



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

EVALUACIÓN DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS EN LA PARROQUIA
LITA-IBARRA, ECUADOR

PLAN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORES:

MINDA SURIAGA CHRISTIAN ADRIAN
MONTIEL CASTILLO JOSSELYN MARIBEL

DIRECTOR:

PhD. Darío Paúl Arias Muñoz

Ibarra, febrero 2025

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

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS EN LA PARROQUIA
LITA-IBARRA, ECUADOR”**

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título de:

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

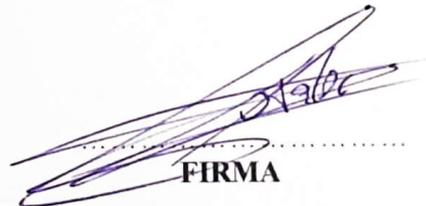
APROBADA:

PhD. Darío Paúl Arias
DIRECTOR



.....
FIRMA

Ing. Oscar Rosales MSc.
ASESOR



.....
FIRMA

IBARRA – ECUADOR
FEBRERO, 2024

**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	1005048564	
APELLIDOS Y NOMBRES	Minda Suriaga Christian Adrian	
DIRECCIÓN:	Mira - Carchi	
EMAIL:	camindas@utn.edu.ec / khristianadrian76@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0980334876

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	2350048043	
APELLIDOS Y NOMBRES	Montiel Castillo Josselyn Maribel	
DIRECCIÓN:	Ibarra - Imbabura	
EMAIL:	jmmontielc@utn.edu.ec / jossmontiel13@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0992136346

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS EN LA PARROQUIA LITA-IBARRA, ECUADOR
AUTORES:	Minda Suriaga Christian Adrian Montiel Castillo Josselyn Maribel
FECHA:	06 de febrero del 2025
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	PhD. Darío Paúl Arias

2. CONSTANCIAS

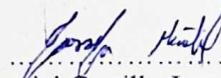
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y son titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldremos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

Ibarra, a los 06 días del mes de febrero de 2025

LOS AUTORES



.....
Minda Suriaga Christian Adrian
CL: 1005048564



.....
Montiel Castillo Josselyn Maribel
CL: 2350048043

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 06 de febrero de 2025

CHRISTIAN ADRIAN MINDA SURIAGA

JOSSELYN MARIBEL MONTIEL CASTILLO

EVALUACIÓN DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS EN LA PARROQUIA LITA-IBARRA, ECUADOR

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 06 de febrero de 2025.

DIRECTOR: PhD. Dario Paúl Arias

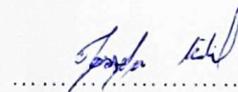
El objetivo de esta investigación evaluó el riesgo a deslizamientos en la parroquia rural de Lita, misma que se encuentra conformada por 15 comunidades. De acuerdo con lo mencionado este estudio planteó estrategias que permitan contribuir a la reducción de la vulnerabilidad y mejorar la capacidad de respuesta.

Ibarra, 06 de febrero de 2025

AUTORES



.....
Minda Suriaga Christian Adrian
Maribel



.....
Montiel Castillo Josselyn

DIRECTOR



.....
PhD. Dario Paúl Arias

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores CHIRSTIAN ADRIAN MINDA SURIAGA, con cédula de identidad Nro. 100504856-4 y JOSSELYN MARIBEL MONTIEL CASTILLO, con cédula de identidad Nro. 235004804-3, bajo mi supervisión en calidad de director.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Arias Muñoz', is written over a horizontal dotted line.

PhD. Darío Paúl Arias Muñoz

DIRECTOR

Ibarra, a los 6 días del mes de febrero del 2025

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de Integración Curricular se llevó a cabo gracias a las siguientes personas e instituciones:

A la Universidad Técnica del Norte, a la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. A nuestros docentes por siempre guiarnos a ser mejores y a los profesionales que hemos conocido en el camino, por los consejos que han encaminado nuestros criterios.

Agradecemos al Laboratorio de Geomática, y al Laboratorio de Geociencias y Medioambiente por el conocimiento y el apoyo en la ejecución del presente trabajo.

A nuestro director PhD. Darío Paúl Arias y a nuestro asesor Ing. Oscar Rosales MsC por su guía y predisposición en el progreso de la investigación.

Al GAD parroquial rural de Lita, por su apoyo logístico y de infraestructura.

A la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos por proporcionar la base de datos utilizada en la investigación

A nuestras familias y amigos por apoyarnos en los altos y bajos de esta etapa universitaria.

*Christian Adrian Minda Suriaga
Josselyn Maribel Montiel Castillo*

DEDICATORIA

A mi familia por estar presentes en cada momento de mi formación profesional.

A mis hermanos, que fueron partícipes de cada logro obtenido en mi vida.

A mi hermana mayor por ser el ejemplo desde el día uno para poder cosechar los logros y por permitirme ser mejor cada día en cualquier situación que me encuentre.

A mis amigos y compañeros de aula que he conocido en el transcurso de esta carrera universitaria, con quienes he pasado los mejores momentos de la universidad que se recordarán por siempre.

A Josselyn por permitirme ser parte de este trabajo de investigación y por permitirme ser parte de su vida.

En este trabajo de investigación se ve reflejado todo el sacrificio y entrega para que se convierta en un ejemplar para quienes nos han apoyado y brindado sus consejos.

Christian Adrian Minda Suriaga

DEDICATORIA

A mis padres María Castillo y Pablo Montiel, que siempre han estado presentes y me han apoyado en cada una de mis etapas. Por inculcarme el estudio, la independencia, las ganas de salir adelante haciendo las cosas bien y permitirme tomar mis propias decisiones.

A mi hermana Verónica Montiel, por ser la primera en alegrarse por mis logros, por dejar sus planes en segundo lugar para ponerme a mí como prioridad. Por ser un ejemplo como hermana mayor y tener el deseo de ser cada día mejor.

A doña Anita, Huguito, Lady, Alexita y Michael por recibirme en su casa como parte de su familia, por ser ese apoyo emocional en momentos difíciles y por enseñarme a ver la vida desde otra perspectiva. Especialmente a Doña Anita y Lady por ser mis cómplices en todo.

A mi compañero de tesis, por el gran equipo que hacemos juntos dentro y fuera de lo académico, por su insistencia en la autoeducación y por hacer todo para crecer juntos de la mejor manera.

A mis amigos, con quienes las risas nunca faltaron y han hecho más llevadera la estancia en la universidad.

Josselyn Maribel Montiel Castillo

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Revisión de Antecedentes	1
1.2. Problema de Investigación y Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	2
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.3.3. <i>Pregunta Directriz de la Investigación</i>	2
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Movimientos en Masa.....	3
2.2. Deslizamientos.....	4
2.2.1. <i>Deslizamiento Rotacional o de Rotación</i>	4
2.2.2. <i>Deslizamiento Traslacional o de Traslación</i>	5
2.3. Variables de los Deslizamientos	5
2.4. Vulnerabilidad.....	6
2.5. Peligro.....	8
2.6. Evaluación del Riesgo a Deslizamientos Mediante Sistemas de Información Geográfica	8
2.7. Marco Legal.....	8
2.7.1. <i>Tratados y Convenios Internacionales</i>	8
2.7.2. <i>Constitución del Ecuador 2008</i>	9
2.7.3. <i>Códigos y Leyes Orgánicas</i>	9
2.7.4. <i>Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado</i>	10
2.7.5. <i>Plan Nacional de Desarrollo 2024-2025 Eje Gestión de Riesgos</i>	10
3. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Descripción del Área de Estudio.....	12
3.1.2. <i>Tipos de Suelo</i>	13
3.1.3. <i>Clima</i>	14
3.1.4. <i>Estructura Social y Económica</i>	15
3.1.5. <i>Cultura</i>	15
3.2. Métodos.....	15

