	0	0										
		Versión anterior al 2002	5.00	5	5	5	5	5	5	50	5	50	4	40	5	50	4	40
		No aplica normativa	10.00	10	10	10	10	10										
								100	100	100	100	100	100	100	100			

3.3.7 Evaluación del riesgo a deslizamientos

Se realizó una sobre posición entre la susceptibilidad y vulnerabilidad a través de una matriz (Tabla 9). La determinación del riesgo ayuda a identificar las zonas mayormente expuestas a deslizamientos y las que van a resultar afectadas en su infraestructura.

Tabla 9. Análisis de las variables que intervienen en la vulnerabilidad

		Susceptibilidad		
		Alto	Medio	Bajo
Vulnerabilidad	Alto	Alto	Alto	Medio
	Medio	Alto	Medio	Medio
	Bajo	Medio	Bajo	Bajo

3.3.8 Medidas de gestión de riesgos

Para proponer medidas de prevención y reducir el riesgo en vías de acceso a las diferentes parroquias que forman parte del cantón Mira, se identificaron factores de mayor influencia a través de mapas que indican principalmente la distancia a vías para determinar el riesgo a partir del análisis de la susceptibilidad y vulnerabilidad (PNUD, 2017). Se establecieron estrategias basadas en el artículo 140 del Código Orgánico de Organización Territorial, el cual menciona las competencias de la gestión de riesgos y sus acciones.

Para aplicar medidas conjuntas que mejoren las condiciones viales de la población, se realizó una matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), Las fortalezas y debilidades en la matriz FODA, son factores internos controlables mientras que los factores externos son aquellos no controlables es decir oportunidades y amenazas (Posso, 2013). Para el diseño de estrategias de gestión de riesgos de deslizamientos dentro del cantón Mira para brindar un resumen más conciso y resumido de los resultados, cada actividad planteada en este estudio permite realizar un análisis y a su vez crear una matriz del ciclo de gestión de riesgos justo al análisis FODA.

Se priorizó acciones de prevención y mitigación ante amenazas de deslizamientos. Para el cumplimiento del objetivo se analizó el grado de susceptibilidad cantonal y el nivel de vulnerabilidad de las vías para obtener el riesgo vial del cantón. El estado del riesgo muchas veces corresponde a condiciones climáticas o geología del suelo. La gestión de riesgos busca implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades para reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales (Figura 6).

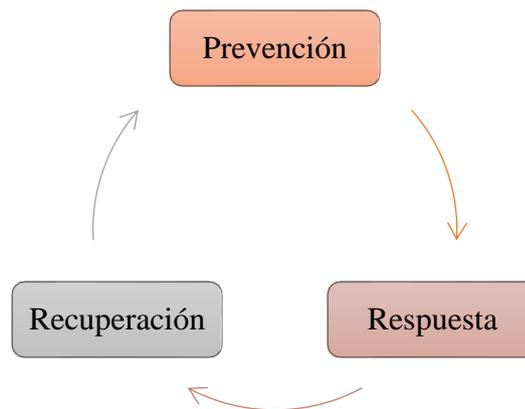


Figura 6. Conceptualización de la gestión de emergencias y desastres

El ciclo de riesgos presenta etapas y fases que permiten identificar los posibles riesgos a los cuales se enfrenta determinado territorio y de esa manera desarrollar medidas que permitan minimizar o eliminar los riesgos. Dentro del ciclo de gestión de riesgos como primer punto está la prevención que se basa en realizar actividades previas a la ocurrencia de un evento con el fin de evitarlo, suprimirlo o reducir al máximo los impactos negativos. Luego está la etapa de respuesta en donde se debe desarrollar las actividades de atención y control de cualquier evento, se deben llevar a cabo inmediatamente iniciado el evento para reducir el impacto y por último se encuentra la fase de recuperación que tiene como fin la rehabilitación y reconstrucción de los daños físicos, sociales y económicos (Aguilera, 2017).

3.4 Esquematización de metodología

Se presenta en la Figura 7 el esquema resumido de la metodología empleada en el estudio.

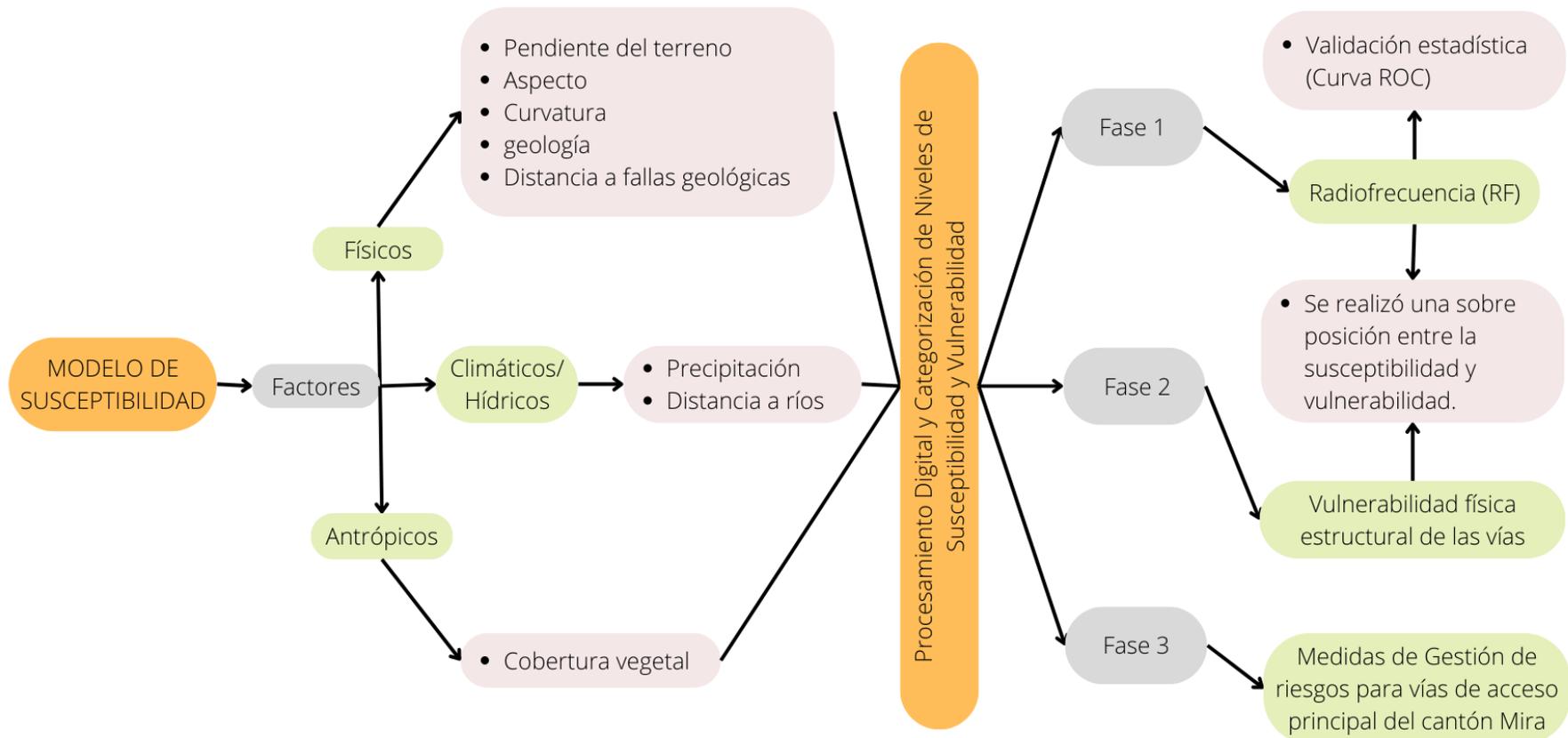


Figura 7. Esquematización de metodología

3.5 Materiales y equipos

Los equipos tecnológicos y materiales que se utilizó en la investigación (Tabla 10).

Tabla 10. Equipos y materiales para la investigación

Equipos	Materiales
Computadora portátil	Libreta de campo
GPS Spectra mobilemapper 50	
Cámara fotográfica	
Software ArcGIS 10.8	

Capítulo IV

Resultados y Discusión

4.1 Incidencia de factores físicos, climáticos, hídricos y antrópicos en la susceptibilidad a deslizamientos

Los resultados del análisis de la variación de los factores junto con el trabajo en campo, fue útil para evaluar los distintos criterios y variables de deslizamientos. Se determinó el estado de riesgo a deslizamientos en las vías del cantón Mira. Luego de haber aplicado el método de Radiofrecuencia la variación en los factores con mayor incidencia fueron la pendiente, la geología y cobertura y uso del suelo. El resto de las variables tomadas para el modelo tienen menor incidencia como la curvatura, aspecto y distancia a ríos, distancia a fallas geológicas.

4.1.1 Pendiente (RF)

En el cantón Mira (Figura 8) se observa la reclasificación de la pendiente en 4 clases de acuerdo con la morfología, las cuales van de 0 a 60%. La predominancia de la pendiente está identificada de color rojo considerada como una pendiente escarpada por su inclinación abrupta, representa una susceptibilidad a deslizamientos muy alta, con una variación de colores donde la pendiente es menos inclinada significando una susceptibilidad baja y media que muestra las categorías respectivamente.

Tabla 11. Reclasificación de la pendiente (Valor ponderado)

Factor	Factor clases	No. De puntos	RF	Reclasificación
Pendiente	0 - 5	0	0	0
	5 - 12	0	0	0
	12 - 25	100	0,124	4
	25 - 60	2400	0,292	43
	> 60	1400	0,529	53
		3900	1	

De los datos utilizados para la reclasificación del ráster (Tabla 11), se obtiene la información a aplicar en la fórmula de susceptibilidad de deslizamientos, luego de su respectivo cálculo.

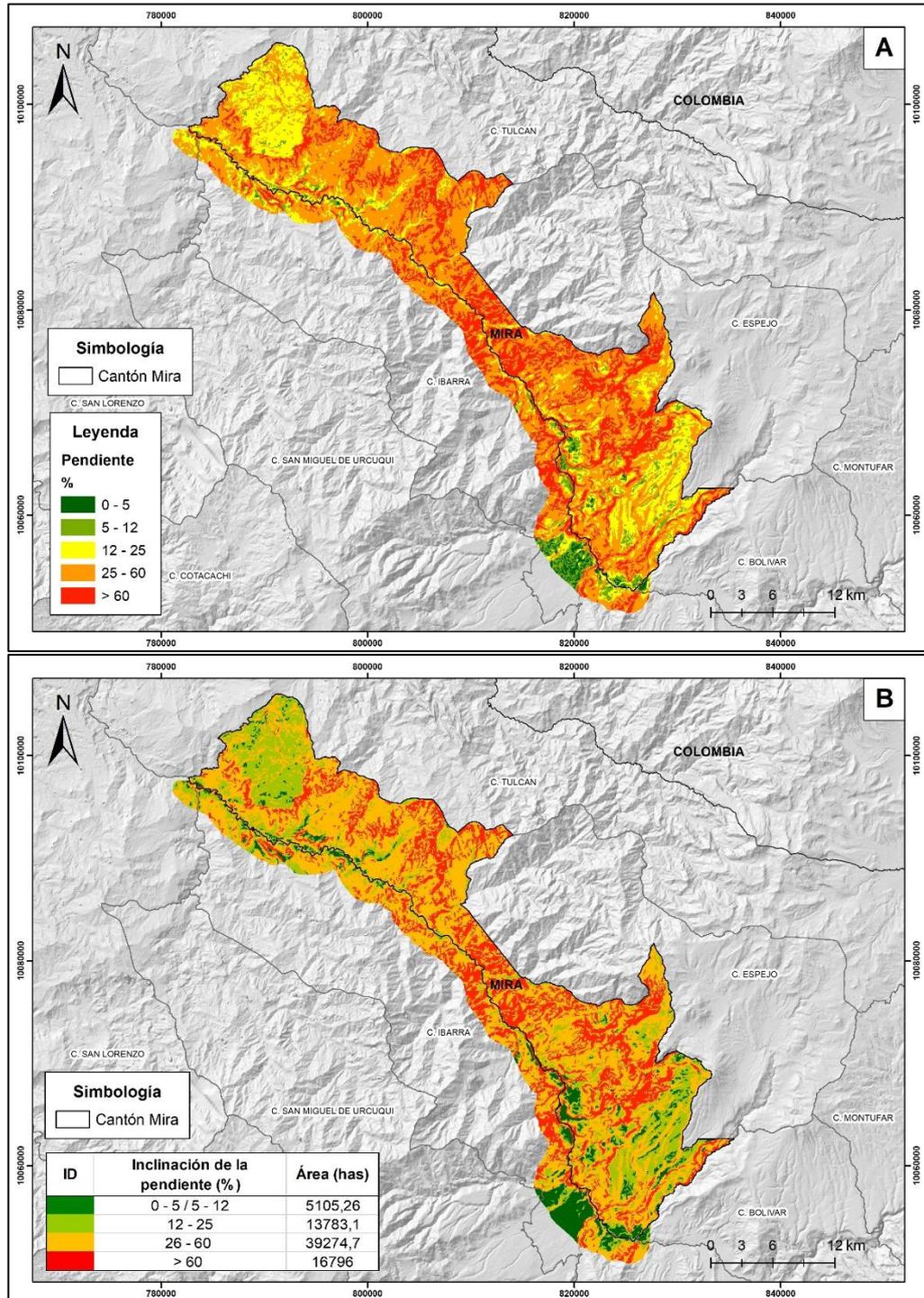


Figura 8. Pendientes del terreno. A) cantón Mira; B. Rangos de pendiente de deslizamientos luego de la aplicación del método radiofrecuencia.

Moreno (2010) reclasificó la pendiente en cinco rangos como los mencionados para el proceso de creación de cartografía de pendientes. Identificó que, en las zonas con mayor porcentaje de inclinación, es decir abruptas montañosas tiene un mayor porcentaje de deslizamientos dentro del área de estudio. Al contrario, las zonas identificadas con pendiente plana o ligeramente ondulada no se presencia deslizamientos. Considera un factor esencial para el análisis de susceptibilidad del área de estudio.

4.1.2 Aspectos geológicos (RF)

En la formación geológica del cantón Mira se encontró rocas ígneas volcánicas, depósitos sedimentarios, sedimentos volcánicos, conglomerados y piroclastos, cuya composición infiere en la susceptibilidad a deslizamientos, genera inestabilidad. Se considera que la geología es un factor importante para el análisis de susceptibilidad por lo que luego de aplicar el enfoque estadístico de la radio frecuencia (Tabla 12).

Tabla 12. Reclasificación de la geología (Valor ponderado)

Factor	Factor clases	No. De puntos	RF	Reclasificación
Aspectos geológicos	Depósitos sedimentarios	2400	0,299	30
	No aplicable	0	0	0
	Piroclastos	400	0,21	21
	Flujos de lavas	0	0	0
	Roca ígnea plutónica	0	0	0
	Roca ígnea volcánica	200	0,107	11
	Roca sedimentaria Detrítica-C	600	0,144	14
	Sedimentos	300	0,241	24
		3900	1	

Según el análisis predominan las rocas ígneas volcánicas junto con los sedimentos volcánicos (Figura 9). Su valor luego del procedimiento RF es cero y se puede definir que en la zona con esta composición existe una baja susceptibilidad a deslizamientos a diferencia del resto de composición y su valoración.