3.2.1. <i>Determinación del Peligro de Deslizamientos</i>	16
3.2.2. <i>Análisis de la Vulnerabilidad al Deslizamiento</i>	26
3.2.4. <i>Estrategias de Reducción del Riesgo al Desastre</i>	32
3.3. <i>Materiales y Equipos</i>	34
4. RESULTADOS.....	36
4.1 Determinación del peligro de deslizamientos	36
4.1.1. <i>Inventario de Deslizamientos</i>	36
4.1.2. <i>Factores Detonantes de Deslizamientos</i>	37
4.1.3. <i>Radio Frecuencia (FR)</i>	49
4.2. Análisis de la Vulnerabilidad al Deslizamiento	52
4.2.1. <i>Zonificación de la Vulnerabilidad a Deslizamientos por Probabilidad de Ocurrencia.</i>	52
4.2.2. <i>Vulnerabilidad por Capacidad de Respuesta</i>	53
4.4. Estrategias de Reducción del Riesgo al Desastre	56
4.4.1. <i>Método de Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)</i>	56
4.3.2. <i>Estrategia 1: Preparación</i>	57
4.3.3. <i>Estrategia 2: Respuesta a la emergencia</i>	60
4.3.4. <i>Estrategia 3: Recuperación</i>	62
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1. Conclusiones	64
5.2. Recomendaciones	65
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de movimientos en masa según Varnes (1978)	3
Tabla 2. Tipos de vulnerabilidad.....	7
Tabla 3. Comunidades de la parroquia Rural de Lita	13
Tabla 4. <i>Tipos de suelo de la parroquia Lita</i>	14
Tabla 5. Factores detonantes.....	17
Tabla 6. Clasificación de la elevación	18
Tabla 7. Porcentaje/Grado de Inclinación de una Pendiente	18
Tabla 8. Aspectos de la pendiente.....	19
Tabla 9. Curvatura plana y de perfil	20
Tabla 10. Distancia a redes de drenaje.....	21
Tabla 11. Distancia a fallas geológicas en la parroquia Lita	21
Tabla 12. Clasificación de Litología.....	22
Tabla 13. Clasificación NDVI	23
Tabla 14. Clases de precipitación	24
Tabla 15. Clasificación de la textura del suelo	25
Tabla 16. Distancia a vías de primer, segundo y tercer orden	25
Tabla 17. Tabulación del instrumento a través del método Baremo.....	29
Tabla 18. Indicadores de vulnerabilidad y capacidad.....	30
Tabla 19. Niveles de vulnerabilidad	31
Tabla 20. Materiales necesarios para la investigación.....	34
Tabla 21. Clasificación de cobertura de suelo	43
Tabla 22. Matriz de confusión	44
Tabla 23. Matriz FODA.....	57
Tabla 24. Estrategia para la preparación.....	59
Tabla 25. Estrategia para la respuesta.....	61
Tabla 26. Estrategia para la Recuperación.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deslizamiento Rotacional.....	4
Figura 2. Deslizamiento traslacional	5
Figura 3. Normativa ecuatoriana enfocada a la gestión de riesgos.....	11
Figura 4. Ubicación de la parroquia Lita	12
Figura 5. Procesos de la Gestión de Riesgos	32
Figura 6. Matriz FODA	33
Figura 7. Esquema de metodología.....	35
Figura 8. Inventario de deslizamientos	36
Figura 9. Mapa de Elevación	37
Figura 10. Mapa del Ángulo de la pendiente.....	38
Figura 11. Mapa del Aspecto de la pendiente.....	39
Figura 12. Mapa de Curvatura	40
Figura 13. Mapa de Distancia a ríos	41
Figura 14. Distancia a fallas geológicas	42
Figura 15. Cobertura del suelo.....	44
Figura 16. Mapa de Litología	45
Figura 17. Mapa de NDVI	46
Figura 18. Mapa de Precipitación	47
Figura 19. Mapa de Textura.....	48
Figura 20. Mapa de Distancia a vías.....	49
Figura 21. Susceptibilidad a deslizamientos.....	51
Figura 22. Validación con la curva ROC.....	52
Figura 23. Vulnerabilidad a deslizamientos por probabilidad de ocurrencia	53
Figura 24. Resultados del Baremo.....	54
Figura 25. Vulnerabilidad por capacidad de respuesta	54
Figura 26. Riesgo a deslizamientos en la parroquia Lita.....	56

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EVALUACIÓN DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS EN LA PARROQUIA LITA- IBARRA, ECUADOR

Nombre de los estudiantes: Christian Minda y Josselyn Montiel

RESUMEN

La probabilidad de deslizamientos en la parroquia Lita está ligada a las características del terreno. Sin embargo, no existen estudios detallados sobre los riesgos naturales en la zona, donde estos deslizamientos son recurrentes. Esta investigación se dividió en tres fases: la primera consistió en crear un mapa de susceptibilidad a deslizamientos mediante un inventario de 75 deslizamientos relacionados con 12 factores detonantes, a los cuales se les aplicó el método de Radiofrecuencia (FR). Se identificó cinco niveles de susceptibilidad, con los centros poblados en los niveles alto y muy alto. En la segunda fase, se evaluó la vulnerabilidad por probabilidad de ocurrencia y capacidad de respuesta, encontrando que la zona baja presenta el 96% de vulnerabilidad por probabilidad de ocurrencia, la zona media el 4% y la zona alta el 0%. La vulnerabilidad por capacidad de respuesta consistió en evaluar el nivel de respuesta ante una emergencia, para ello se aplicaron encuestas a los representantes de las comunidades, siendo Río verde bajo la comunidad con mayor vulnerabilidad por capacidad de respuesta. Se realizó un modelo de riesgo, donde el riesgo muy alto se concentra en las vías. Por último, a través del análisis FODA se propusieron tres estrategias basadas en la preparación, respuesta y recuperación, mismas que incluyen una serie de actividades lideradas por las autoridades competentes. Utilizando los SIG es posible identificar áreas de riesgo y vulnerabilidad, de manera que se pueda generar soluciones para mitigar y recuperar las zonas afectadas.

Palabras clave: deslizamientos, radiofrecuencia, vulnerabilidad, susceptibilidad

ABSTRACT

The probability of landslides in the Lita parish is linked to the characteristics of the terrain. However, there are no detailed studies on natural hazards in the area where landslides are recurrent. This research was divided into three phases. The first consisted of creating a landslide susceptibility map using an inventory of 75 landslides related to 12 triggering factors, to which the Radio Frequency (RF) method was applied. Five susceptibility levels were identified, with the high and very high population centers. In the second phase, the vulnerability was evaluated by the probability of occurrence and response capacity, finding that the low zone has 96% vulnerability by the probability of occurrence, the medium zone 4%, and the high zone 0%. Vulnerability by response capacity presents three levels in which the community of Río Verde Bajo is the most vulnerable. A risk model was made, where the very high risk is concentrated on the roads. Finally, through the SWOT analysis, three strategies were proposed based on the risk management circle, which include a series of activities led by the competent authorities, using GIS to identify areas of risk and vulnerability and generate solutions to mitigate and recover the affected areas.

Key words: landslides, radio frequency, vulnerability, susceptibility, susceptibility

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión de Antecedentes

A nivel mundial se han registrado grandes deslizamientos que han dejado efectos significativos en la población, su ocurrencia puede derivarse de otros procesos naturales como terremotos, erupciones volcánicas o por actividades humanas (Keller & Blodgett, 2004). La construcción de carreteras reactivó un deslizamiento antiguo que arrasó con 150 casas en Portuguese Bend, al sur de California (Linden, 1989). El deslizamiento inducido por el terremoto de Áncash, Perú en 1970 cubrió la ciudad de Yungan y Ranrahirca, dejando cerca de 20 mil fallecidos (Ericksen et al., 1970). En América latina se han registrado 78 deslizamientos en 23 años (OCHA & UNDRR, 2023).

Ecuador forma parte del cinturón de fuego del Pacífico, por lo que presenta alta actividad sísmica (Tibaldi et al., 1994). Además de sus características geológicas y climáticas que contribuyen a la incidencia de desastres ocasionados por fenómenos naturales (Núñez del Arco, 2003). En el registro histórico del Ecuador se destaca el deslizamiento de más de 200 millones de metros cúbicos del cerro Tamuga ocurrido en marzo de 1993, dejando 7000 damnificados (Zeas, 2013). El deslizamiento suscitado en Alausí el 26 de marzo del 2023 dejó 39 personas fallecidas, 163 viviendas destruidas y afectación de 2.32 km de la carretera E35 (Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos, 2023). A nivel local, el deslizamiento ocurrido en 2021, en la parroquia La Carolina, sector Guadual, inhabilitó la carretera E10 a la altura del kilómetro 114 (San Lorenzo Online, 2024).

La parroquia Lita se encuentra en una zona de fallas geológicas, por lo que es propensa a deslizamientos, puesto que los terremotos de subducción pueden derivar el desplazamiento vertical de dichas fallas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Lita, 2020; Huamán, 2019). La probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento dependerá de las características físicas y biológicas de la zona amenazada. Por lo que resulta importante tomar acciones a futuro que permitan prevenir el riesgo, así como acciones ante la emergencia que ayuden a preparar a la población ante una amenaza de deslizamiento (Keller & Blodgett, 2004).

1.2. Problema de Investigación y Justificación

Las condiciones ambientales junto con las actividades antrópicas como el cambio de uso de suelo y construcción de vías y asentamientos en zonas de peligro actúan como detonantes de los deslizamientos, elevando la vulnerabilidad y aflorando el riesgo (García, 2005; Keller & Blodgett, 2004; Suarez, 1998). En la parroquia Lita, los deslizamientos afectan la movilidad y economía de la población ya que inhabilitan la carretera Transversal Fronteriza E10 que conecta a tres provincias del norte del país (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).

Es importante conocer el nivel de peligro de deslizamientos que permitan determinar si el riesgo excede o no la capacidad de respuesta, caso contrario dicho escenario puede provocar pérdidas irreversibles (OEA, 1993). La ausencia de información sobre susceptibilidad a deslizamientos, la incidencia de las actividades productivas y las características físicas propias de la parroquia Lita motivaron a realizar el presente estudio. Se busca socializar los resultados obtenidos para que permitan a las autoridades tomar acciones ante las amenazas de deslizamientos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el riesgo a deslizamientos en la parroquia rural Lita-Ibarra, Ecuador con el fin de proponer estrategias para reducir el riesgo al desastre

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el peligro de deslizamientos en la parroquia rural de Lita
- Analizar la vulnerabilidad al deslizamiento en la parroquia Lita
- Proponer estrategias de reducción de riesgo de desastre por deslizamientos en la parroquia Lita

1.3.3. Pregunta Directriz de la Investigación

¿Cuáles son los factores que hacen de la parroquia Lita susceptible a deslizamientos?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Movimientos en Masa

Los movimientos en masa se definen como todo tipo de proceso de remoción litológica a favor de la pendiente por efecto de gravedad (Vargas, 2000). Generalmente el transporte de material varía en función de la pendiente y topografía (Keller & Blodgett, 2004). La ocurrencia de movimientos en masa se da por la debilidad progresiva que sufre el material y pueden ser detonados o influenciados por causas naturales tales como la precipitación y antrópicas como el cambio de uso de suelo que activan movimientos impredecibles (Aristizábal et al., 2010).

Los movimientos en masa se clasifican tomando en cuenta la velocidad de movimiento, tipo y tamaño del material, entre otros (ver Tabla 1). Una clasificación estándar resulta compleja e inadecuada debido a que es necesario tener claros los criterios que los caracterizan (Vargas, 2000). El término “deslizamiento”, proviene del inglés *landslide* y genera confusión debido a que su significado no se relaciona con su traducción al español. Por lo que resulta incorrecto asumir que dicho término abarca cualquier tipo de movimiento en masa (Montoya, 2014).

Tabla 1.

Tipos de movimientos en masa según Varnes (1978)

Tipo de movimiento
Caídas
Volcamientos
Deslizamientos
Rotacional Traslacional
Propagación lateral
Flujos
Movimientos completos

Nota. Adaptado de Hungr et al. (2014, p.169).

2.2. Deslizamientos

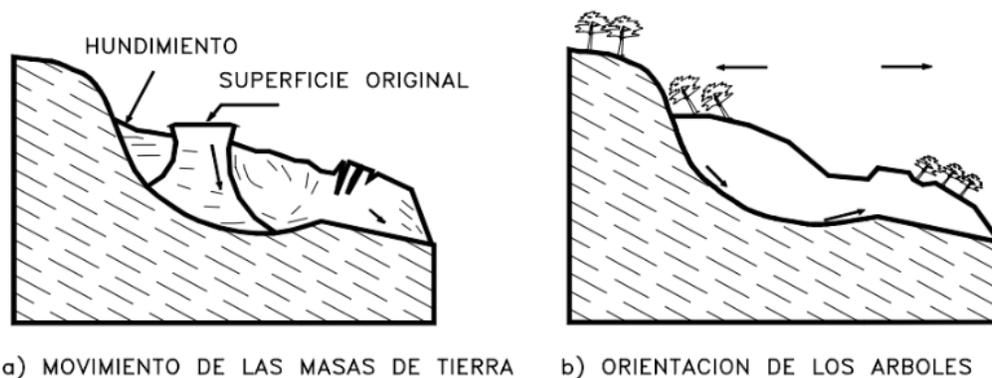
Los deslizamientos son procesos localizados que incluyen el movimiento de varios tipos de material (Hungry et al., 2014; Montoya, 2014). El material se mueve en dirección y sentido de la pendiente del talud como consecuencia de la fuerza de gravedad (Mora, 1993). van Westen et al. (2006) menciona que los deslizamientos no ocurren más de una vez en el mismo lugar, es decir, no se repite el evento, frecuencia ni magnitud debido a que se modifica de la forma del terreno. El talud se desestabiliza debido a las fallas que se producen cuando se excede los límites de resistencia de los materiales que lo componen (Cruden & Varnes, 1996). En función de la resistencia del material y la inclinación de la pendiente, los deslizamientos se clasifican en rotacional y traslacional (Keller & Blodgett, 2004; Mora, 1993).

2.2.1. Deslizamiento Rotacional o de Rotación

Un deslizamiento rotacional se da en masas rocosas muy débiles por la sobrecarga de una masa de roca más grande, haciendo que la masa débil se incline hacia atrás y se hunda de forma curva o cóncava, generando un efecto “cuchara” (ver Figura 1) (Keller & Blodgett, 2004). Este tipo de deslizamiento se da a una velocidad moderadamente lenta, sin embargo, la velocidad tiende a aumentar creando avalanchas de roca a mayor velocidad (Hungry et al., 2014). Los deslizamientos rotacionales pueden continuar a lo largo del tiempo o reactivarse parcial o totalmente, de tal manera que producen cambios en la topografía (Ma et al., 2023).

Figura 1.

Deslizamiento Rotacional



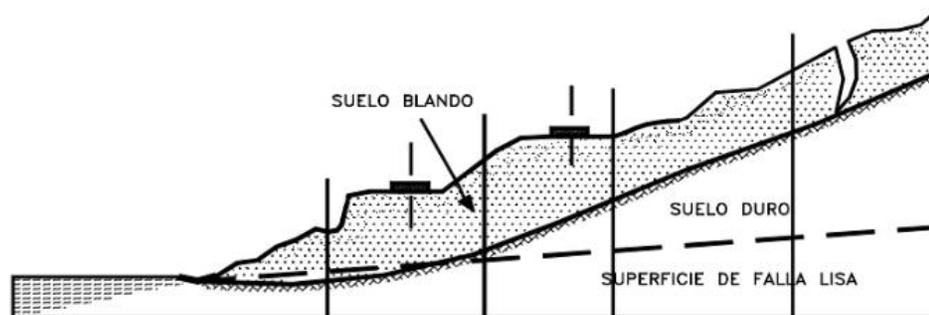
Nota. Adaptado de *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales* (p.19), por J. Suárez, 1998, Ingeniería de Suelos Ltda.

2.2.2. Deslizamiento Traslacional o de Traslación

Los deslizamientos traslacionales son los más comunes y causan daños catastróficos. Al contrario del deslizamiento rotacional, la superficie de ruptura del deslizamiento traslacional tiene poca inclinación (ver Figura 2) y la masa se mueve de forma paralela a la pendiente (Mora, 1993). Estos deslizamientos son controlados por fracturas, fallas o baja resistencia al corte de ladera (Suárez, 1998). Ciertos deslizamientos traslacionales permanecen inestables posterior a su ocurrencia, sigue el patrón anterior a la falla, la deformación de la superficie de falla depende de la modificación del entorno (Wang et al., 2022).

Figura 2.

Deslizamiento traslacional



Nota. Adaptado de *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales* (p.19), por J. Suárez, 1998, Ingeniería de Suelos Ltda.

2.3. Variables de los Deslizamientos

Los cambios naturales en los ecosistemas pueden inducir un deslizamiento ya sea rotacional o traslacional. Es necesario tomar en cuenta el factor hidrológico para conocer su rol en la ocurrencia de deslizamientos ya que el agua tiene casi la misma importancia que la gravedad en la estabilidad del talud (Briones & Ebecken, 2017; Suárez, 1998). Para representar dicho factor en la evaluación del peligro de deslizamientos se puede usar datos de precipitación, en la parroquia Lita la precipitación anual varía de 1500 a 3500 mm (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita,” 2024).