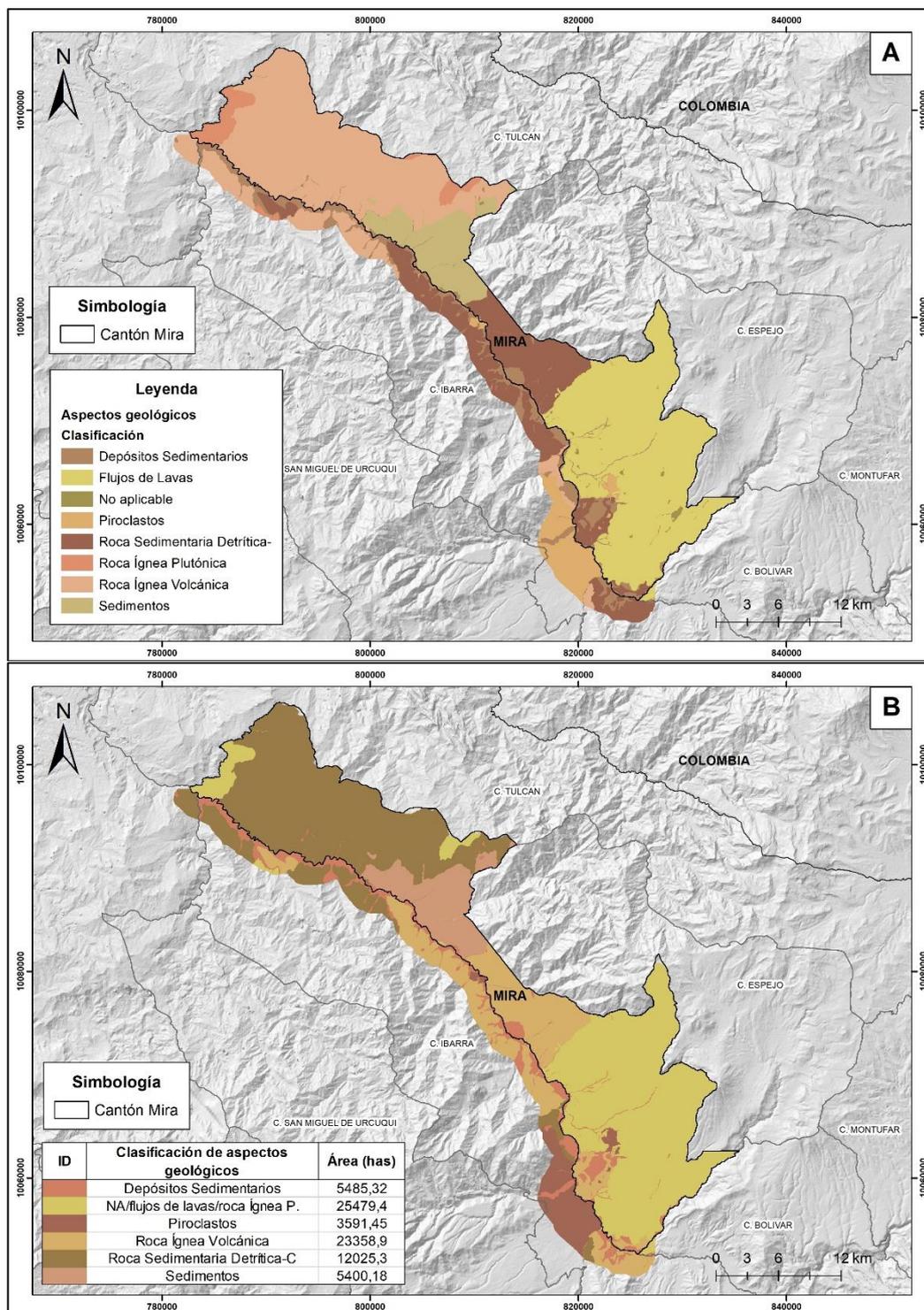


Figura 9. Geología del terreno. **A)** Cantón Mira; **B)** Tipos de geología que influyen en deslizamientos luego de la aplicación de la Radiofrecuencia.

Ruiz (2020) afirma, la clasificación de las rocas se realiza de acuerdo con el análisis del suelo, identificando los tipos y clasificación las rocas según su

resistencia y su composición. El autor hace referencia a que las rocas ígneas volcánicas causan, en mayor parte, deslizamientos por su fragmentación y con ligeros movimientos en masa ocasionados por causas antrópicas o fenómenos naturales. El factor de la geología es considerado de gran influencia en movimientos en masa, por lo que su representación en el modelo influye para la identificación del nivel de susceptibilidad del área de estudio.

4.1.3 Cobertura y uso del suelo

El área de estudio se encuentra en diferentes pisos altitudinales por lo que existe una evidente diferenciación en la cobertura vegetal del cantón. Se utilizó seis clases de cobertura vegetal entre ellas: bosques, cultivos, pastos, sin cobertura vegetal, vegetación arbustiva y zona urbana (Tabla 10). En las zonas sin coberturas vegetal existe un 68% de riesgo ante deslizamientos. Mientras que en zonas con cultivos y las zonas urbanas no existe ningún riesgo, por lo que no se consideran zonas vulnerables.

Tabla 13. Reclasificación de cobertura y uso del suelo (Valor ponderado)

Factor	Factor clases	No. De puntos	RF	Reclasificación
Cobertura y Uso del Suelo	Bosque	0	0	0
	Sin cobertura vegetal	2100	0,79	79
	Vegetación arbustiva	0	0	0
	Pastos	100	0,02	2
	Zona poblada	0	0	0
	Cultivos	1700	0,19	19
		3900	1	

Se identifican claramente las diferentes clases de cobertura vegetal por colores específicos (Figura 7). Se validó el mapa de cobertura y uso del suelo mediante la aplicación del índice Kappa con un valor de 0,79. En un ecosistema similar, Ortega Chuquín y Arias Muñoz (2022) obtuvieron un índice de Kappa similar de 0.79, lo cual según los autores es equivalente al 83.33% de precisión, representando una fuerza de concordancia entre la realidad y lo modelado de “Casi considerable”.

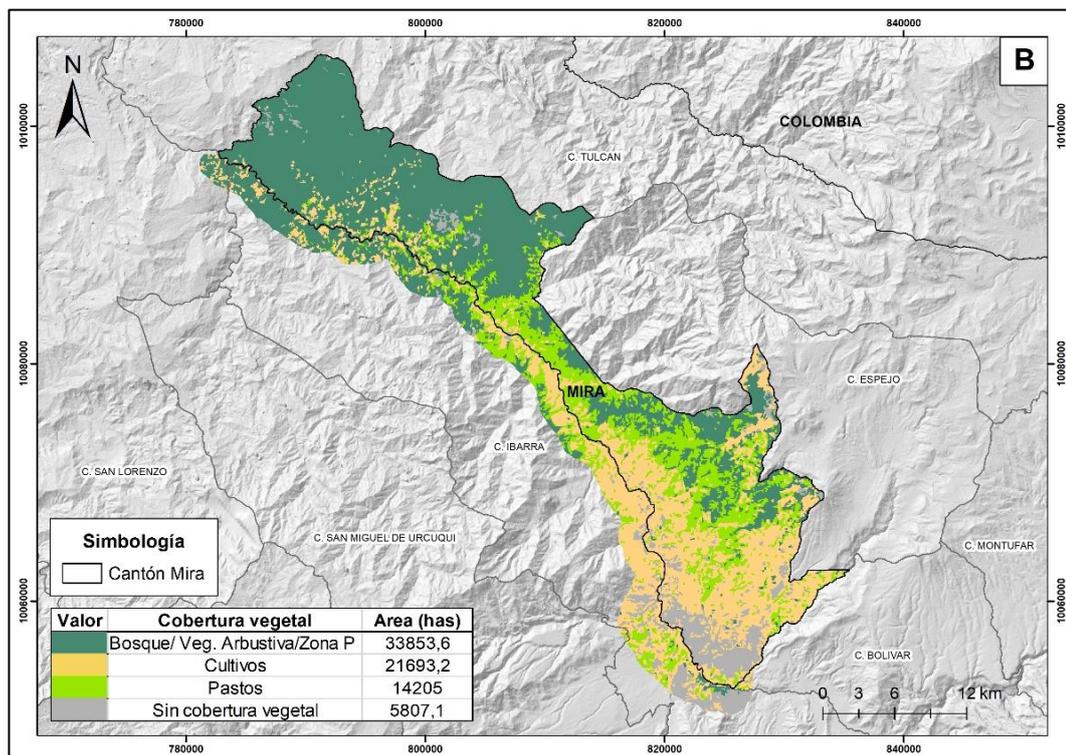
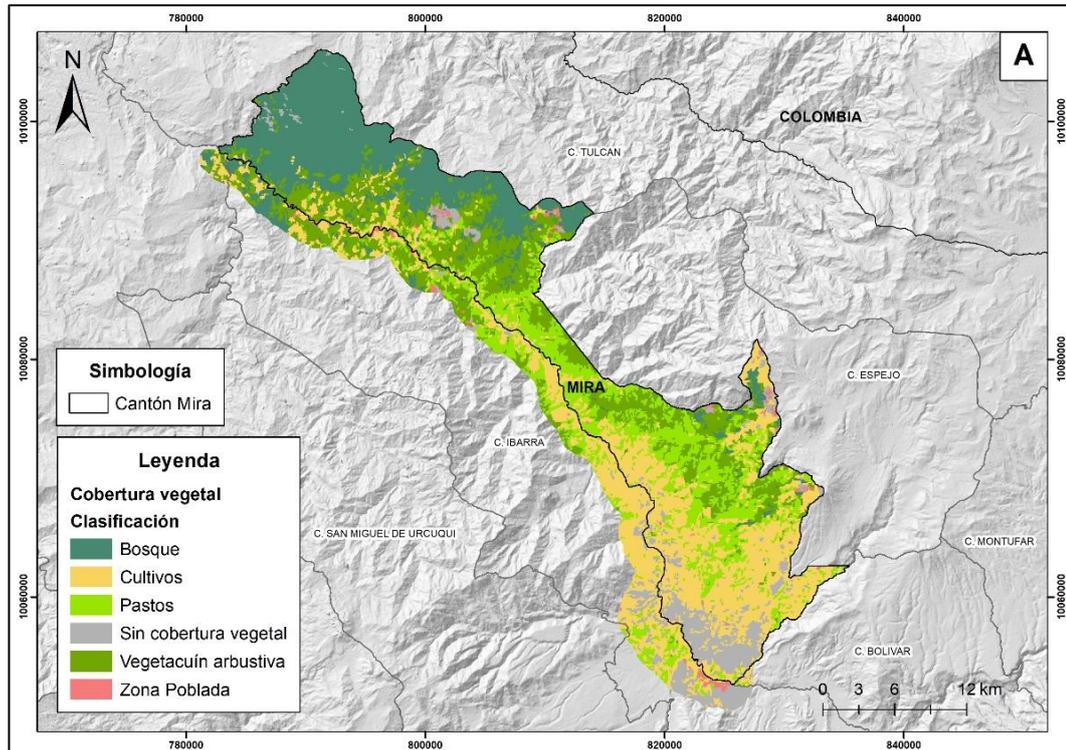


Figura 10. Cobertura vegetal del terreno. **A)** cantón Mira; **B)** Tipos de coberturas identificadas luego de la aplicación de la Radiofrecuencia.

Se ha considerado las variables antes mencionadas debido a que tienen alta incidencia en el estudio. Hofer y Warren (2009) identifican los factores y los establece como mecanismo principal para la evaluación de susceptibilidad de la zona y para la reducción del riesgo cantonal; realizaron cartografía temática de susceptibilidad a deslizamiento y se consideró la exposición de elementos territoriales (Pozo, 2017).

Se determinó que la superficie con baja cobertura vegetal origina la susceptibilidad a deslizamientos, debido al nivel de alteración de la zona. En los espacios donde están ubicados los poblados, cuerpos de agua, vegetación natural, no existe susceptibilidad a diferencia de los sitios con procesos de erosión o totalmente sin cobertura vegetal, donde la alteración ocasionada por la última variable indicada ha generado que el nivel de susceptibilidad sea alto.

Chung y Fabbri (2003) mencionan que las zonas afectadas por el grado de amenaza alta de deslizamientos se encuentran asociadas principalmente a relieves montañosos, relieves colinados muy altos, los cuales están asociados litológicamente a sedimentos volcánicos, tobas silicificadas intercalados con lavas silicificadas y también lutitas negras. Estas zonas poseen pendientes predominantes y presentan una cobertura vegetal asociada a pasto cultivado, vegetación húmeda medianamente alterada, vegetación herbácea húmeda moderadamente alterada.

Las zonas con grado medio de amenaza ante deslizamientos se encuentran en la parte central y suroriental del cantón, están asociadas principalmente a relieves colinados altos y; muy altos. Poseen una cobertura vegetal asociada a: matorral húmedo poco y muy alterado, vegetación herbácea seca muy alterada, matorral seco muy alterado y; cultivos de fréjol. La zona con grado de amenaza baja de deslizamientos se encuentra distribuida al norte y sur oriente del cantón.

4.2 Susceptibilidad a deslizamientos

En concordancia con la metodología empleada para la susceptibilidad, se clasificó en tres niveles para deslizamientos: baja, media y alta. Se identificaron las zonas con un alto grado de susceptibilidad (Tabla 11), las mismas que generan las condiciones necesarias para que se produzcan los deslizamientos. La combinación de los factores luego de ser mezclados y tomando en cuenta los pesos relativos calculados en la ecuación, permiten conocer con exactitud los porcentajes de susceptibilidad dentro del área de estudio; los factores también han sido elementos capaces de modificar la estabilidad del suelo, produciendo deslizamientos o ayudando a evitarlos. Además, se consideró el cálculo de la susceptibilidad como elemento esencial para la obtención del riesgo vial.

Tabla 14. Áreas susceptibles a deslizamientos del catón Mira

Susceptibilidad a deslizamientos	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Baja	35974,4	62,11
Media	15332,4	26,47
Alta	6611,18	11,41
Superficie total	57917,98	100

Se consideró ocho factores que inciden en la susceptibilidad (Figura 11). A partir de la cartografía se identifica los niveles de susceptibilidad, a una escala de 1:350.000. Los datos categorizados indican un alto estado de susceptibilidad antes amenaza en tres tipos: baja, media y alta con su respectivo color.

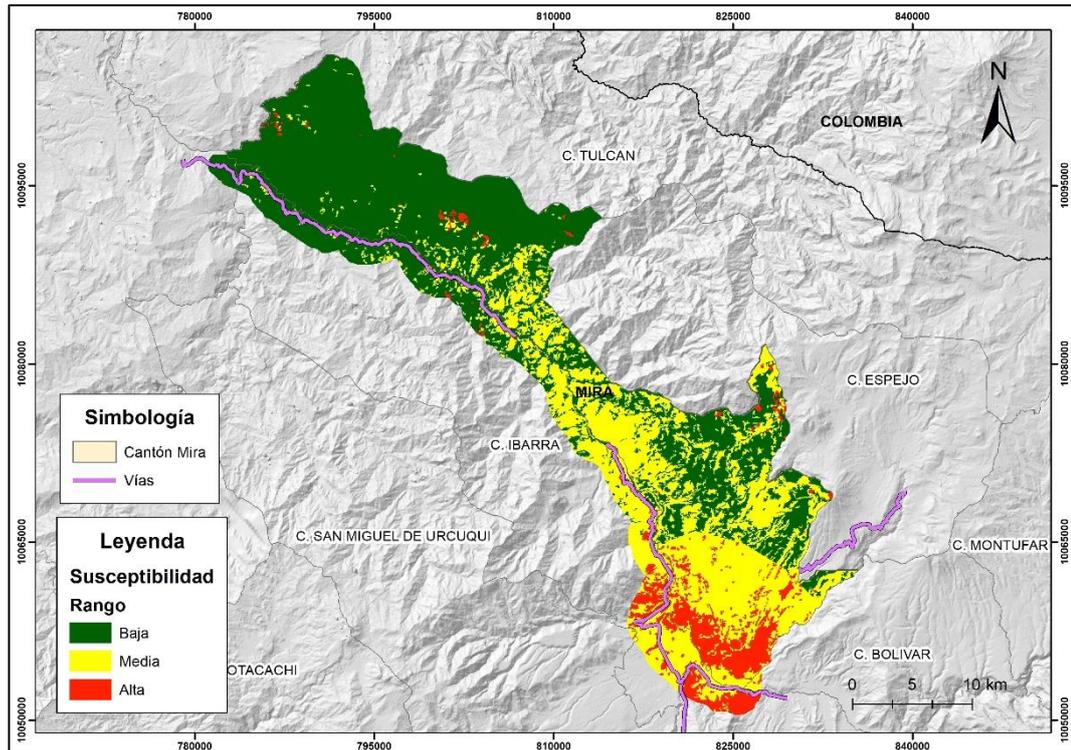


Figura 11. Susceptibilidad del cantón Mira

El mapa de susceptibilidad resultante indica los rangos que se han determinado, por lo que, se ha comparado con otro realizado en las vías de primer orden de la cuenca baja del río Apaquí (Yalcin et al., 2011). En ese estudio, el mapa muestra un riesgo mayor de deslizamientos, al usar los mismos pesos en todas las zonas con los mismos factores. Se puede afirmar que la suma ponderada de los factores tiende a suavizar la influencia de los valores extremos dentro del cálculo de la susceptibilidad. Los deslizamientos superficiales cubiertos por cultivos resultaron ser más representativos, tal como lo encontraron autores como Vennari et. al. (2014) y Trigila et. al. (2015) en las regiones de Calabria y Sicilia en Italia. Las zonas con susceptibilidad alta únicamente representan el 11.41% de la superficie del cantón y se ubican principalmente en la región sur. Estas zonas presentan tasas de erosión de acuerdo con lo encontrado por Arias-Muñoz et. al. (2022) quienes identificaron que la cuenca hidrográfica del río Mira presenta en general tasas de erosión alta en su zona central justo donde se ubica el cantón.