Suárez (1998) menciona que los deslizamientos en zonas tropicales se encuentran correlacionadas con la topografía, sismicidad, meteorización y las precipitaciones intensas. Si se trata de un deslizamiento traslacional o rotacional, el factor detonante varía entre 70 mm y 200 mm/25 días, respectivamente (Aristizábal et al., 2010a). Mientras que Gariano & Guzzetti (2016); Mergili et al. (2015); Soldati & Borgatti (2009) lo relacionan al cambio climático, terremotos y actividad volcánica, además de la actividad humana como el corte de ladera para construcción de vías.

2.4. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es una condición netamente antrópica que se da cuando pierde su adaptación a ciertas circunstancias. La amenaza y la vulnerabilidad están estrechamente relacionadas debido a que se condicionan mutuamente (Cardona, 2001). Los países en vías de desarrollo evidencian la vulnerabilidad expresada en la vida diaria, por lo que el nivel social está relacionado a la probabilidad de afectación por deslizamientos y la resiliencia ante dicho fenómeno (Soria, 2016). Actualmente se cuenta con mayor preocupación ante el riesgo, la sociedad es un sistema y todos sus elementos están interconectados (ver Tabla 2). Por lo tanto, la vulnerabilidad global deriva distintas vulnerabilidades interconectadas entre sí (Wilches-Chaux, 1993).

Tabla 2.

Tipos de vulnerabilidad

Tipos de vulnerabilidad	
Vulnerabilidad natural	Todo ser vivo es vulnerable a los límites ambientales para la vida y las exigencias de propias de su organismo.
Vulnerabilidad física	Se pueden aplicar medidas de mitigación estructurales y no estructurales. Sin embargo, resulta complejo evacuar de lugares peligrosos a una comunidad que se beneficia de dicho espacio para su subsistencia.
Vulnerabilidad Económica	Los sectores más pobres son los más vulnerables al riesgo. <ul style="list-style-type: none">• Vulnerabilidad humana, resultado de la pobreza y desigualdad• Degradación ambiental, resultado de la explotación de los recursos naturales• Rápido crecimiento demográfico del sector pobre.
Vulnerabilidad Social	Falta de liderazgo para forjar la identidad individual y social de la comunidad y de sus miembros para construir una sociedad nueva a partir de la crisis.
Vulnerabilidad Política	Incapacidad de que el problema trascienda para que sea atendido e incapacidad de que la comunidad resuelva el problema por sí misma.
Vulnerabilidad Técnica	Falta de diseños o tecnologías que permitan tolerar el desastre, al ser “compradores y no generadores de tecnología” se puede dar un riesgo de origen humano debido a la falta de manejo y control de estas.
Vulnerabilidad Ideológica	La respuesta ante el desastre depende de la perspectiva del mundo y del lugar que cree que ocupa la comunidad.
Vulnerabilidad Cultural	No tienen la misma reacción al desastre comunidades con distintas culturas, además de los medios de comunicación que, en lugar de promover la prevención, resalta la impotencia de afrontar los desastres.
Vulnerabilidad Educativa	El procesamiento de información con el propósito explícito de reducir la vulnerabilidad. Se necesita educar en función a lo que se vive.
Vulnerabilidad Ecológica	Toda acción humana genera una respuesta en los ecosistemas. La humanidad debe reajustar su lugar en el planeta.
Vulnerabilidad Institucional	Capacitar a instituciones para el control del desastre, entrenamiento ante la emergencia, activación de planes de contingencia y revisión de la normativa hace que el Estado tenga una mejor reacción y disminuya poco a poco la vulnerabilidad.

Nota. Adaptado de Wilches-Chaux (1993).

2.5. Peligro

El peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural en una locación definida en espacio y tiempo, la severidad que genere a la integridad de la humanidad, es decir, la cantidad de pérdidas esperadas por causa de un deslizamiento (Marín et al., 2020). El riesgo suele calcularse como el producto entre la frecuencia de ocurrencia y la cuantificación del daño. Por lo tanto, un deslizamiento no es un riesgo, es un proceso natural que se vuelve riesgo cuando amenaza la vida humana (Keller & Blodgett, 2004).

2.6. Evaluación del Riesgo a Deslizamientos Mediante Sistemas de Información Geográfica

La aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) permite mejorar los estudios sobre deslizamientos, ya que generan resultados con mayor precisión, además de optimizar el tiempo y los recursos con una gran eficacia (Soto & Rojas, 2015). Los SIG son herramientas que permiten identificar y evaluar las zonas susceptibles a deslizamientos a través de la zonificación de áreas de importancia y su representación cartográfica (Jiménez, 2009, como se citó en Soto & Rojas, 2015). Con la ayuda de los SIG se puede trabajar para prevenir y mitigar los riesgos ante estos eventos y posteriormente tomar decisiones que reduzcan la vulnerabilidad de la población afectada (Guzzetti et al., 2020; Uribe et al., 2019).

2.7. Marco Legal

2.7.1. Tratados y Convenios Internacionales

El Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015–2030 es una estrategia internacional en la que cada Estado es responsable de la prevención y reducción del riesgo de desastres. Se busca generar mecanismos que sean aplicados por cada uno de los gobiernos para que se comprenda de mejor manera el riesgo de desastres en todas sus dimensiones. Las naciones deben incorporar cuatro prioridades de acción establecidas en la mencionada estrategia para la ejecución de sus políticas públicas y planes de gestión de riesgo:

- Comprender el riesgo de desastres
- Fortalecer la gobernanza para gestionar el riesgo de desastres
- Invertir para la resiliencia
- Aumentar la preparación para la rehabilitación y recuperación

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) o Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible reconoce la necesidad urgente de reducir el riesgo de desastres. Además del Marco de Sendai, el objetivo 4 (Educación de calidad) promueve incluir el riesgo de desastre y todo tipo de amenazas en los planes de estudio de todos los niveles. El objetivo 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) fomenta la adopción de políticas que incluyan el riesgo en el transporte, agua, energía, salud, entre otros. El objetivo 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) propone la integración del riesgo de desastres en la planificación urbana y uso de suelo, respaldada por la normativa pertinente.

2.7.2. Constitución del Ecuador 2008

En la Constitución del Ecuador se hace énfasis en que el Estado central tendrá competencias exclusivas sobre el manejo de desastres naturales (Art. 261), además de ejercer rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley para proteger a la población y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales (Art. 389). Uno de los componentes del Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social es la gestión de riesgos, donde las víctimas desastres naturales o antropogénicos recibirán atención prioritaria y especializada en los ámbitos público y privado (Art. 340-35).

2.7.3. Códigos y Leyes Orgánicas

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) establece que le corresponde al gobernador/a (Art. 37), prefecto/a (Art. 50) y alcalde (Art. 60) dictar, en caso de emergencia grave, ocasionada por desastres naturales, bajo su responsabilidad y en la sesión subsiguiente medidas de carácter urgente y transitorio y dar cuenta de ellas al consejo, cuando se reúna, si a este hubiere correspondido adoptarlas para su ratificación. Además de que, en caso de emergencia declarada, le corresponde al presidente/a de la junta parroquial rural requerir la cooperación de la Policía Nacional, Fuerzas Armadas y servicios de auxilio y emergencias, siguiendo los canales legales establecidos (Art. 70).

La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo establece en el art. 11 que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) observarán, en el marco de sus competencias, los riesgos naturales y antrópicos de ámbito cantonal o distrital, la accesibilidad del medio urbano

y rural, y establecerán las debidas garantías para la movilidad y el acceso a los servicios básicos y a los espacios públicos de toda la población. La Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres menciona en el art. 4 los principios de autoprotección como el mejoramiento de la capacidad de las comunidades para afrontar emergencias y de corresponsabilidad como el compromiso legal y ético asumido por el Estado y la ciudadanía para la gestión integral del riesgo de desastres.

El art. 6 menciona los procesos de la gestión integral del riesgo de desastres: comprensión, conocimiento, previsión y monitoreo del riesgo de desastre, prevención del riesgo de desastres, mitigación, preparación y fortalecimiento de capacidades para la respuesta ante emergencias y desastres, respuesta ante emergencias y desastres, preparación para la recuperación post desastre y recuperación post desastre. El ente rector de la gestión integral del riesgo de desastres y la Autoridad Ambiental Nacional, remitirán al ente rector de la planificación los enfoques de gestión integral del riesgo de desastres, la gestión ambiental, la mitigación y adaptación al cambio climático. Los instrumentos para dicha planificación se encuentran en el art. 44, los medios de comunicación para difundirlo en el art. 61 y los lineamientos para su implementación en el art. 62.

2.7.4. Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado

Art. 26.- La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos diseñará y aplicará programas de capacitación dirigidos a las autoridades, líderes comunitarios, población en general y medios de comunicación, para desarrollar destrezas en cuanto a la prevención, reducción mitigación de los riesgos de origen natural y antrópico.

Art. 27.- El organismo Rector, contará con una estrategia nacional de comunicación social sobre gestión de riesgos.

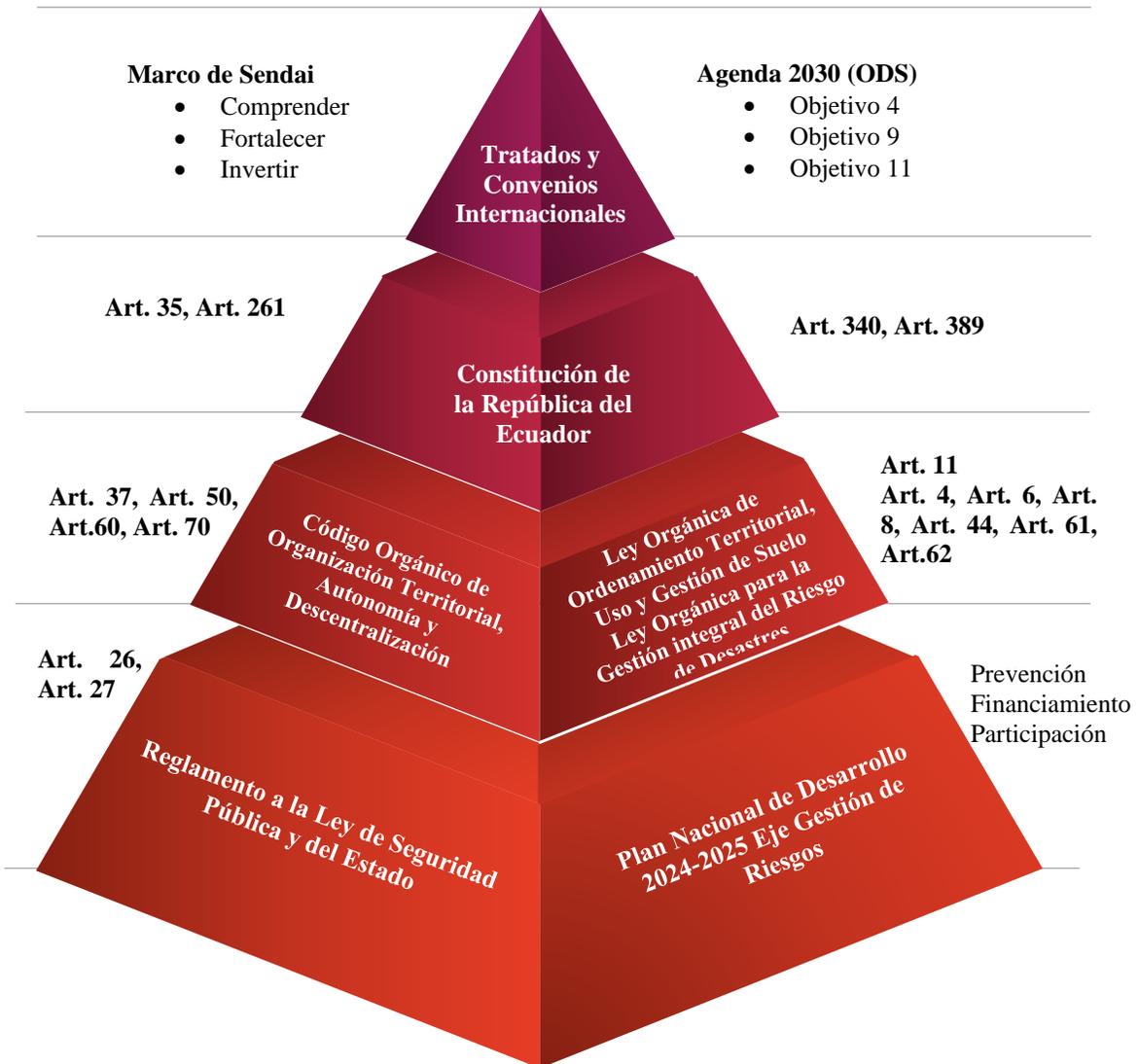
2.7.5. Plan Nacional de Desarrollo 2024-2025 Eje Gestión de Riesgos

Entre las problemáticas identificadas se evidencia la falta de políticas económicas que promuevan ciudades y comunidades resilientes frente a riesgos. La ciudadanía marca el análisis del tráfico de tierras ya que se construye en zonas de alto riesgo sin los respectivos permisos. Resulta necesario aplicar estrategias integrales enfocadas a la gestión de riesgos, que permitan mejorar la resiliencia a mediano y largo plazo. Entre las medidas para gestionar las emergencias y

desastres de manera oportuna y eficiente se encuentran las medidas preventivas, financiamiento y participación ciudadana.

Figura 3.

Normativa ecuatoriana enfocada a la gestión de riesgos



CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Descripción del Área de Estudio

La parroquia rural de Lita está ubicada en el cantón Ibarra, situado al noroccidente de la provincia de Imbabura, con un rango altitudinal que varía de 600 a 2400 msnm (ver Figura 4 y Anexo 1). Tiene una extensión de 238,35 km² y 15 comunidades (ver Tabla 3) con un total de 3964 habitantes (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita,” 2024). Se realizó una salida de campo para reconocer el área de estudio (ver Anexo 2), para dirigirse desde Ibarra a la parroquia Lita se transita por las vías de primer orden E-35 hasta la parroquia Salinas y E-10, la cual conecta con la provincia de Esmeraldas (Jurado, 2019). Las vías de segundo y tercer orden, al ser lastradas, dificultan el traslado de los productos hacia la vía principal E-10 (Sccaco, 2020).

Figura 4.

Ubicación de la parroquia Lita

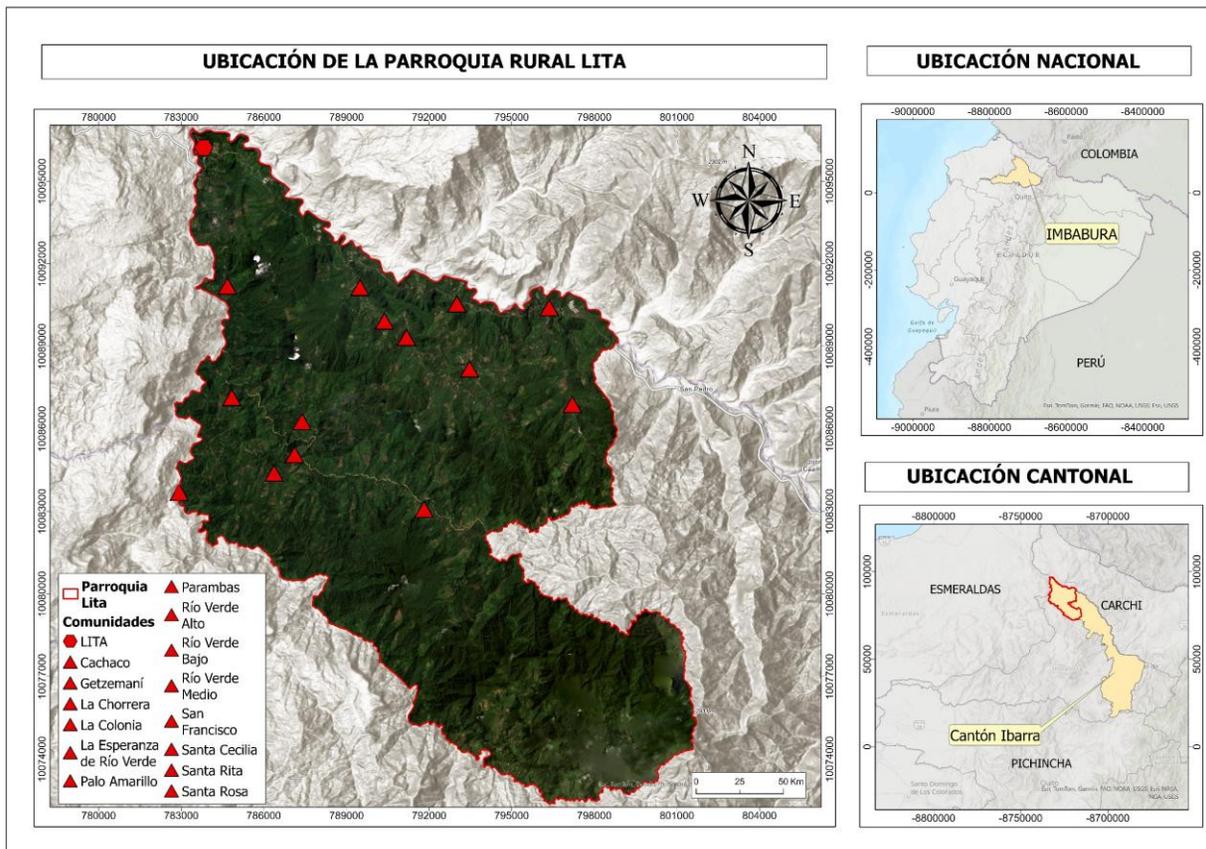


Tabla 3.