Western (2012) encuentra que el método de radiofrecuencia acierta con más del 90% en la predicción de deslizamientos en las clases consideradas para la susceptibilidad. Sin embargo, al igual que en el método de Mora-Vahrson, se requiere la aplicación cartográfica para su evaluación, de forma independiente la cartografía de deslizamientos evaluada en el estudio presenta resultados reales luego de la aplicación de la radiofrecuencia en la que se utilizan diferentes pesos obtenidos de varios tipos de factores influyentes en la susceptibilidad. Por lo tanto, luego de la aplicación del método se obtiene un resultado útil para generar una cartografía preliminar de susceptibilidad de deslizamientos (Roa, 2007).

4.2.1 Curva ROC

El programa estadístico SPSS arrojó un valor de 0,83 en el área bajo la curva, lo cual, valida el modelo, con un intervalo de confianza de 0,5. En la Figura 12 se evidencia la variación de los puntos dentro del análisis para obtención de la curva ROC.

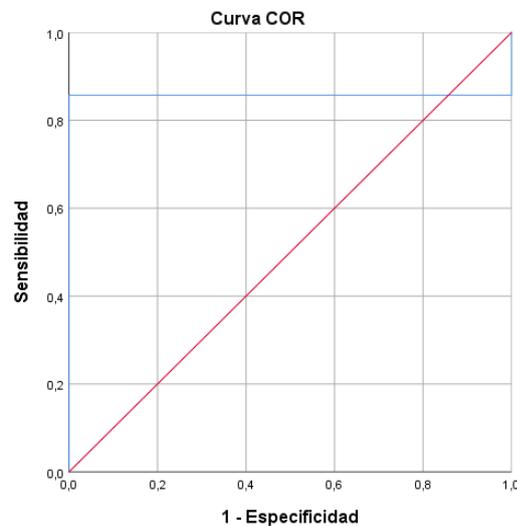


Figura 12. Curva ROC

Para la validación y verificación del modelo predictivo de deslizamientos, Chung y Fabbri (2003) recomiendan el uso de la curva ROC para la comparación de los deslizamientos identificados en el área de estudio con base para validar el modelo cartográfico de susceptibilidad a deslizamientos (Figura 13).

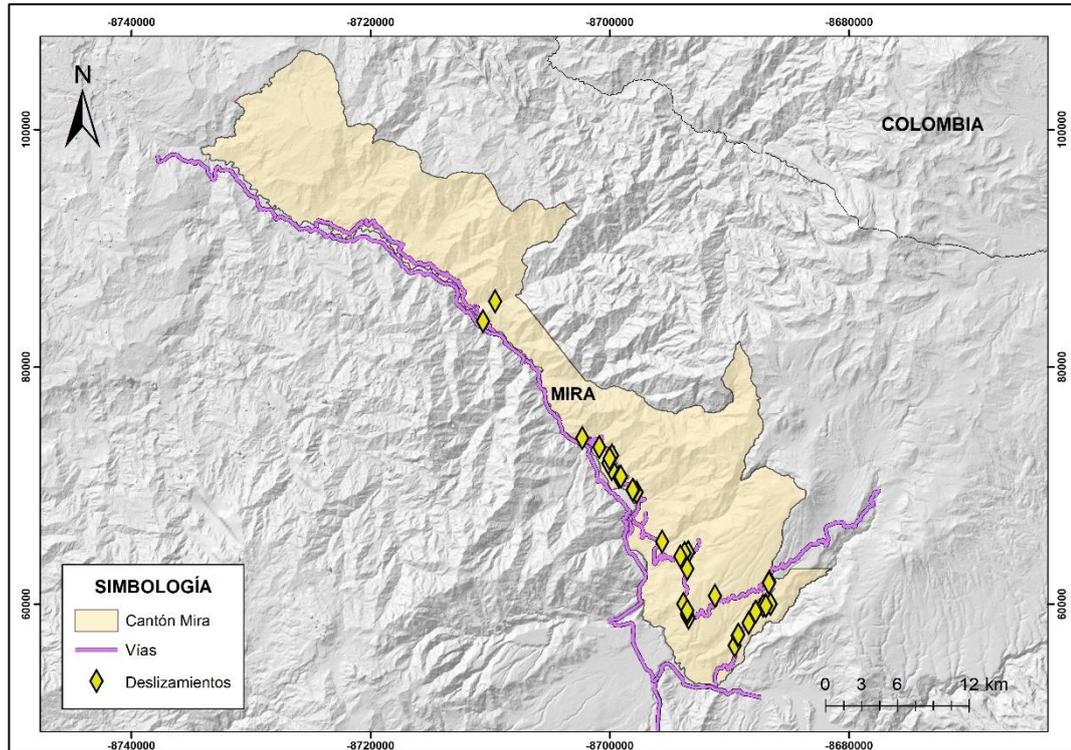


Figura 13. Puntos de deslizamientos para validación

4.3 Zonas vulnerables a deslizamientos en las vías de acceso al cantón Mira

Se encontraron tres tipos de vulnerabilidad en el área de estudio. La vulnerabilidad alta representa 52 % del total de las vías, vulnerabilidad media del 34 %, vulnerabilidad baja del 14 %. El grado de vulnerabilidad alto se encuentra asociado a las unidades geomorfológicas de relieves colinados. La vulnerabilidad está influenciada por la geología montañosa, topografía muy agreste y pendientes.

En el cantón Mira se evidencia que los deslizamientos en las vías aumentan la vulnerabilidad de la zona (Figura 14). Los deslizamientos incrementan por influencia de la lluvia, que asociado a los factores descritos provocan permanentemente caídas de material rocoso en las distintas vías de conexión Inter parroquial, así como en la vía a San Lorenzo.

Las zonas vulnerables se encuentran en las vías principales a las que conectan los poblados. Dentro de la red vial evaluada se definió a las vías principales por su importancia, así mismo, se consideró un tramo de la vía Salinas – San Lorenzo con una vulnerabilidad media, la cual forma parte de las vías de acceso al cantón uniendo dos poblados (Estación Carchi y Río blanco). Las vías son consideradas vulnerables en un nivel alto por

Las vías se utilizan para servir al tráfico de recorridos intermedios o regionales, requiriendo de estándares geométricos adecuados para cumplir esta situación (MTO, 2001). Al igual que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, dispone de cartografías, bases de datos e inventarios que identifiquen claramente estas vías, tanto para la evaluación del cantón Mira como para el resto del Ecuador las mismas que físicamente contarán con una señalización vertical distintiva codificada de jurisdicción y funcionalidad.

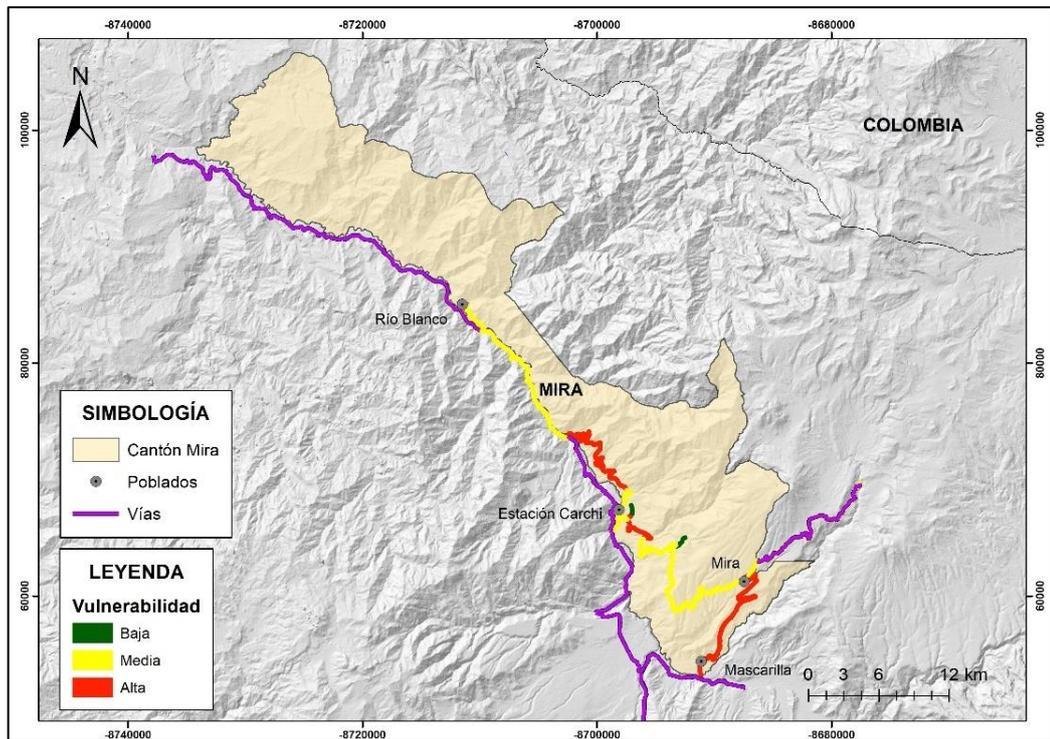


Figura 14. Vulnerabilidad vial de deslizamientos

La vulnerabilidad vial en gran parte de las vías evaluadas es media y alta, por lo que, el GAD Mira menciona que los factores que intervienen vuelven susceptibles

a la ocurrencia de sismos produciendo deslizamientos. Y el incremento de la vulnerabilidad vial afecta colateralmente a la sociedad, comunidad y los sistemas expuestos (infraestructura, servicios ecosistémicos y sistemas de vialidad).

La vulnerabilidad vial determinada en el estudio ayuda a determinar la conservación de taludes, de acuerdo con el mantenimiento vial que se debe realizar conservando los taludes de forma predictiva o correctiva para evitar deslizamientos (SNGR, 2011). El nivel alto de vulnerabilidad relacionado con el sostenimiento del sistema de vialidad y la fragilidad generada por estándares de diseño y construcción, ayudan a identificar si el sistema se diseñó después de la norma promulgada por el Ministerio de Obras Públicas en el año 2002, al igual que en el cantón Cayambe se promulgó una normativa para la construcción de las vías de comunicación a nivel nacional. Se debe determinar si los elementos del sistema cumplen con lo establecido por esta norma. Se determina el estado general del sistema de vialidad, debe presentarse como resultado una categoría de bueno, regular o malo.

4.4 Riesgo a deslizamientos en las vías de acceso al cantón Mira

De acuerdo con los parámetros evaluados para la red vial se obtuvo un riesgo alto del 43,21% identificado con color rojo (Figura 15). Además, se evidenciaron tramos viales que se encuentran libres de riesgo con un 16,5%. El sistema vial del cantón Mira se encuentra sometido a un alto riesgo, por lo que se propone medidas de gestión para mitigar en gran medida los riesgos de deslizamiento por causas naturales o antrópicas. Esta situación se agrava considerando que las vías que conectan internamente al cantón son de segundo orden, siendo la vía Mira - Estación Carchi (87) con una longitud de 21 km su principal eje conector interno. Esto a diferencia de la ciudad de Ibarra, otra ciudad interandina, donde la conexión vial es de manera centralizada, un 55% es de primer orden y está poco expuesta a deslizamientos (Arias Muñoz, 2014).

El análisis del riesgo se obtuvo de la suma de susceptibilidad, en la cual incidieron 8 factores, con información bibliográfica sobre la vulnerabilidad. La ocurrencia de futuros deslizamientos se originará por las condiciones y procesos

producidos en el cantón Mira. La pendiente, la geología y la cobertura vegetal, fueron factores que incrementaron la susceptibilidad del cantón, mientras que los datos proporcionados sobre el diseño, construcción y mantenimiento vial aportaron a que el riesgo en las vías de acceso principal del cantón sea considerado alto.

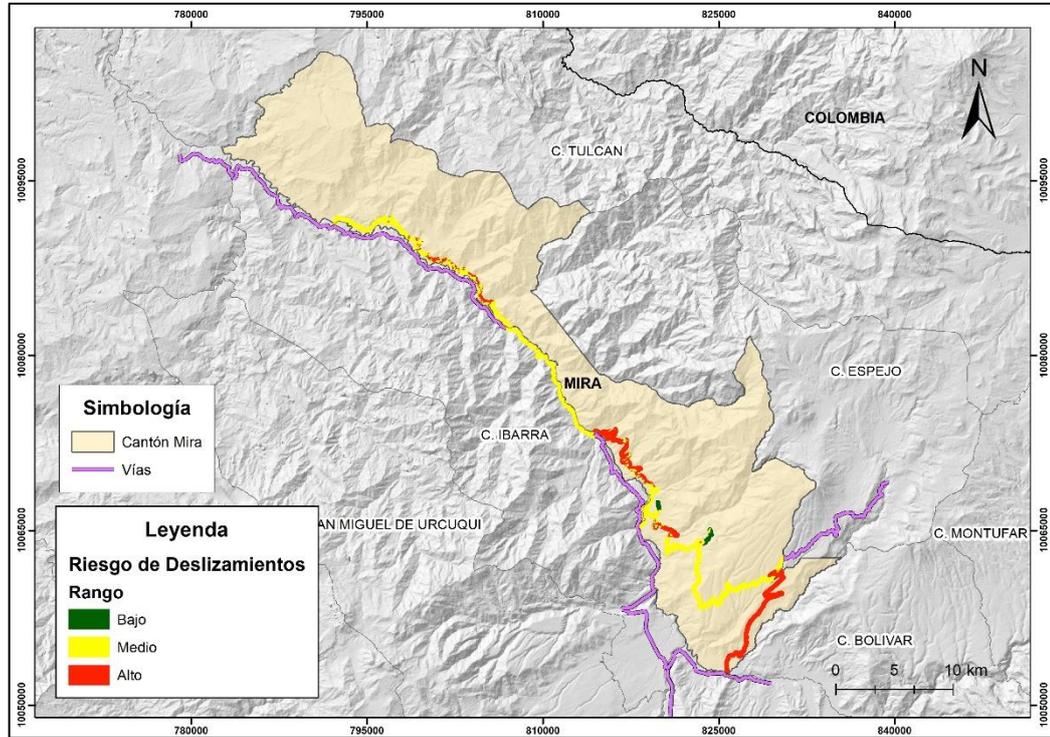


Figura 15. Riesgo de deslizamientos

Pozo (2017) indica con respecto a las vías que el riesgo se evidencia cuando la aplicación de técnicas de estabilización de laderas no está siendo ejecutadas durante el proceso de ampliación, en cumplimiento con la normativa vial vigente. A diferencia del cantón Ibarra que las técnicas observadas y la aplicación de métodos empleados en el análisis de riesgo de deslizamientos es la creación de barreras de retención de sedimentos, vallas de madera, sacos de arena y gaviones, medidas aplicadas en aquellas zonas en donde existen actividades agrícolas y principalmente donde se ubican viviendas (Ponce, 2017).

Además de la implementación de medidas de control en la vía Mascarilla – Mira evidenciando un solo talud, y la canalización de aguas lluvias en zonas en donde la topografía supere el 40% de la pendiente, este tipo de medidas pudo

observarse con mayor frecuencia a lo largo de tramo vial, pero no son suficientes para evitar los deslizamientos producidos en la vía.

4.5 Medidas de gestión de riesgos en las vías de acceso principal

A través de las medidas de gestión de riesgos a deslizamientos y con la información obtenida por la combinación de susceptibilidad con vulnerabilidad para analizar el riesgo de las vías del área de estudio, la solución será generar medidas para mejorar la problemática encontrada en el sitio y así poder remediar los problemas evidentes en el área de estudio, fortaleciendo las actividades y medidas de contingencia frente a posibles deslizamientos a partir del análisis FODA.

Fortalezas: Dentro del cantón Mira se observó que existen zonas con cobertura vegetal lo cual evita deslizamientos en las vías. Situación que se validó con el análisis cartográfico de cobertura. De igual modo se percibe que las precipitaciones están distribuidas por pisos climáticos los que inciden de manera constante en los deslizamientos viales. Se evidenció la existencia de una alta organización y participación de los poblados de la zona en el cuidado de las vías de acceso.

Oportunidades: Presenta apoyo por parte del GAD cantonal y los presidentes de las juntas parroquiales para la creación de actividades que puedan mejorar la calidad de la red vial de los poblados. Se verificó como una potencial oportunidad la capacitación de los centros poblados sobre la prevención y mitigación del riesgo.

Debilidades: Con base en los análisis del mantenimiento de las vías, se evidencia un descuido en el tramo Mascarilla – Mira, debido a que el mantenimiento es jurisdicción de la Prefectura del Carchi, viéndose afectada constantemente. Existe una distribución inequitativa de las responsabilidades viales, las cuales inciden en su cuidado. El GAD Mira no cuenta con planes de contingencia frente a

deslizamientos netamente viales. De igual forma el PDOT de Mira del año 2015, posee estudios generales a nivel cantonal de deslizamientos por lo cual hay un déficit en la elaboración de planes de contingencia.