Comunidades de la parroquia Rural de Lita

Comunidades de la parroquia Lita	
N°	
1	Cachaco
2	Santa Rosa
3	Santa Rita
4	Palo Amarillo
5	Parambas
6	Lita
7	La Colonia
8	Getzemaní
9	La Esperanza de Río Verde
10	Santa Cecilia
11	Río Verde Bajo
12	Río Verde Medio
13	Río Verde Alto
14	San Francisco
15	La Chorrera

Nota. Adaptado de Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita” (2024).

3.1.2. Tipos de Suelo

La parroquia Lita cuenta con diversos tipos de suelo (ver Tabla 4), predominando el Andisol de origen volcánico, caracterizado por su textura franco-arcillosa y alto contenido de materia orgánica (Salazar, 2015). La pendiente media de la parroquia, que varía entre 12–25%, influye en el drenaje del suelo, siendo deficiente en las zonas planas y eficiente en terrenos inclinados (Ibáñez et al., 2011). En cuanto a la cobertura del suelo, destacan el bosque nativo y cultivos como plátano (*Musa x paradisiaca*), naranjilla (*Solanum quitoensis*), yuca (*Manihot esculenta*), papaya (*Carica papaya L.*) (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita,” 2024).

Tabla 4.*Tipos de suelo de la parroquia Lita*

Orden de suelo	Característica	Área (ha)	Porcentaje
Alfisol	Suelo mineral sobre un horizonte arcilloso y de poca infiltración	232,4	0,98%
Andisol	Origen volcánico y fértil, textura franca en la superficie y arcilla en la profundidad	15329,15	64,31%
Entisol	Derivado de aluviones y erosión de pendientes fuertes, textura franco-arenosa	1290,59	5,41%
Inceptisol	Poco desarrollado (depósitos recientes), contenido de arcilla más elevado	6341,72	26,61%
Mollisol	Color oscuro, rico en materia orgánica en el horizonte superficial, textura arcillosa	251,76	1,06%
Tierras misceláneas	Tienen poco o nada de suelo (económicamente improductivas)	361	1,51%
No aplica		28,73	0,12%
Total		23835,35	100%

Nota. Adaptado de Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita” (2024).

3.1.3. Clima

La geomorfología define el terreno y el clima lo moldea dinámicamente a través del tiempo, dando lugar a una interacción constante que modifica el paisaje. (Brunsdén, 2001). Los factores que determinan el clima en el Ecuador son la longitud, latitud, relieve y el océano pacífico. En base a ello, la clasificación climática propuesta por el Dr. Pierre Pourrut define el clima mesotérmico para temperaturas entre 12 y 22°C y megatérmico para temperaturas mayores a 22°C (Pourrut, 1987). La parroquia Lita presenta un clima megatérmico húmedo y mesotérmico semihúmedo en las zonas más elevadas, con precipitaciones entre 1500 y 3500 mm y temperaturas de 12 a 24°C (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita,” 2024). Las intensas lluvias exceden la capacidad de retención de agua, provocando inestabilidad en las laderas (Aristizábal et al., 2010). Los ecosistemas de bosque siempreverde montano y piemontano de cordillera occidental de los Andes, considerados frágiles, son prioritarios para la conservación. La

geomorfología dominante en la parroquia Lita son las vertientes externas de la cordillera occidental, con 21471,7 hectáreas.

3.1.4. Estructura Social y Económica

Las principales actividades de la parroquia Lita incluyen diversos emprendimientos locales, como producción de chifles, café, panela, chocolate, licores artesanales, artesanías, asociación de costura y fincas agroturísticas. El turismo destaca por sus recorridos a las siete cascadas, donde los visitantes pueden disfrutar de la flora y fauna, balnearios y paisajes emblemáticos como La Bocana donde confluyen ríos Mira y Lita (Salas, 2011). La economía local se sustenta principalmente en la agricultura y ganadería, con una notable producción de cultivos son fundamentales para la economía de la parroquia, destacando la variedad de cultivos, lácteos y carne. No obstante, la parroquia enfrenta el desafío de la comercialización debido a la deficiente estructura vial y de transporte, lo que dificulta el traslado de productos, especialmente desde las comunidades más alejadas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita,” 2024).

3.1.5. Cultura

La autoidentificación étnica se basa en tradiciones, ascendencia, entre otros, la parroquia Lita comprende en su mayoría a los mestizos (46, 29%), indígenas (43, 60%) y afroecuatorianos (9, 26%). La población indígena incluye la comunidad Awá con el 98, 61% del total de la población con 1704 habitantes, los Kichwa, Achuar, Cachi y Shuar representan el 1,39% restante. La comunidad Awá se caracteriza por sus asentamientos dispersos que se ubican en altitudes que van de los 500 a los 1500 msnm, donde prefieren las zonas bajas para cultivar y las zonas altas para la cacería (SISAWU, 2023).

3.2. Métodos

La metodología se estructuró en tres fases alineadas con los objetivos de la investigación (ver Figura 7). En la primera fase, se identificaron las zonas con mayor peligro de deslizamientos en la parroquia Lita a través del método de radiofrecuencia. La segunda fase consistió en evaluar la vulnerabilidad a deslizamientos, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia y la capacidad de respuesta por comunidad. Finalmente, en la tercera fase se diseñaron estrategias que permitan

reducir el riesgo de desastre por deslizamientos, utilizando los resultados de las dos fases anteriores a través del análisis el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas).

Se realizó un álgebra de mapas cuya unión resultó en un mapa de susceptibilidad a deslizamientos del área de estudio, permitiendo determinar las comunidades más susceptibles. La interpretación y validación de los datos se basaron en el inventario de deslizamientos ocurridos en la parroquia Lita y su relación con los factores detonantes. Para evaluar la confiabilidad y eficiencia del modelo en la predicción de futuros deslizamientos se empleó la curva ROC (Receiver Operating characteristic Curve), cuyo resultado respalda su precisión (Anís et al., 2019).

3.2.1. Determinación del Peligro de Deslizamientos

Se recopiló información sobre los deslizamientos ocurridos en la parroquia Lita a través de la Secretaría de Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), salidas de campo y canales informativos de prensa online. Los datos obtenidos se analizaron para depurar la información, adicionalmente se realizó una lista de factores detonantes basados en la zona de estudio, de acuerdo con la metodología aplicada por Althuwaynee et al. (2014). Una vez procesada dicha información, se procedió a la utilizar insumos cartográficos para la obtención de un mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia Lita.

3.2.1.1. Inventario de Deslizamientos.

Los inventarios de deslizamientos históricos son esenciales para analizar el peligro a deslizamientos (Legorreta et al., 2014) ya que permiten calcular la probabilidad de ocurrencia a próximos deslizamientos al relacionarlos con los factores detonantes (Anís et al., 2019; Martha et al., 2013). Se realizó un inventario de forma manual mediante salidas de campo (Anexo 3 y 4) y registros históricos obtenidos de la SNGR, dicha información fue clasificada aleatoriamente en datos de entrenamiento (75%) y de prueba (25%). Para realizar el mapa del inventario de deslizamientos se utilizó el software ArcGIS Pro, versión 3.4.

3.2.1.2. Factores Detonantes de Deslizamientos.

El método de radiofrecuencia relaciona la incidencia de factores naturales en la ocurrencia de deslizamientos. Althuwaynee et al. (2014) tomó en cuenta quince factores causales de

deslizamientos con los que se generó el mapa se susceptibilidad de deslizamientos. Sin embargo, para la presente investigación se utilizaron los factores más relevantes al área de estudio con base a las características geológicas, edáficas y climáticas propias del lugar (ver Tabla 5). Una vez identificados los factores se realizó la cartografía con datos tipo ráster y vectorial, siguiendo la metodología mencionada.