Amenazas: Las comunidades del cantón Mira se encuentran en constante riesgo de deslizamientos, al producirse estas evasiones los poblados quedan incomunicados y carecen de servicios y alimentos que entran por estas vías, debido a la poca preocupación para sus mantenimientos las comunidades llegan a estar incomunicadas hasta 5 días. Además, los pobladores carecen de conocimiento para afrontar desastres como los deslizamientos por lo que surge la necesidad de implementar medidas de gestión y planes de contingencia frente a estos eventos, los cuales deben ser realizados por las distintas instituciones encargadas como: GAD Mira, cuerpo de Bomberos, la Prefectura del Carchi.

4.5.1 Estrategias para mejoramiento del riesgo vial.

La situación actual de deslizamientos en el cantón determina los problemas que son evidentes en la zona. Los deslizamientos en el área de estudio presentan inconvenientes a la población, evidenciando la falta de responsabilidad de los encargados públicos en la señalización de las vías. El cantón Mira tiene un relieve con pendientes pronunciados y una geología variada, esto ha provocado que exista un alto riesgo a deslizamientos en las vías y por lo tanto existe afectación a las personas que usan de manera frecuente la vía. Los resultados obtenidos mediante la aplicación de sistemas de información geográfica y varios datos obtenidos en campo ha permitido conocer el riesgo de la zona de estudio y el efecto negativo sobre las vías. Con la información obtenida genera una oportunidad para prevenir o reducir el riesgo del cantón Mira. Se plantea como prioridad la reducción del riesgo para evitar futuros incidentes con la población e incluso la pérdida material en las vías.

4.5.2 Estrategia 1: Reducción de la vulnerabilidad de las vías

La reducción de la vulnerabilidad de las vías surge como estrategia para detener y mitigar los impactos originados por deslizamientos, caracterizados por el deficiente mantenimiento vial del cantón. El proceso de reducir la vulnerabilidad tiene como ventaja el beneficio de la población al evitar daños materiales de sus vehículos (Plan de contingencia época lluviosa del cantón Mira, 2020).

La vulnerabilidad es considerada la incapacidad de resistencia cuando se presenta una amenaza, también se puede identificar como la incapacidad para reponerse después de un deslizamiento, por ende, se manifiesta como alternativa la reducción de vulnerabilidad para cumplir las necesidades de la población y por lo tanto la conservación del ambiente. La idea primordial de la estrategia es desarrollar análisis cartográficos para la identificación de la vulnerabilidad más alta en varios sectores viales, para reducir e identificar acciones espontáneas. Se realizará con el fin de abordar problemáticas sociales y ambientales, dando solución a las problemáticas cantonales y aportar a la mitigación de otros incidentes como su mantenimiento, revestimiento y diseño vial.

Objetivo general:

- ❖ Reducir la vulnerabilidad de las vías de acceso principal al cantón Mira.

Objetivos específicos:

- ❖ Establecer el procedimiento oportuno para reducir o prevenir los impactos producidos por deslizamientos viales en el cantón
- ❖ Proponer actividades de respuesta y recuperación para evitar los accidentes producidos por los deslizamientos que no son controlados a tiempo.

Tabla 15. Reducción de vulnerabilidad de las vías

Proyectos	Actividad	Alcance	Responsables
Prevenición de riesgos viales	<ul style="list-style-type: none"> • Formación del personal técnico y la ciudadanía para encargarse de manera oportuna ante el deslizamiento de la vía. • Inculcar en las personas el análisis de los conflictos socio ambientales, debate de alternativas y toma de decisiones para su resolución. 		
Respuesta ante eventos fortuitos producidos por los deslizamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar sistemas de alerta temprana para evitar daños estructurales o materiales de la ciudadanía. • Comunicar a las entidades responsables para obtener una solución inmediata. • Contar con un número celular específico para información de riesgos viales. • Acudir maquinaria o personas responsables con el fin de tener una reacción instantánea ante el deslizamiento. 	<p>Capacitar cada 3 meses al personal encargado de la prevención, respuesta y recuperación para mantener y recuperar el estado de las vías afectadas por deslizamientos, fortaleciendo el compromiso de las diferentes entidades junto con la población.</p>	<p>Prefectura del Carchi, GAD del cantón Mira, Policía del catón, bomberos y grupo municipal responsable del mantenimiento de vías.</p>
Recuperación espontánea y eficiente	<ul style="list-style-type: none"> • Rehabilitación total de la vía afectada para evitar riesgos futuros. • Evaluar los planes preparados para prevenir el desastre y reformular los mismos para actuaciones futuras. 		

4.5.3 Estrategia 2: Educación vial

La educación vial se manifiesta como una herramienta importante para la formación de la sociedad, con la educación se brinda conciencia sobre la importancia de conducir con cuidado en sitios identificados con riesgos y puedan realizar acciones en caso de afectaciones viales. Se imparte valores hacia todos los sectores con un enfoque oportuno y empleando diferentes recursos didácticos. Como estrategia permite contextualizar las problemáticas ambientales como aspectos claves para direccionar a un mejoramiento de la educación vial.

Es importante conocer acerca de educación vial, ya que está considerada como una serie de medidas y reconocimientos importantes al transitar en la vía pública. La educación vial corresponde a un conjunto de acciones orientadas a la enseñanza de las reglas, leyes y normativas que los peatones, conductores y pasajeros deben cumplir en la vía pública, por lo tanto, se debe implementar instrucciones sobre deslizamientos para que los usuarios puedan efectuar acciones que disminuyan el riesgo de daño a personas y bienes. También en la difusión de diversos instrumentos de planificación y políticas públicas, apertura de espacios de diálogo y debate, generación de niveles altos de concientización por parte de los involucrados, para cambiar concepciones y preconceptos erróneos.

Objetivo general:

- ❖ Implementar la educación vial en la ciudadanía para proponer medidas con beneficios a la población.

Objetivos específicos:

- ❖ Promover la concientización ante situaciones socioambientales, para reducir o prevenir los impactos producidos por deslizamientos viales en el cantón.
- ❖ Evaluar actividades de respuesta y recuperación vial para la población por medio de capacitación sobre deslizamientos en las vías.

Tabla 16. Educación vial

Proyectos	Actividad	Alcance	Responsables
Prevenición de riesgos viales	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a los integrantes del COE, en Gestión de Riesgos de deslizamientos viales. • Realizar un sistema de alerta temprana existente en la ciudad y quien es su responsable de activación eficaz durante el incidente. 		
Respuesta ante eventos fortuitos producidos por los deslizamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar y planificar las acciones, para comprometer recursos con los cuales se imparte educación por riesgos ambientales a la población. • Proporcionar servicios médicos emergentes según sea necesario, en coordinación con el GAD-M, Juntas Parroquiales. • En el caso de que el deslizamiento sea de gran magnitud, indicar a la población que no pierda la calma y suministrar alimentos durante el tiempo que se suscite el deslizamiento. • Acudir maquinaria o personas responsables con el fin de tener una reacción instantánea ante el deslizamiento, 	<p>La estrategia contempla la reducción del riesgo de deslizamientos, educando por un corto periodo de tiempo (1 mes) a las comunidades afectadas, para que su respuesta sea favorable y no perjudicial-</p>	<p>Técnicos del GAD MIRA, COE cantonal, población en general Policía del catón, bomberos y grupo municipal responsable del mantenimiento de vías.</p>
Recuperación espontánea y eficiente	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar revisiones constantes del peligro y vulnerabilidad para identificar nuevas amenazas o variación de estas que podrían requerir atención preventiva emergente. • Elaborar el Informe Final de Actividades y presentar al COE. En el caso de ser necesario se reformulará las medidas propuestas. 		

4.5.4 Estrategia 3: Reorganización de la señalética de advertencia de deslizamientos

La reorganización de las señales se utiliza ante la necesidad de implementar en lugares identificados con alto riesgo. Elaborar las señaléticas para prevenir riesgos de deslizamientos dentro de la red vial del cantón y ubicarlas en lugares estratégicos. Cabe mencionar que se pretende implementar bajo las normativas y leyes correspondientes ante estos eventos naturales, para integrar información primordial, que además de incluyan programas y proyectos técnicos con compromisos éticos y políticos.

La naturaleza proporciona algunas señales previas a la ocurrencia de un deslizamiento. Las más frecuentes son deformaciones y agrietamientos en la tierra, inclinación de los árboles, etc. También, los caminos presentan una serie de incidentes y obstrucciones viales, por lo que se puede identificar el sitio exacto para la implementación de señalización vial. Es importante que se aprenda a reconocerlas, para proteger su vida y la de su familia y, en lo posible, sus bienes. La finalidad de realizar esta implementación y mejoramiento de la señalización de deslizamientos en las vías no solo implica un trabajo conjunto de las autoridades, sino también con la población, contemplando una menor pérdida económica.

Objetivo general:

- ❖ Reorganizar la señalética de advertencia a deslizamientos para priorizar su ubicación e identificar de manera eficiente los sitios de implementación.

Objetivos específicos:

- ❖ Identificar las zonas específicas para reducir o prevenir los impactos producidos por deslizamientos viales en el cantón.
- ❖ Implementar mecanismos de respuesta para recuperar la señalética existente en varias partes de la zona, reduciendo la pérdida de bienes materiales de la población.

Tabla 17. Reorganización de la señalética de advertencia de deslizamientos

Proyectos	Actividad	Alcance	Responsables
Prevención de riesgos viales	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de cartografía para identificación de zonas con alto riesgo. • Identificación de zonas con alto riesgo y verificación de señalética en la zona exacta. 		
Respuesta ante eventos fortuitos producidos por los deslizamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Poner en conocimiento a las personas responsables, para evitar daños materiales a la ciudadanía. • Implementar señaléticas en lugares con mayor vulnerabilidad. • Los cierres de las vías se realizarán previa una evaluación y por disposición del presidente del COE. • Coordinar y ejecutar las acciones de atención con los organismos de apoyo especializados. 	<p>Se dará un mapa de la reorganización de la señalética para que las entidades responsables puedan ejecutar y evaluar la necesidad de implementar señalización en los sitios sugeridos para favorecer el tránsito que circula por las vías.</p>	<p>Prefectura del Carchi, Técnicos del GAD MIRA, COE cantonal.</p>
Recuperación espontánea y eficiente	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la evaluación inicial de los efectos producidos por el fenómeno natural en el Área • Identificar las causas antrópicas que infieren en los deslizamientos y que hacen su vulnerabilidad más alta. 		

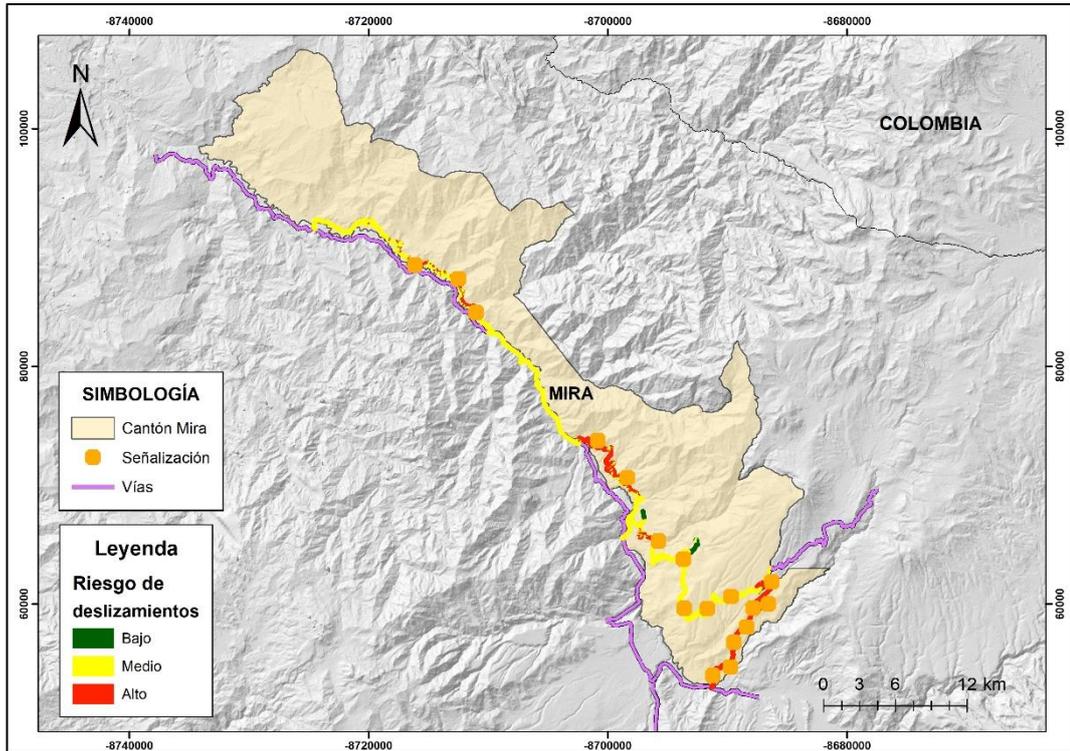


Figura 16. Reorganización de señalética de advertencia de deslizamientos

Se debe implementar señalización gráfica y explícita (Figura 17) para la representación exacta de los sitios donde se producen deslizamientos de manera continua.



Figura 17. Señalética de derrumbos viales

4.5.5 Estrategia 4: Rehabilitación de vías

El proceso de rehabilitación de vías se debe ejecutar mediante un procedimiento que se manejan dentro del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Mira. Se ha optado por la intervención en diferentes vías mediante la respuesta rápida y eficiente, con la evaluación y estudio previo, respecto a las características del deslizamiento y del estado de la vía. La falta de una estrategia de rehabilitación de deslizamientos permite formular una estrategia que incluya el impacto del deslizamiento con el estado de la vía, las cuales conectan a poblados importantes dentro del cantón Mira. El servicio proporcionado para los habitantes de la zona, comodidad, seguridad en su movilización con el fin de conservar y prevenir riesgos.

Los deslizamientos son eventos fortuitos que en general no pueden ser controlados, se crea una serie de actividades que el GAD junto con la población ayuda a tener una respuesta rápida. Además, al momento de la aplicación de la estrategia se prevé una intervención técnica basada en ciertas características específicas, con ellos se sabrá si los trabajos realizados para poder tener una rehabilitación servirán para prevenir deslizamientos futuros. Luego de la aplicación se sabrá si los resultados son efectivos o se necesitará otro tipo de acciones.

Objetivo general:

- ❖ Rehabilitar las vías luego de suscitarse un deslizamiento para priorizar la respuesta rápida y eficaz para evitar molestias de los poblados que se conectan.

Objetivos específicos:

- ❖ Identificar las zonas específicas que se va a rehabilitar para reducirlos impactos producidos por deslizamientos.
- ❖ Determinar las actividades para la evaluación del nivel de deslizamientos, con el fin de ejecutar acciones eficientes.

Tabla 18. Rehabilitación de vías

Proyectos	Actividad	Alcance	Responsables
Prevención de riesgos viales	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de cartografía para identificación de zonas con alto riesgo. • Identificación de zonas con alto riesgo, verificación del estado vial y rehabilitación de estas. 		
Respuesta ante eventos fortuitos producidos por los deslizamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Poner en conocimiento a las personas responsables, para su respectivo análisis técnico y libramiento de la vía. • Implementar medidas efectivas ante el taponamiento vial. • Uso de maquinaria proporcionada por el GAD de cantón de manera eficiente para evitar la molestia de la población. • Coordinar personal que se encarga del mantenimiento de las vías. 	Se identifica zonas exactas donde existen deslizamientos recurrentes para prevenir, dando un plazo de 24 horas, con el fin de que la limpieza de la vía sea eficiente.	Prefectura del Carchi, Técnicos del GAD MIRA, COE cantonal.
Recuperación espontánea y eficiente	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar trabajos de limpieza y contención de taludes en las zonas consideradas de alto riesgo en un tiempo aproximado de 24 horas. • Proporcionar técnicos que interfieran en la recuperación y prevención de sitios donde se frecuentan deslizamientos. 		

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La mayor incidencia en la susceptibilidad a deslizamientos en las principales vías de acceso en el cantón Mira estuvieron determinadas por los factores físicos, los cuales corresponden a la pendiente colinada (> 60%) y escarpada, la presencia de roca sedimentaria detrítica-C y la presencia de sedimentos junto a áreas sin cobertura vegetal o con la presencia de cultivos anuales. Mientras que, el único factor climático con incidencia en los deslizamientos resultó ser la precipitación en áreas donde la misma está por sobre los 1000 mm/año.

En términos generales, en el cantón Mira las principales vías de acceso presentan una alta susceptibilidad deslizamientos, en las vías de primer orden se obtiene un 45.3%, segundo orden 26.7% y tercer orden se presenta susceptibilidad de 28%. Sin embargo, las vías de comunicación presentan susceptibilidad alta por el tipo de amenaza que presentan.

Las vías principales del cantón presentan diferentes niveles de vulnerabilidad. En las vías de primer, segundo y tercer orden se presenta una vulnerabilidad alta en un 53%, 20% y 33% respectivamente. Las vías que presentan más vulnerabilidad son las de primer orden, seguidas de las de tercer orden y en último lugar las de segundo orden.

La combinación de las variables susceptibilidad y vulnerabilidad, determinan altos niveles de riesgo, en las vías de primer, segundo y tercer orden, en el 33,11%, 62,89% y 4% respectivamente. Las vías de segundo orden son las que presentan mayor riesgo a deslizamientos, entre este tipo de vías sobresale la vía que conecta Mascarilla – Mira, debido a que en una longitud de 17 km está expuesta a un alto nivel de riesgo.

Por los resultados encontrados fue pertinente que las medidas propuestas para la gestión y reducción del riesgo se orienten hacia la reducción de la vulnerabilidad de las vías, la educación vial, la reorganización de la señalética de advertencia y la rehabilitación de las vías. Estas acciones permitirán mejorar la educación vial de los habitantes, diseñar un sistema de alerta temprana, mejorar el tiempo de respuesta ante desastres y reorganizar la señalética de advertencia en la vía para deslizamientos. Esto servirá para ejecutar acciones de rehabilitación de vías para la prevención de riesgos de deslizamientos.

5.2 Recomendaciones

Generalizar el análisis del riesgo para elementos externos a las vías que pongan en peligro a la población del cantón, como infraestructura e instituciones públicas, con el fin de disminuir los daños totales que puedan afectar todos los elementos vitales de la población y, disminuir el riesgo en el territorio del cantón Mira.

Mejorar la ubicación de la señalética de las vías, empleando los resultados obtenidos luego del análisis del riesgo de deslizamientos Y aplicando la metodología empleada, ya que las medidas de gestión permiten el mejoramiento de la red vial.

Emplear los resultados obtenidos en la gestión de riesgos aplicando en otras áreas de estudio, con la misma línea temática de análisis y medidas de gestión de riesgo ante deslizamientos.

Referencias

- Abedi H., Feizizabed M. y Blaschke L. (2019). GIS-based forest fire risk mapping using the analytical network process and fuzzy logic. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1- 19. doi:10.1080/09640568.2019.1594726
- Aguilera M., (2017). Análisis al proceso de rehabilitación del ciclo de gestión de riesgos. El Caso del Terremoto–Maremoto de Coquimbo Año 2015. Santiago de Chile. Universidad de Chile
- Althuwaynee, O. F., Pradhan, B., & Ahmad, N. (2015). Estimation of rainfall threshold and its use in landslide hazard mapping of Kuala Lumpur metropolitan and surrounding areas. *Landslides*, 12(5), 861–875. <https://doi.org/10.1007/s10346-014-0512-y>
- Althuwaynee, O. F., Pradhan, B., Park, H. J., & Lee, J. H. (2014). A novel ensemble bivariate statistical evidential belief function with knowledge-based analytical hierarchy process and multivariate statistical logistic regression for landslide susceptibility mapping. *Catena*, 114, 21–36. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.10.011>
- Alumiñas, J. y Galarza, J. (2016). Dirección estratégica y gestión de riesgo en la universidad. *Revista Cubana de Educación Superior*, 35(2), 83-92.
- Amorim, S., Corominas, J., Baeza, C., Portilla, M. y Angulo, C. (2009). Análisis comparativo de técnicas estadísticas y de aprendizaje para evaluar la susceptibilidad del terreno a los deslizamientos superficiales en el pirineo catalán. Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Barcelona, España.
- Anrango, S., Chingal, M. y Arias, P. (2020). Zonificación de cobertura vegetal propensa a incendios en el cantón Ibarra: Una mirada al centro poblado más grande de la cuenca del río Mira. En P. Aguirre (Ed.), *Riesgos naturales en la cuenca del río Mira. Variabilidad del clima, deslizamientos, incendios y*

vulneración volcánica (pp. 55-69). Germany, Göttingen: Editorial Cuvillier Verlag. <https://bit.ly/3Wbg4iK>

Arias Muñoz, D. P. (2014). Determinación de la vulnerabilidad físico estructural de edificaciones ante cuatro tipos de amenazas: Sísmica, volcánica, inundaciones y deslizamientos en la ciudad de Ibarra (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte.

Arias-Muñoz, P., Saz, M. A., & Escolano Utrilla, S. (2022). Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE. Caso de estudio: cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador. <https://doi.org/10.14198/INGEO.22390>

Avilés L., Cañar M., Andrade S., Moreno J., Medina G., López A., Pico P. (2017). Identificación de amenaza por deslizamientos de tierra mediante información geoespacial en el cantón Ibarra - Ecuador. Ibarra.

Bermejo, M. (2017). Riesgos geológicos de taludes y laderas inestables. Málaga, España: Editorial Ingeoexpert. bivariate and multivariate statistical analyses. Eng. Geol. 110, 11–20.

Cardona, O. (2002). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos.

Casanova, G. E. (2011). Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial del Cantón Mira 2011- 2031. Mira.

Cerda, J. y Cifuentes, L. (2012). Uso de curvas ROC en investigación clínica: Aspectos teórico-prácticos. Revista chilena de infectología, 29(2), 138-141. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182012000200003>

Changjiang Institute of Survey Planning Design and Research [CISPDR] (2016). Plan Hidráulico Regional de la Demarcación del Río Esmeraldas. Anexo I. Hidrología. Plan Nacional de la Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas de Ecuador.

Chung, C., y Fabbri, A., (2003). Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. Natural Hazards, 3, 451-472.

- Codazzi, A. (2013). Instituto Geográfico Grupo Interno de Trabajo en Percepción Remota y Aplicaciones Geográficas. Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 (LDCM) Bogota-Colombia
- Cure, L. (2012). Determinación de la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental de la cuenca de río Déleg (tesis de pregrado) Universidad Politécnica Salesiana.
- Desinventar. (2020). Sistema de inventario de efectos de desastres. Obtenido de Ecuador-Sistemas de Información de Desastres de Emergencias: <http://www.desinventar.org/es/database>
- Dipecho. (2007). Gestión del Riesgo en los Procesos de Planificación Territorial, 77.
- Escalante, A., Sandoval, S., Rosales, O., & Arias Muñoz, D. P. (2020). Aplicación del modelo Fuzzy para la determinación de la Susceptibilidad Deslizamientos caso de la Subcuenca del río Mataquí ubicada en la provincia Imbabura-Ecuador pp. 23-38. bit.ly/3iNIp09
- Janeiro, E., Santo, M., Colomer, F.J., Gallardo, A. (2016). Análisis del deslizamiento del relleno sanitario de Santa Marta, Chile. Actas de CONAMA 2016, 1-20. Madrid: CONAM
- Farisham A (2007) Deslizamientos de tierra en el desarrollo de la ladera en Hulu Klang, Klang Valle. Seminario de posgrado, UTM, Skudai
- GAD Mira. (2003). mira.ec. Obtenido de <http://mira.ec/geografia/>
- Guzzetti F, Peruccacci S, Rossi M, Stark CP (2007) Umbrales de lluvia para el inicio de deslizamientos de tierra en el centro y sur de Europa. Meteorog Atmos Phys 98:239–267 Huabin W, Gangjun L
- Hasan, M. M., y Wyseure, G. (2018). Impact of climate change on hydropower generation in Rio Jubones Basin, Ecuador. Water Science and Engineering, 11(2), 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2018.07.002>
- Hernández W. y Rivas C., (2002). Guía para la gestión local de riesgo por Deslizamientos. Guatemala - El Salvador: El Salvador, C.A.

- Hofer, T., & Warren, P. (2009). ¿Por qué Invertir en la Ordenación de las ¿Cuencas Hidrográficas? Roma-Italia: FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Instituto Espacial Ecuatoriano [IEE] (2013). Análisis de Amenaza por tipo Movimiento de Movimiento de Masa: Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a nivel Nacional Escala 1: 25000. Quito, Ecuador.
- INTAGRI. (2017). Los Factores de Formación del Suelo. Serie Suelos. Artículos Técnicos de INTAGRI, 27, 4.
- Jaafari, A., y Gholami, D. (2017). Wildfire hazard mapping using an ensemble method of frequency ratio with Shannon's entropy. Iranian. Journal of Forest and Poplar Research, 25(2), 232-243. doi: 10.22092/ijfpr.2017.111758
- Jácome, G., Mejía, J., Guerra, N., Romero, A., Piedmag, V., Padilla, C., Tanaí, I., y Pupiales, N. (2020). Los volcanes de Imbabura y su tiempo geológico. Imbabura-Ecuador. FICAYA Emprende.
- Jiménez, N. (2004). La Gestión de Riesgos en el Ordenamiento Territorial: Inundaciones en Cali, La C.V. y el Fenómeno ENSO. Recuperado el 20 de Marzo de 2016, de http://www.cambioglobal.org/enso/public/downloads/lgrotic_enso_2004.pdf
- Johnston, K., Ver Hoef J., Krivoruchko, K. & Lucas N. (2001). Using ArcGIS geostatistical analyst. Esri Redlands, 380.
- Kitzberger, T., Falk, A., Westerling, L. & Swetnam, T. W. (2017). Direct and indirect climate controls predict heterogeneous early-mid 21st century wildfire burned area across western and boreal North America. PloS one, 12(12), e0188486.
- Kuhlicke, Christian (2007). "Conocimiento en la investigación de amenazas y vulnerabilidades: una tipología heurística para estudios de casos empíricos".

En Perspectivas sobre la vulnerabilidad social, editado por Koko Warner.
Bonn: UNU-Instituto para el Medio Ambiente y la Seguridad Humana.

Maskrey, A. (2012). Navegando entre brumas: La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgos en América Latina. Editorial Maskrey, 2, 334.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas, [MTOPE]. (2001) Proyectos de reconstrucción de infraestructura vial. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/>

Moreno, J. (2010). Discriminación y Clasificación. En S. Gandía, y J. Meliá, Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales: Agricultura (págs. 241-275). Universitat de Valencia

Mujica S. y Pacheco H. (2013). Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas, Venezuela.

Ochoa, P. A., Fries, A., Mejía, D., Burneo, J. I., Ruíz, J., y Cerdà, A. (2016). Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. *Catena*, 140, 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.011>

Olaya, V. (2014). Sistema de Información Geográfica. Universidad de Girona y el Servei de Sistemes de Informació Geogràfica y Teledetecció (SIGTE).

Ortiz, Ó. (2013). Sismo tectónico y peligrosidad sísmica en Ecuador. (Tesis de postgrado) Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Geológicas. Madrid, España

PDOT Mira. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial. Mira. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplus diagnostico/0460000560001_Pla 123

- Pineda, O. (2011). Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago (tesis de pregrado) Centro de Investigación en Geografía y Geomática.
- Plan de Contingencia Época Lluviosa del Cantón Mira (2020). Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mira
- Plaza, G., & Yépez, H. (2 ed. 2001). Manual para la mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable. Washington D.C.: Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Ponce, C. (2017). Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del Valle interandino del Chota e identificación de zonas de restauración ecológica (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte.
- Ortega Chuquín, J. U. & Arias Muñoz (2022). Análisis de los efectos del cambio de uso de suelo en el paisaje del bosque húmedo: una visión al año 2022 en la cuenca del río Cayapas-Ecuador. SATHIRI, 17(1), 288-311. <https://doi.org/10.32645/13906925.1116>
- Prefectura del Carchi, (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Carchi. En G. A. Carchi. Tulcán.
- Prefectura del Carchi (2021). Carchi Prefectura. Obtenido de <https://carchi.gob.ec/2016f/index.php/informacion-cantonal/canton-mira.html>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] (2012). Propuestas metodológicas para el análisis de la vulnerabilidad a nivel municipal. Quito-Ecuador: AH/Editorial
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2017). Manual para la Elaboración de Mapas de Riesgo. Buenos Aires: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD; Argentina: Ministerio de Seguridad de la Nación, 2017. 72 p.; 30 x 21 cm.
- Posso, M. (2013). Proyectos Tesis y marco lógico. Ibarra, Ecuador: Trece.

- Pozo, G. (2017). Riesgo De Deslizamientos, Caídas De Bloques y Movimientos En Masa En Las Vías De Primer Orden De La Cuenca Baja Del Río Apaquí, Tramo El Juncal-Bolívar. Ibarra Obtenido de: <https://bit.ly/3FRLOEF>
- Quishpe, C. (2012). “Estudio de Factibilidad para la Creación de una Finca Turística en Río Blanco, Parroquia Jacinto Jijón y Caamaño, del Cantón Mira, Provincia del Carchi”. Ibarra.
- Reis, S., Yalcin, A., Atasoy, M., Nisanci, R., Bayrak, T., Erduran, M., Sancar, C. & Ekercin, S. (2011). Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio and analytical hierarchy methods in Rize province (NE Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 66 (7), 2063-2073. doi: 10.1007/s12665-011-1432
- Ricci, V. (2021). Creación de un modelo de predicción de riesgos de incendios forestales usando una red neuronal convolucional sobre datos históricos de meteorología de California [Tesis de Postgrado, Universidad Oberta de Cataluña, España].
- Rico, A. y Castillo, H. (2005). La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, Volumen II. Edit. LIMUSA. México.
- Roa, J. (2007). Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes de satélites: Cuenca del río Mocoties, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 48(2), pp.183-219
- Rodríguez, M. (2016). "Análisis Comparativo entre Método de Brabb y Brabb Modificado, para fenómenos de remoción en masa en la Cuenca del Río Chinambí del Cantón Mira”. Quito.
- Rossiter, D.G., 2003. Methodology for Soil Resource Inventories, third ed. ITC Lecture Notes SOL.27. ITC, Enschede, The Netherlands, 110pp
- Ruiz J. (2020) PALACIOS, J. P. (2020). SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN EL VALLE DE JOA. Manabí. <Http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2563/1/PROYECTO%20ODE%20TITULACION%20POOL.pdf>

- Sarría, F. A. (2004). *Sistemas de Información Geográfica*. Quito. Obtenido de: <http://sistemainformaciongeografica.ec>
- Secretaría de Gestión de Riesgos [SGR]. (2014). "Plan Estratégico Institucional". Quito: Secretaria de Gestión de Riesgo.
- Secretaria de Gestión de Riesgos [SGR]. (2017). En Comité de Operaciones de Emergencia se presentó situación vial del cantón Pimampiro. Recuperado de: <http://gestionderiesgos.gob.ec>
- Secretaria Nacional de gestion de riesgos (2011). *Guía para implementar el análisis de vulnerabilidades a nivel cantonal*. Quito
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025*. PDF. <https://n9cl/8imkc>
- Semarnat (2021), *Educación Ambiental en las Escuelas*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat>
- Soria F. y Rodríguez A., (2012) *Lecciones aprendidas por casos de deslizamientos ocurridos en rellenos sanitarios municipales, a partir de la recopilación de experiencias ocurridas en Latinoamérica*. La Paz, Bolivia
- Strobl, E. (2012). The economic growth impact of natural disasters in developing countries: Evidence from hurricane strikes in the Central American and Caribbean regions. *Journal of Development Economics* 97, 130-141.
- Suárez, D. J. (2009). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga - Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Trigila, A., Iadanza, C., Esposito, C., & Scarascia-Mugnozza, G. (2015). Comparison of Logistic Regression and Random Forests techniques for shallow landslide susceptibility assessment in Giampilieri (NE Sicily, Italy). *Geomorphology*, 249, 119-136.
- Unidad de Estrategias Internacionales para la Reducción de los Desastres. [UNISDR]. (2002). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza: Editorial Naciones Unidas.