Tabla 5.

Factores detonantes

No	Factores detonantes	Fuente
1	Elevación	https://www.worldclim.org/data/bioclim.html
2	Ángulo de la pendiente	DEM
3	Aspecto de la pendiente	DEM
4	Curvatura de perfil y de plano	DEM
5	Distancia a redes de drenaje	https://www.geoportalignm.gob.ec
6	Distancia a fallas geológicas	https://www.geoenergia.gob.ec/
7	Cobertura y uso del suelo	https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope
8	Litología	https://www.geoenergia.gob.ec/
9	Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)	https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope
10	Precipitación	https://www.worldclim.org/data/bioclim.html
11	Textura del suelo	https://www.geoportalignm.gob.ec
12	Distancia a vías	https://www.geoportalignm.gob.ec
13	Imagen satelital (resolución 4,7m)	https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope

Nota. Factores ajustados al área de estudio, basados en la metodología de radiofrecuencia aplicada por Althuwaynee et al. (2014).

Elevación

La elevación de un sitio determinado es el resultado de la combinación de la actividad tectónica y los procesos de erosión cuyos elementos están relacionados con las condiciones climáticas propia del lugar. Por lo que la elevación es considerada, según los análisis de los datos disponibles, como un factor influyente en los eventos de deslizamientos. Se utilizó un DEM de 10 x10 metros donde se realizó la clasificación en cinco categorías (ver Tabla 6) a 200 metros de distancia (Gruber & Haeberli, 2007; Rozos et al., 2008).

Tabla 6.*Clasificación de la elevación*

Elevación	
Clase	Intervalo (msnm)
1	527
2	527-727
3	727-927
4	927-1127
5	>1127

Ángulo de la Pendiente.

La pendiente es una forma de medir el grado o porcentaje de inclinación del terreno, esto indica cuánto se inclina el mismo con respecto a la horizontal y puede ser pendiente de subida o de bajada (Coppons R. & Tallada A., 2009). Se realizó un mapa de pendientes mediante un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 10 x 10 metros, con el software ArcGIS Pro se obtuvieron los grados de inclinación que luego fueron reclasificados (ver Tabla 7). Los deslizamientos tienen mayor probabilidad de ocurrencia en pendientes pronunciadas (Keller & Blodgett, 2004, como se citó e Nilsen et al., 1976). Sin embargo, esto no quiere decir que no ocurran en pendientes menores (OEA, 1993).

Tabla 7.*Porcentaje/Grado de Inclinación de una Pendiente*

Clase	Porcentaje	Grado	Relieve
1	0-5%	0-2,9°	Plano
2	5-12%	2,9-6,84°	Ligeramente ondulado
3	12-25%	6,84-14,04°	Ondulado
4	25-50%	14,04-26,57°	Montañoso
5	50-70%	26,57-34,99°	Muy montañoso
6	>70%	>34,99°	Escarpado

Nota. Se tomó en cuenta la inclinación en porcentaje (%)

Aspecto de la Pendiente.

El aspecto hace referencia a la orientación de la pendiente en relación con los puntos cardinales, incide en la inestabilidad de la pendiente ya que a mayor o menor radiación solar se satura el material de la ladera (Moreiras, 2009). La orientación de la pendiente mejora la percepción morfológica del territorio debido a que conforme varía la orientación, se modifican las condiciones micro climáticas y ambientales (López-Gómez et al., 2012). Se calculó el aspecto a partir del DEM de 10x10 metros con la herramienta *Aspect (3D Analyst)* del software ArcGIS Pro y los valores fueron reclasificados con la finalidad de conocer la dirección de brújula a la que se dirige la superficie del área de estudio (ver Tabla 8).

Tabla 8.

Aspectos de la pendiente

Código	Dirección de la Pendiente	Intervalo (grados)
-1	Sin dirección	Plano
1	Norte	0° - 22.5°
2	Noreste	22.5° – 67.5°
3	Este	67.5° – 112.5°
4	Sureste	112.5° – 157.5°
5	Sur	157.5° – 202.5°
6	Suroeste	202.5° – 247.5°
7	Oeste	247.5° – 292.5°
8	Noreste	292.5° – 337.5°
9	Norte	337.5° – 360°

Nota. Modificado de ESRI (2023).

Curvatura de Perfil y de Plano.

La curvatura se refiere al cambio de la pendiente alrededor de la zona analizada (Felicísimo, 1994). La curvatura de perfil está en dirección a la pendiente máxima, se clasifica en función del signo, si el signo es negativo la superficie es convexa, si es positivo es cóncava y si es nula o su valor es cero es lineal. La curvatura de plano es perpendicular a la dirección de la pendiente máxima, si el signo es positivo la superficie tiene doble concavidad, si es negativo es doble convexo y si es cero es doble recto (ESRI, 2022). Para determinar las características de la pendiente

de la parroquia Lita se utilizó la herramienta *Curvatura (3D Analyst)* del software ArcGIS Pro y los valores se clasificaron en los tres tipos mencionados (ver Tabla 9).

Tabla 9.

Curvatura plana y de perfil

		Tipos de curvatura		
		Clase	Valor	Símbolo
Perfil		Convexo	-	
		Cóncavo	+	
		Recto	0	
Plano		Doble concavidad	+	
		Doble convexo	-	
		Doble recto	0	

Distancia a Redes de Drenaje.

La densidad del drenaje es la relación entre la longitud de los ríos en un área determinada (Nagarajan et al., 2000). La distancia de drenaje es inversamente proporcional a la infiltración y la rapidez del flujo, ya que, a mayor densidad, menor es la infiltración y más rápido es el flujo superficial (Demir et al., 2013; Park et al., 2013). Para el presente estudio se generó un ráster, con un sahepfile tipo línea de los ríos presentes en el área de estudio, a los cuales se les aplicó la distancia euclidiana del software ArcGIS Pro y se reclasificaron en seis clases con un intervalo de 100 metros (ver Tabla 10).

Tabla 10.

Distancia a redes de drenaje

Redes de drenaje	
Clase	Intervalo (metros)
1	< 100
2	100-200
3	200-300
4	300-400
5	400-500
6	>500

Distancia a Fallas Geológicas.

Las fallas geológicas y los deslizamientos de tierra son fenómenos naturales que al combinarse pueden generar graves problemas en la zona de influencia, razón por la cual es de vital importancia analizarlas (Palomino, 2021). Se generó un ráster a partir de la cartografía del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2017). Se recortó la información con el área de estudio, posteriormente se aplicó una distancia euclidiana del software ArcGIS Pro y se reclasificó dicha información en cinco clases con un intervalo de 200 metros (ver Tabla 11).

Tabla 11.

Distancia a fallas geológicas en la parroquia Lita

Distancia a fallas	
Clase	Intervalo (metros)
1	< 200
2	200-400
3	400-600
4	600-800
5	> 800

Cobertura del Suelo.

La cobertura del suelo incide en la estabilidad de la pendiente ya que un talud con vegetación disminuye la ocurrencia de deslizamientos (Dai & Lee, 2002). Sin embargo, también puede influir en la inestabilidad del terreno por lo que depende de las características de la zona y el tipo de cobertura (Marín & Osorio, 2017; Pineda et al., 2016). Para ello se aplicó la metodología de clasificación supervisada con el método de máxima similitud, empleando imágenes PlanetScope con resolución 4,7m. Posteriormente se validó el resultado con la matriz de confusión de *Marco Vanetti* para verificar la persistencia de la metodología utilizada con la cobertura de suelo real de la parroquia Lita.

Litología

Los deslizamientos están estrechamente relacionados con la estabilidad del talud, las propiedades de las rocas y sus cambios (Yalcin, 2007). La meteorización de las rocas es intensa en suelos tropicales debido a las altas temperaturas, las lluvias abundantes y la estabilidad de los materiales que las componen (Agudelo, 2012, como se citó en Gidigasú, 1972). Un suelo arcilloso se volverá más suave y pegajoso, lo que puede desencadenar deslizamientos. Por ello, se empleó la carta geológica de Lita a escala 1:50.000 elaborada por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2017) para obtener la clasificación en nueve clases (ver Tabla 12).

Tabla 12.