- Vennari, C., Gariano, S. L., Antronico, L., Brunetti, M. T., Iovine, G., Peruccacci, S., ... & Guzzetti, F. (2014). Rainfall thresholds for shallow landslide occurrence in Calabria, southern Italy. *Natural hazards and earth system sciences*, 14(2), 317-330.
- Western, C. (2012). *Introducción a los deslizamientos, tipos y causas. Dynamic numerical run - out modelling for quantitative landslide risk assessment.* Enschede: University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth Observation (ITC).
- Yalcin, A., Reis, S., Aydinoglu, A. C., & Yomralioglu, T. (2011). A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics, and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey. *Catena*, 85(3), 274–287. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.01.014>

Anexos I

Registro fotográfico de deslizamientos en las vías de acceso al cantón Mira

Vía Mascarilla - Mira



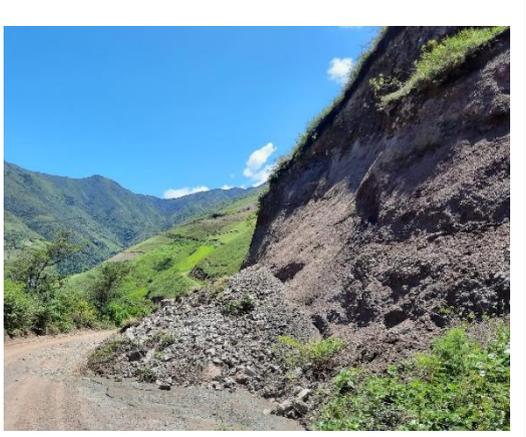
Vía Mira – Estación Carchi





Vía Estación Carchi – Río Blanco



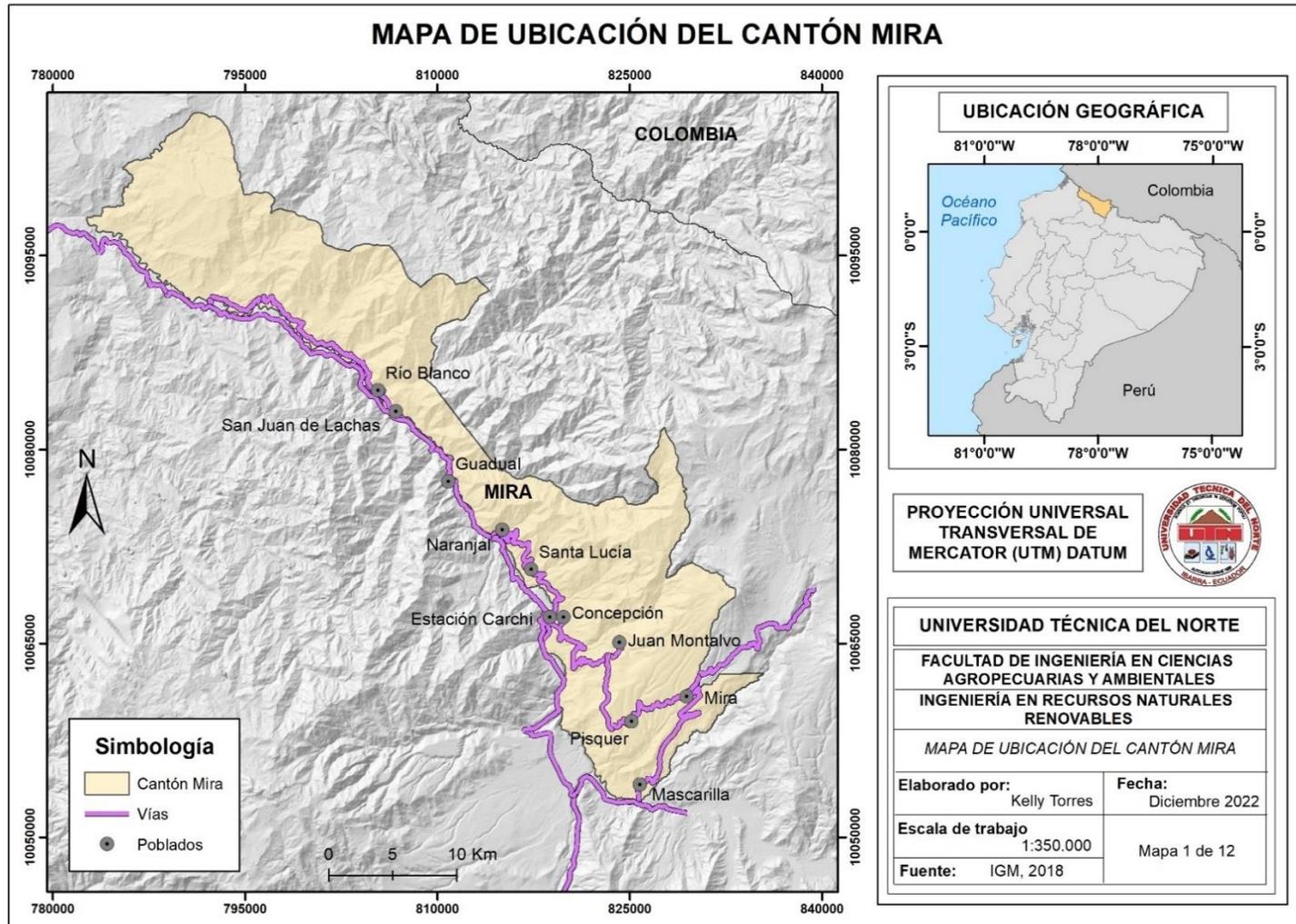


Coordenadas para la reorganización de señalética

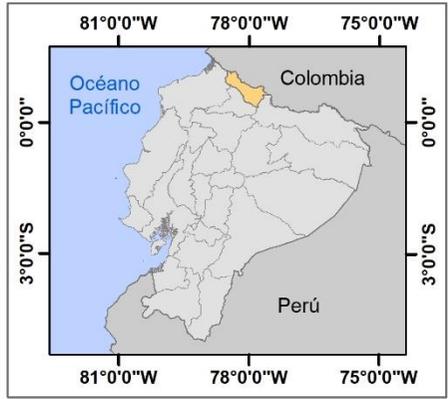
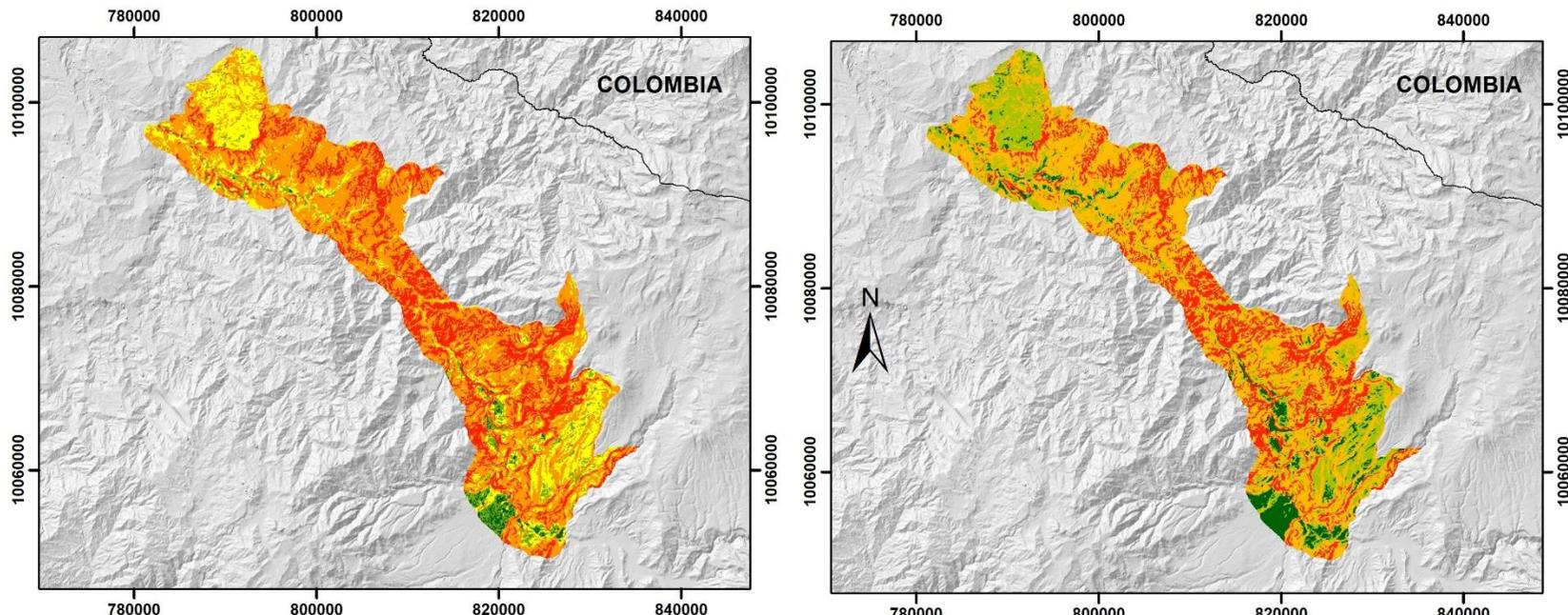
X	Y
807203,01	10085016,49
805847,48	10083996,49
806236,68	10083325,44
819180,01	10066387,24
821033,90	10064904,13
821219,29	10063513,72
823304,91	10063513,72
823165,87	10059249,77
827522,51	10056932,41
830256,99	10059527,86
825821,62	10058415,74
823480,39	10058425,74
829222,92	10060305,74
829691,91	10059497,12
825821,62	10060330,09
828733,15	10060775,24

Anexos II

Mapas temáticos

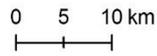


PENDIENTES DEL CANTÓN MIRA



Leyenda

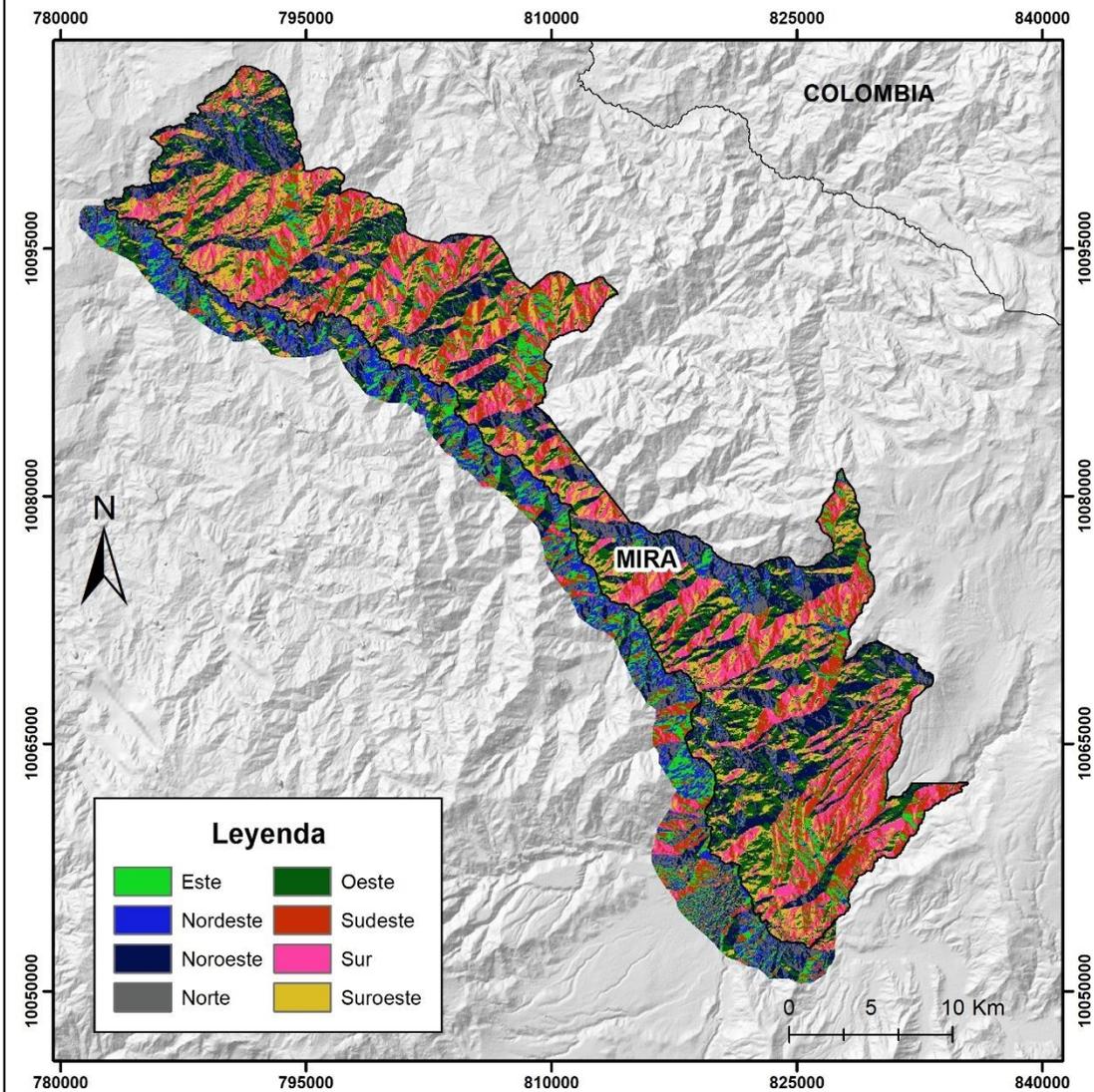
Pendiente %	
	12 - 25
	25 - 60
	0 - 5
	> 60
	5 - 12



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES	
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	
<i>PENDIENTES DEL CANTÓN MIRA</i>	
Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo 1:350.000	MAPA 2 DE 12
Fuente: IGM, 2018	

MAPA DE ASPECTOS DEL CANTÓN MIRA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA



PROYECCIÓN UNIVERSAL
TRANSVERSAL DE
MERCATOR (UTM) DATUM



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

MAPA DE ASPECTOS DEL CANTÓN MIRA

Elaborado por:
Kelly Torres

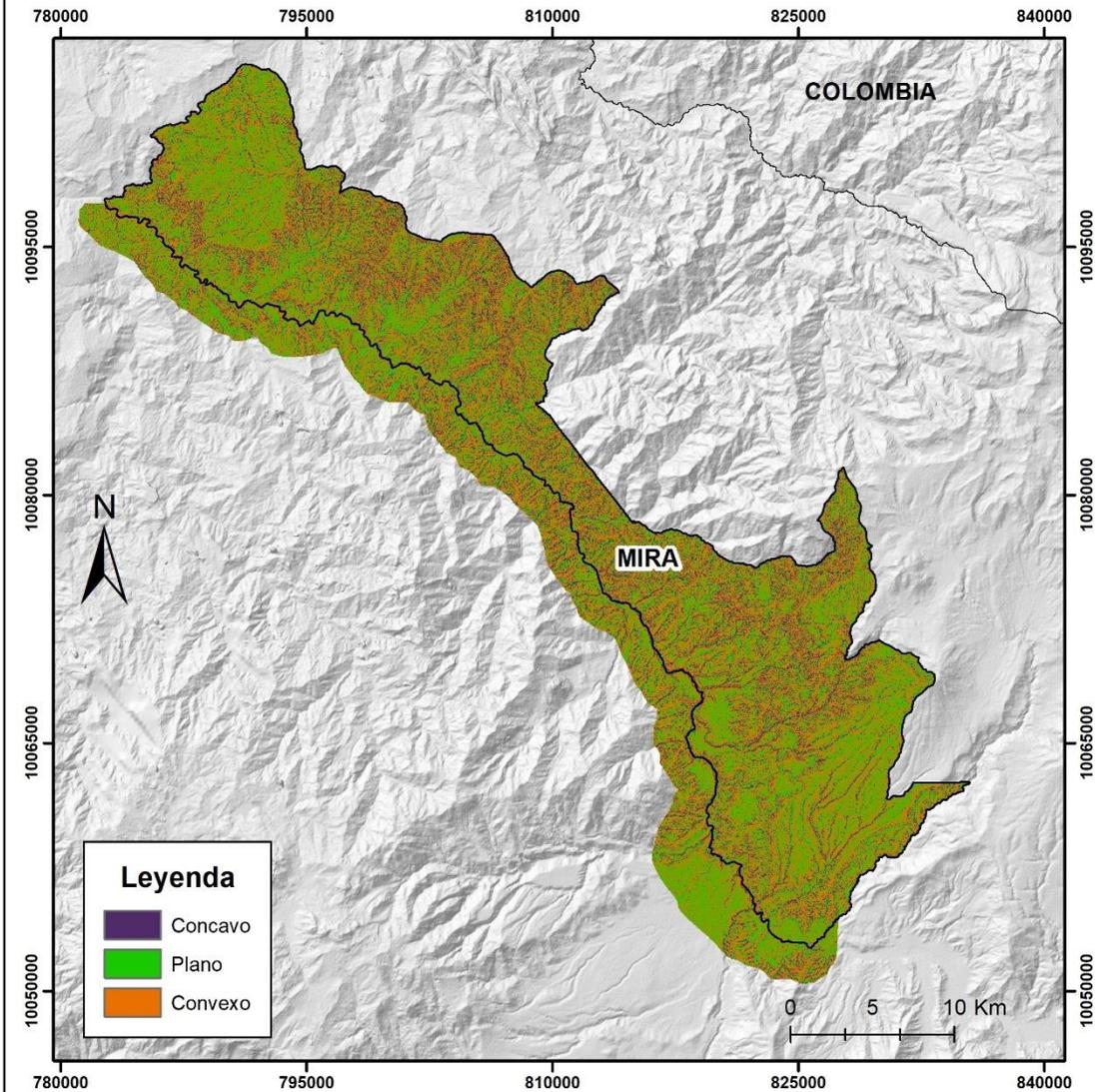
Fecha:
Diciembre 2022

Escala de trabajo
1:350.000

Mapa 3 de 12

Fuente: IGM, 2018

MAPA DE CURVATURAS DEL CANTÓN MIRA



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) DATUM

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

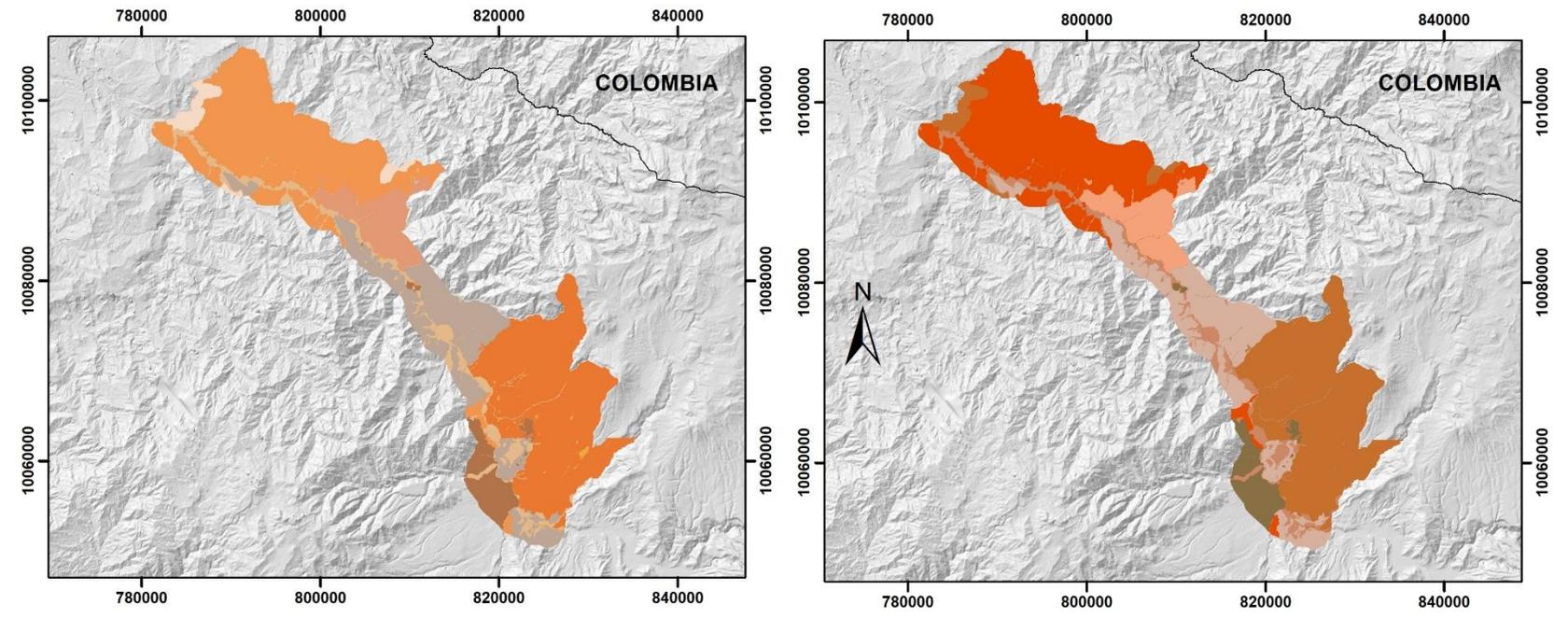
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE CURVATURAS DEL CANTÓN MIRA

Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo 1:350.000	Mapa 4 de 12
Fuente: IGM, 2018	

ASPECTOS GEOLÓGICOS DEL CANTÓN MIRA



Leyenda

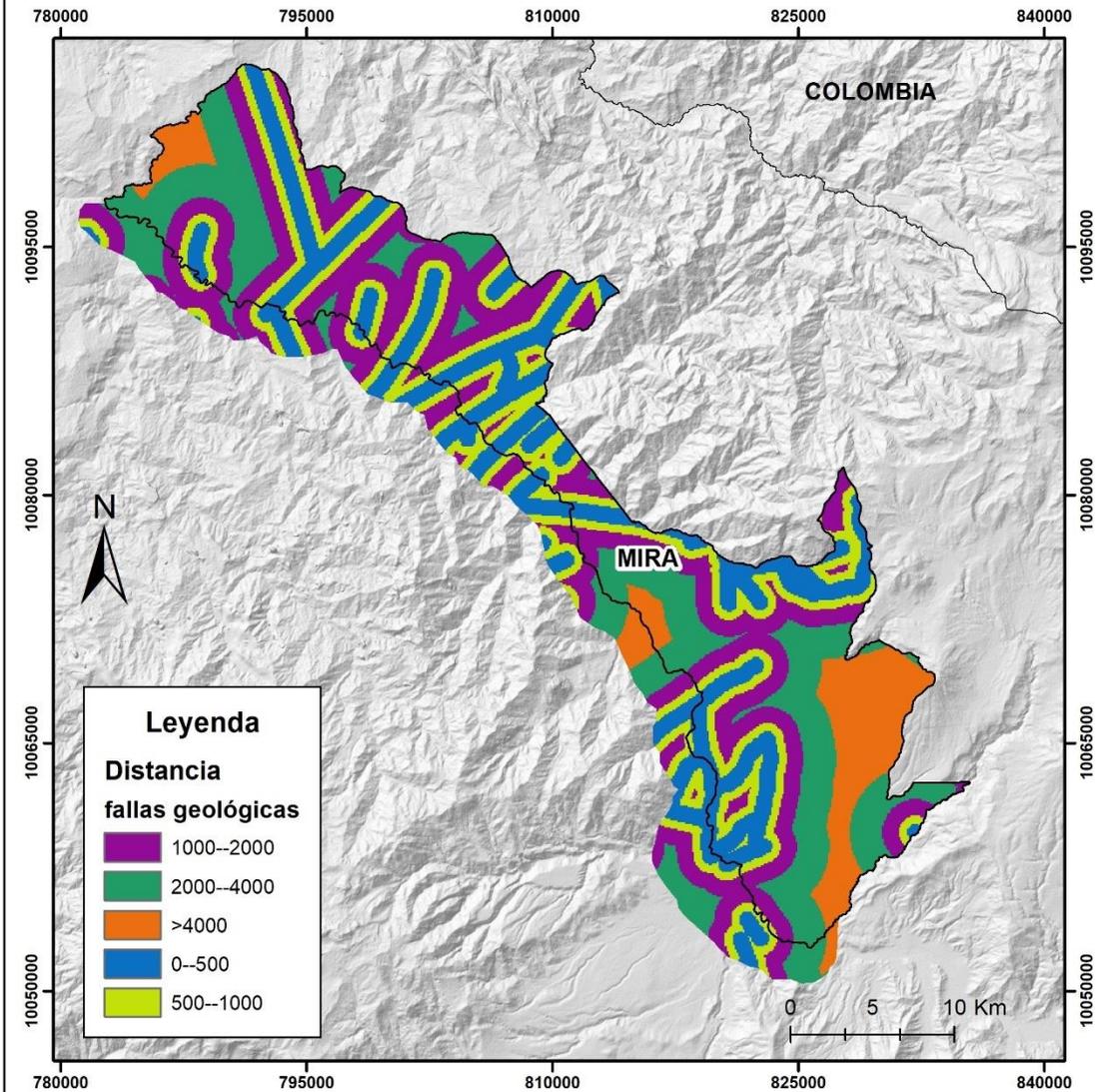
Aspc. Geológicos	
Depósitos S.	Piroclastos
Flujos de Lavas	Roca Sedimentaria
No aplicable	Roca Ígnea P.
	Roca Ígnea V.
	Sedimentos



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES	
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	
ASPECTOS GEOLÓGICOS DEL CANTÓN MIRA	
Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo 1:350.000	MAPA 5 DE 12
Fuente: IGM, 2018	

MAPA DE FALLAS GEOLÓGICAS DEL CANTÓN MIRA



Leyenda

Distancia fallas geológicas

- 1000--2000
- 2000--4000
- >4000
- 0--500
- 500--1000

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

81°0'0"W 78°0'0"W 75°0'0"W

0°0'0" 3°0'0"S 0°0'0" 3°0'0"S

81°0'0"W 78°0'0"W 75°0'0"W

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) DATUM

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

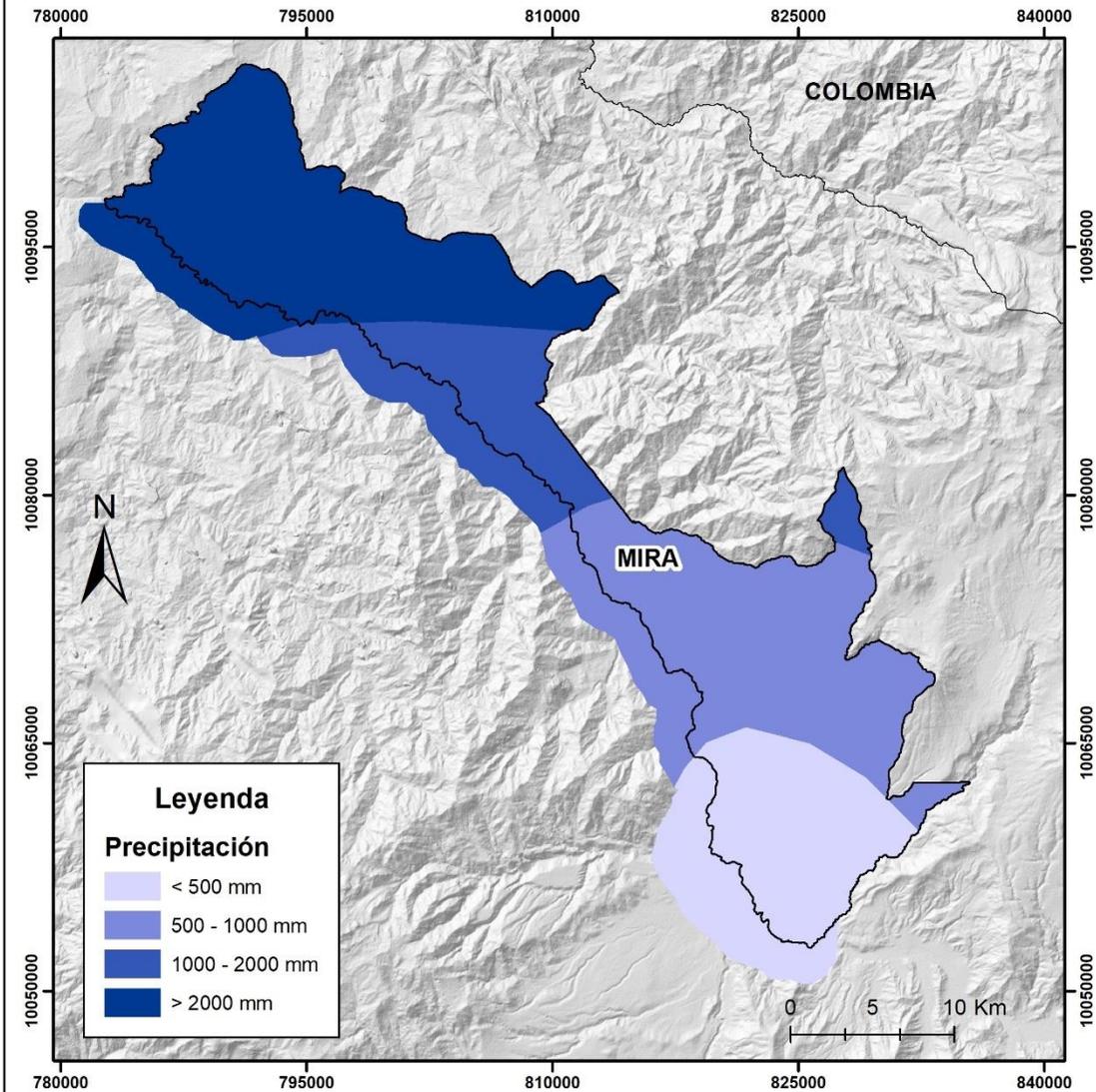
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE FALLAS GEOLÓGICAS DEL CANTÓN MIRA

Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo: 1:350.000	Mapa 6 de 12
Fuente: IGM, 2018	

MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL DEL CANTÓN MIRA



Leyenda	
Precipitación	
	< 500 mm
	500 - 1000 mm
	1000 - 2000 mm
	> 2000 mm

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

81°0'0"W 78°0'0"W 75°0'0"W

81°0'0"W 78°0'0"W 75°0'0"W

**PROYECCIÓN UNIVERSAL
TRANSVERSAL DE
MERCATOR (UTM) DATUM**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

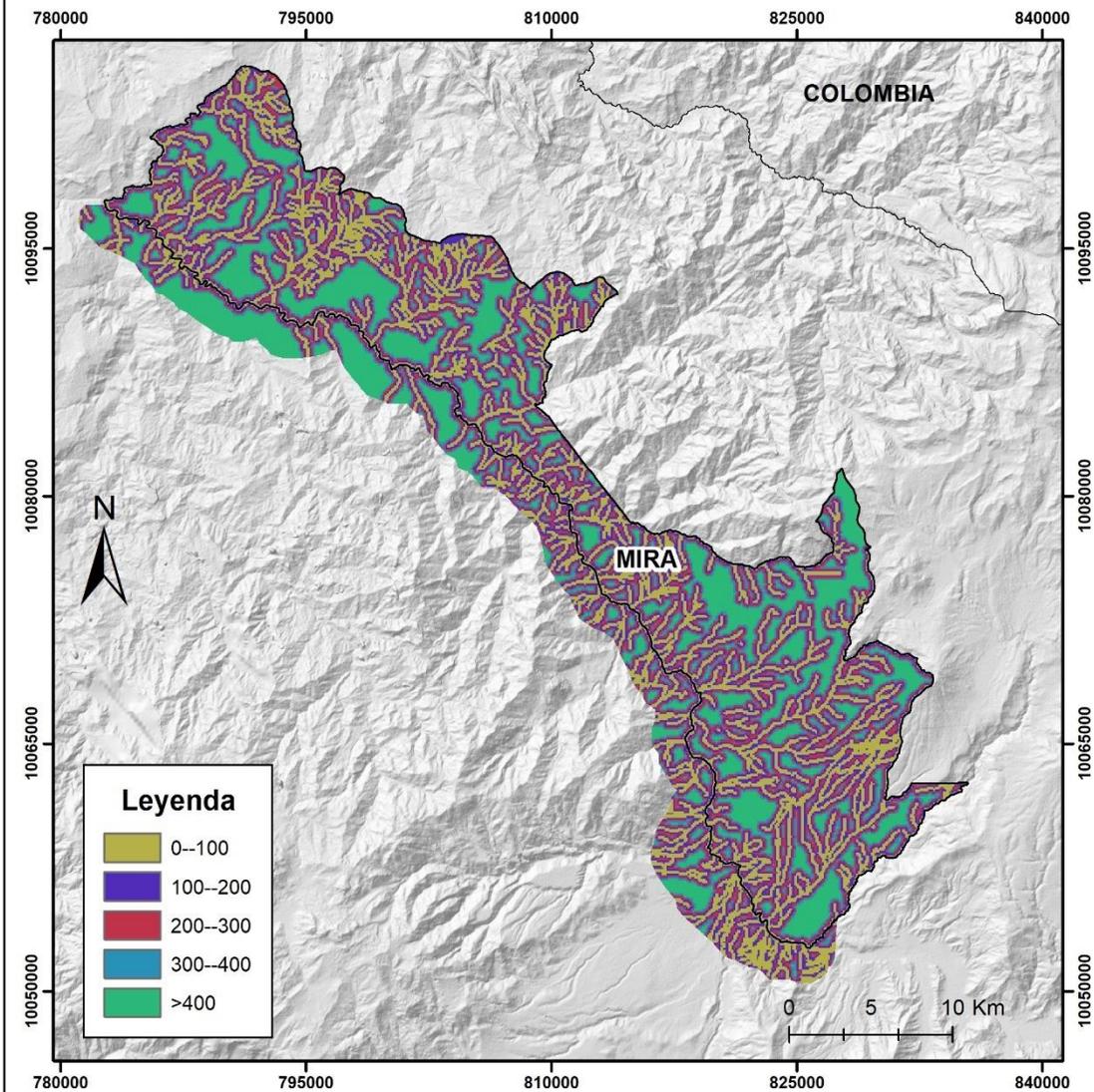
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

*MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL
DEL CANTÓN MIRA*

Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo: 1:350.000	Mapa 7 de 12
Fuente: IGM, 2018	

MAPA DE DISTANCIA A RÍOS DEL CANTÓN MIRA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA



PROYECCIÓN UNIVERSAL
TRANSVERSAL DE
MERCATOR (UTM) DATUM



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

MAPA DE DISTANCIA A RÍOS
DEL CANTÓN MIRA

Elaborado por:
Kelly Torres

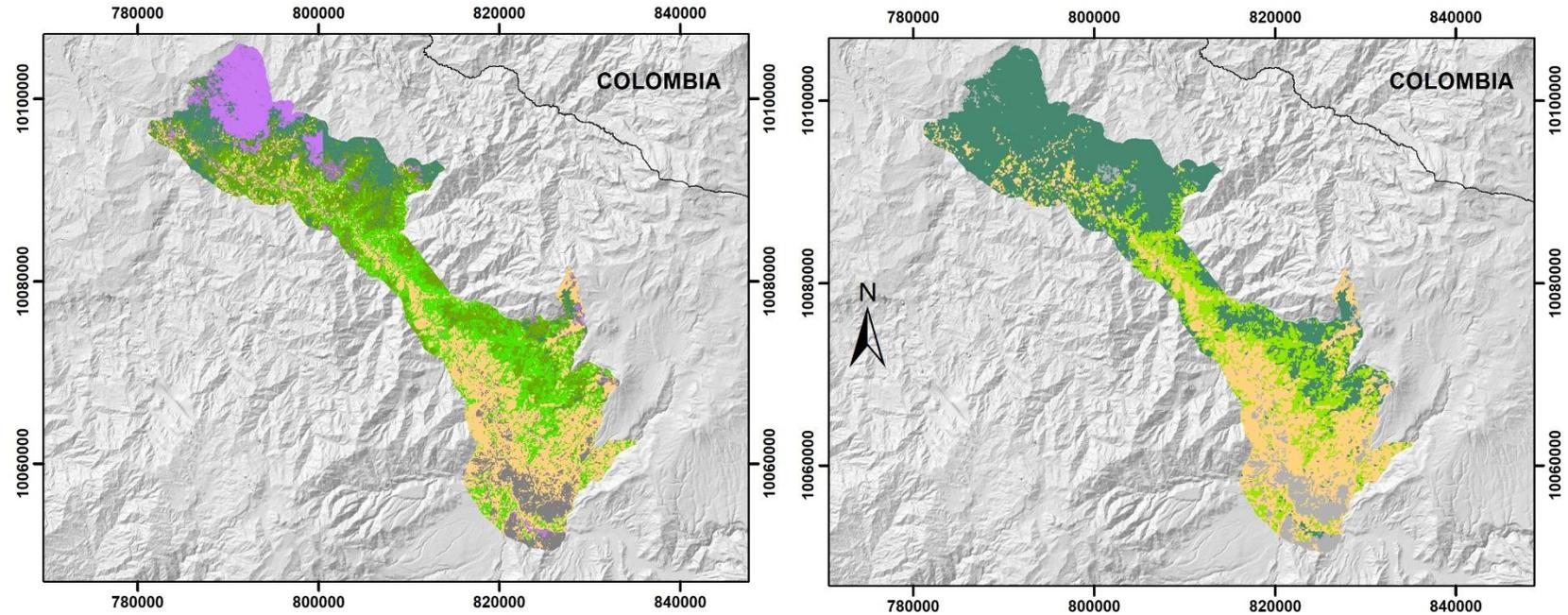
Fecha:
Diciembre 2022

Escala de trabajo
1:350.000

Mapa 8 de 12

Fuente: IGM, 2018

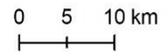
COBERTURA VEGETAL DEL CANTÓN MIRA



Leyenda

Cobertura vegetal

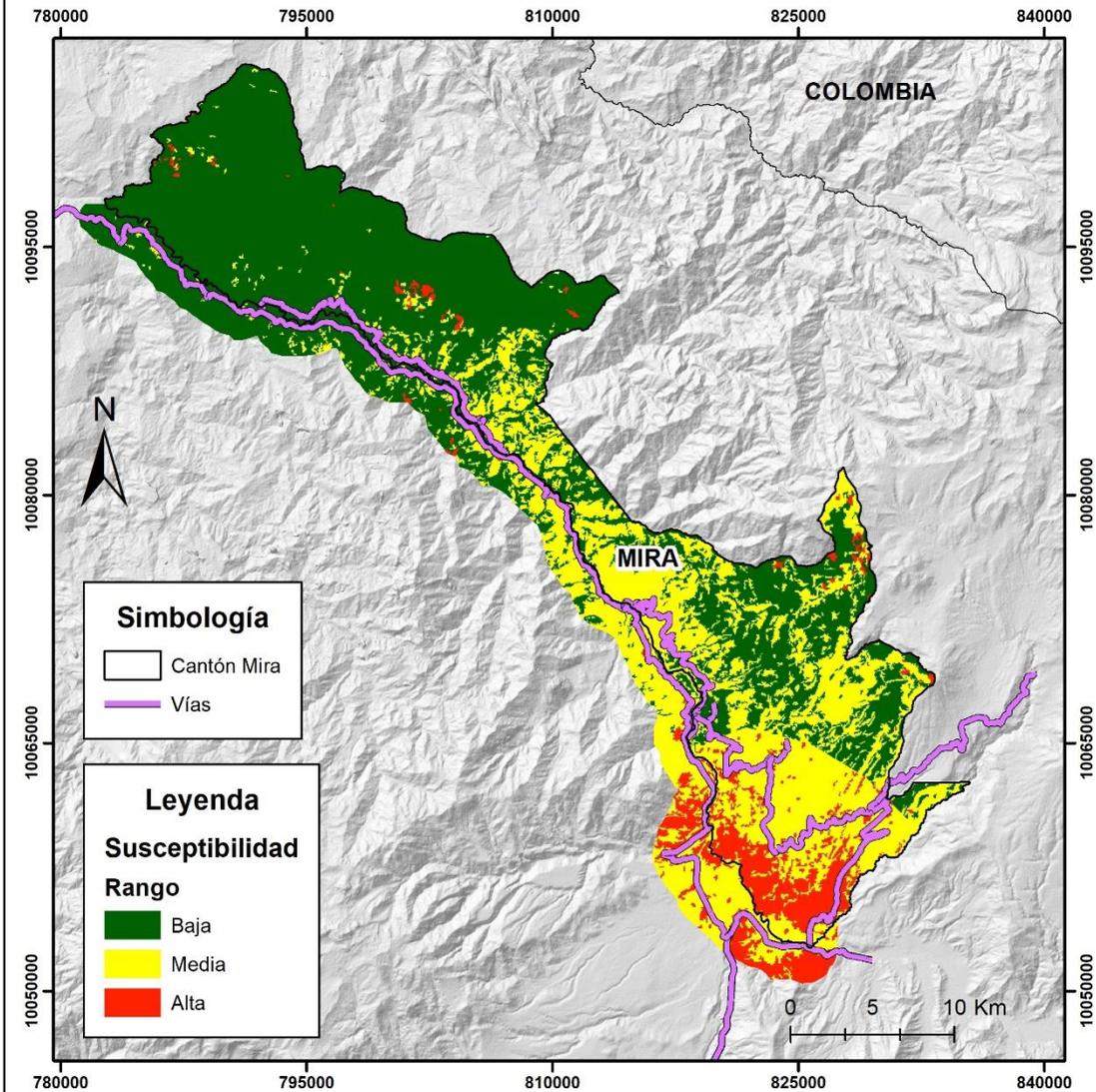
- Bosque
- Cultivos
- Pastos
- Sin cobertura vegetal
- Vegetación arbustiva
- Zona poblada



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES	
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	
<i>COBERTURA VEGETAL DEL CANTÓN MIRA</i>	
Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo: 1:350.000	MAPA 9 DE 12
Fuente: IGM, 2018	

SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS DEL CANTÓN MIRA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

81°0'0"W 78°0'0"W 75°0'0"W

Océano Pacífico

Colombia

Perú

0°0'0" 3°0'0"S

81°0'0"W 78°0'0"W 75°0'0"W

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) DATUM

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

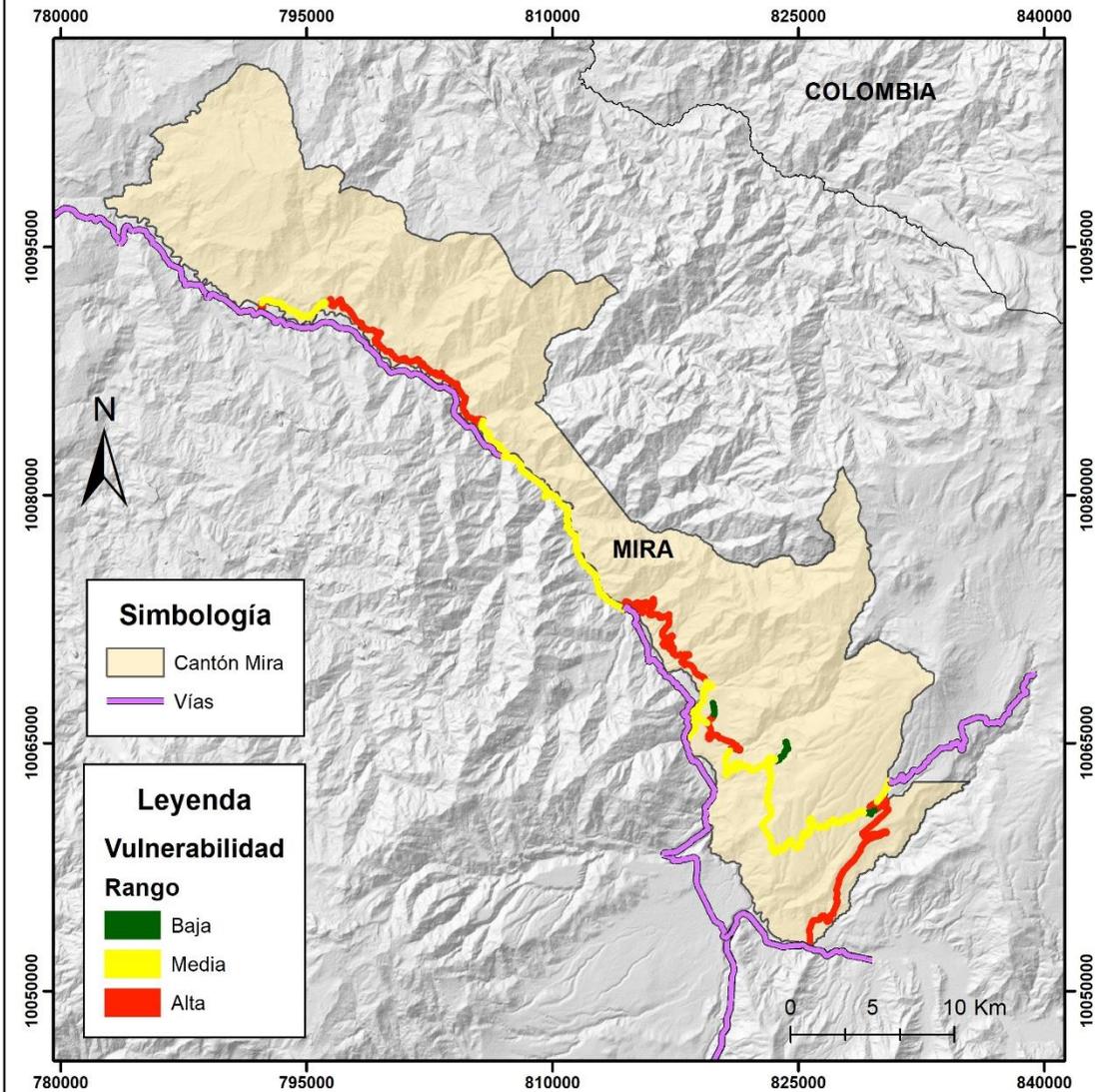
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS DEL CANTÓN MIRA

Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo 1:350.000	Mapa 10 de 12
Fuente: IGM, 2018	

VULNERABILIDAD DE DESLIZAMIENTOS DEL CANTÓN MIRA



Simbología

- Cantón Mira
- Vías

Leyenda

Vulnerabilidad

Rango

- Baja
- Media
- Alta



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) DATUM

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

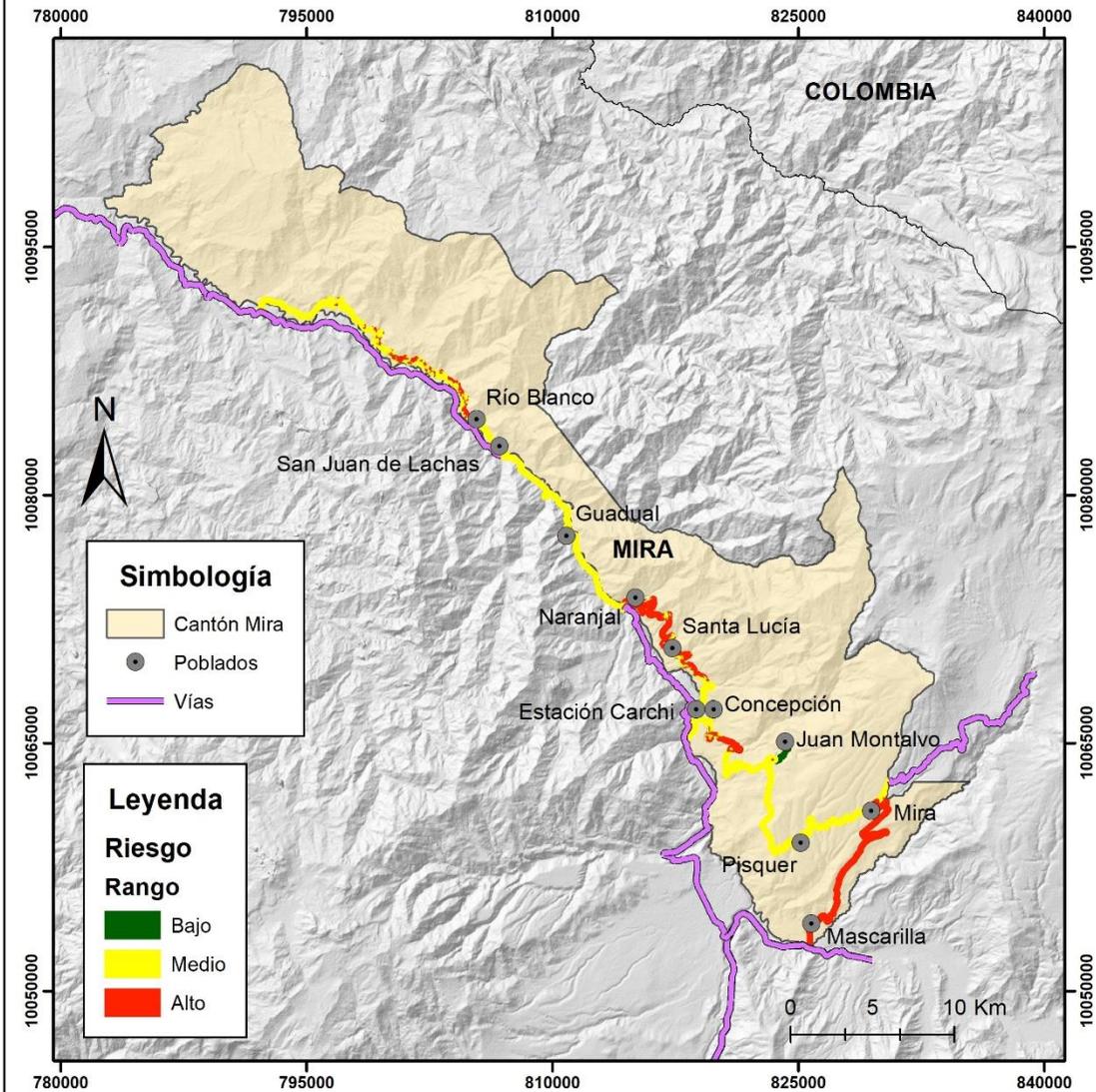
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

VULNERABILIDAD DE DESLIZAMIENTOS DEL CANTÓN MIRA

Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo: 1:350.000	Mapa 11 de 12
Fuente: IGM, 2018	

RIESGO DE DESLIZAMIENTOS EN VÍAS DE ACCESO DEL CANTÓN MIRA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

81°0'0"W 78°0'0"W 75°0'0"W

0°0'0" 0°0'0" 3°0'0"S 3°0'0"S

81°0'0"W 78°0'0"W 75°0'0"W

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) DATUM

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

RIESGO DE DESLIZAMIENTOS DEL CANTÓN MIRA

Elaborado por: Kelly Torres	Fecha: Diciembre 2022
Escala de trabajo: 1:350.000	Mapa 12 de 12
Fuente: IGM, 2018	