Clasificación de Litología

Clase	Tipo de roca
1	Andesitas
2	Granodiorita
3	Areniscas
4	Arenas de grano medio a grueso, gravas y bloques
5	Arenas de grano medio a fino
6	Basaltos
7	Arenas de grano medio a grueso
8	Ceniza y lapilli
9	Conglomerado compacto

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

El NDVI refleja las bandas espectrales rojo visible e infrarrojo cercano en la vegetación saludable y enferma. Es decir, relaciona la energía absorbida y emitida por la vegetación identificada en las imágenes satelitales planetscop con resolución 4,7m donde la vegetación saludable tiene un valor de 0 a 1 y la vegetación enferma un valor de -0,1 a -1 (Doan et al., 2023). Los valores del NDVI se obtuvieron mediante la división de la suma entre la diferencia las dos bandas mencionadas (ver ecuación 2). Posteriormente los valores de NDVI obtenidos se reclasificaron en 5 clases (ver Tabla 13).

Ecuación 1.

Fórmula del NDVI

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Donde:

NIR: luz de infrarrojo cercano

RED: luz roja visible

En la tabla 13 se describen las 5 clases del factor Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

Tabla 13.

Clasificación NDVI

Clasificación de los valores de NDVI		
Clases	Valor	Clasificación
1	0.467	Vegetación nula (VN)
2	0.467-0.647	Vegetación pobre (VP)
3	0.647 – 0.749	Vegetación moderada (VMo)
4	0.749 - 0.839	Vegetación mediana (VM)
5	0.839 - 1	Vegetación alta (VA)

Precipitación

La precipitación aumenta el contenido de agua en el suelo y estimula la movilización del material, esto puede deberse a la intensidad de la precipitación o a la disminución de la resistencia del talud (Aristizábal et al., 2010; Yalcin, 2007). En la parroquia Lita el suelo de textura arcillosa

cubre más del 50% de la superficie (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita,” 2024). El mapa de precipitación se realizó a partir de los datos históricos de WorldClim en formato TIF, correspondientes al período 1970-2000 con 1km de resolución (Fick & Hijmans, 2017). Para ello se realizó un *downscaling* estadístico con el software SAGA GIS, se recortó y reclasificó la información con el área de estudio (Arias-Muñoz et al., 2023) (ver Tabla 14).

Tabla 14.

Clases de precipitación

Precipitación	
Clase	Intervalo (mm)
1	956-1283
2	1283-1591
3	1591-1805
4	1805-2024
5	2024-2469

Textura del Suelo.

La textura del suelo se basa en la cantidad de partículas de arena, limo y arcilla, la infiltración depende del tamaño de los poros de cada partícula, de manera que, en la textura arenosa, el agua tiende a infiltrarse más rápido que en la textura arcillosa (Millám et al., 2010). Un deslizamiento puede ser el resultado del aumento de presión en los poros a causa de lluvias intensas o de la falta de resistencia del material al mantener la inclinación de la pendiente (Deere & Patton, 1971). Para realizar el mapa se obtuvo cartografía de parámetros edáficos del recurso suelo a partir del geo portal del Instituto Geográfico Militar (INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, 2017). Se recortó la información con el área de estudio y se reclasificó en siete clases (ver Tabla 15).

Tabla 15.

Clasificación de la textura del suelo

Clases	Tipo de textura
1	Areno francoso
2	Franco arenoso
3	No aplicable
4	Franco arcilloso
5	arcilloso
6	Franco
7	Franco arcillo-arenoso

Distancia a Vías.

Para dirigirse desde Ibarra a la parroquia Lita se transita por las vías de primer orden E-35 hasta la parroquia Salinas y E-10, la cual conecta con las provincias de Imbabura, Carchi y Esmeraldas (Jurado, 2019). En esta ruta se suscitan varios deslizamientos, al igual que en las vías de segundo y tercer orden, que además de ser lastradas, son usadas por los comuneros para sacar sus productos hacia la vía principal E-10, (Sccaco, 2020). Para determinar la distancia a vías se aplicó la distancia euclidiana (ver Tabla 16).

Tabla 16.

Distancia a vías de primer, segundo y tercer orden

Distancia a vías	
Clase	Intervalo (metros)
1	≤ 200
2	200 - 400
3	400 - 600
4	600 - 800
5	≥ 800

3.2.1.3. Radio Frecuencia (FR).

El método de radiofrecuencia se basa en la evidencia de los datos, es decir, la relación observada entre la distribución de los deslizamientos y los factores detonantes de deslizamientos (Althuwaynee et al., 2014; Chen et al., 2016). Los factores detonantes fueron asociados al

inventario de deslizamientos, para obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos se utilizó el 75% de los deslizamientos georreferenciados y el 25% restante para su respectiva validación (Arias-Muñoz et al., 2024). Posteriormente se clasificó en base al peso obtenido a partir de la relación entre la frecuencia relativa y los deslizamientos. Dicho peso generó diferentes ponderaciones con las cuales se realizó una nueva clasificación de los factores detonantes para después calcular el índice de susceptibilidad a deslizamientos (LSI). La fórmula de LSI es la sumatoria del producto entre el factor detonante reclasificado y el valor de radiofrecuencia de cada factor detonante (ver ecuación 3), un valor alto de LSI representa mayor susceptibilidad (Chen et al., 2016).

Ecuación 2.

Fórmula para calcular el Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos (LSI)

$$LSI = \sum (factorR * FR)$$

3.2.1.4. Validación Mediante la Curva ROC.

Es importante el desarrollo de métodos estadísticos para validar con precisión los modelos de susceptibilidad a deslizamientos de tierra (Chung & Fabbri, 2003). Para validar el método de radiofrecuencia se utilizó el 25% de los deslizamientos georreferenciados y se aplicó el método estadístico cuantitativo llamado Característica Operativa Relativa (ROC). Para ello se hizo uso del software IBM SPSS Statistics, versión 29.0. La validación con la curva ROC explica qué tan correcto está elaborado el modelo de predicción y qué factores detonantes tienen mayor incidencia en la ocurrencia de deslizamientos de tierra en la parroquia Lita (Dahal et al., 2008).

3.2.2. Análisis de la Vulnerabilidad al Deslizamiento

Para realizar el presente objetivo, se analizó la probabilidad de ocurrencia y la capacidad de respuesta ante deslizamientos, con esa finalidad, se realizó una zonificación de la parroquia con la cual se determinaron las comunidades más cercanas a las posibles zonas a deslizarse. Para conocer la capacidad de respuesta se diseñó un instrumento que consistió en realizar entrevistas a los representantes de las comunidades, sus respuestas fueron calculadas a través del método Baremo, con lo que se determinó la vulnerabilidad para cada comunidad.

3.2.2.1. Zonificación de la Vulnerabilidad a Deslizamientos por Probabilidad de Ocurrencia.

La vulnerabilidad y la amenaza no representan peligro si se las analiza por separado, sin embargo, al combinarse generan riesgo (Bustamante, 2018). En este contexto, se zonificó la parroquia Lita en tres categorías: alta, media y baja en función de la elevación del terreno. Con el número de deslizamientos ocurridos en cada zona se calculó el porcentaje de vulnerabilidad y se identificaron las comunidades más expuestas a los deslizamientos. Para ello se aplicó un análisis de probabilidad simple, obteniendo los porcentajes de vulnerabilidad por zona, con la finalidad de estimar la probabilidad de ocurrencia un deslizamiento (Apezteguía & Ferrario, 2019) (ver Ecuación 4).

Ecuación 4.

Cálculo del porcentaje de vulnerabilidad

$$\%vulnerabilidad = (zona_n \div T_{des}) * 100$$

Donde:

Zona_n = número de deslizamientos por zona (alta, media y baja)

T_{des} = total de deslizamientos georreferenciados

3.2.2.2. Vulnerabilidad Por Capacidad de Respuesta.

La vulnerabilidad se basa en el grado de susceptibilidad de las comunidades, que se componen de varias características que al interactuar influyen en el nivel de vulnerabilidad ante un deslizamiento, aquello se ve reflejado en la capacidad de respuesta (Birkmann et al., 2013; Parra, 2004). La capacidad de respuesta es el conjunto de habilidades dentro de un sistema para enfrentar y gestionar situaciones de emergencia a través de los recursos disponibles (UNISDR, 2009). Mayunga, (2007) define la evaluación de capacidades como el enfoque basado en la resiliencia, donde una comunidad puede no solo responder y recuperarse rápidamente de una emergencia, sino también aprender y adaptarse al peligro. La inseguridad humana genera vulnerabilidad y el impacto de esta reduce la capacidad adaptativa y la supervivencia ante amenazas futuras (Pelling & Dill, 2010).

Diversos autores han desarrollado instrumentos diseñados para evaluar la vulnerabilidad en función de la capacidad de respuesta de las comunidades a través del método ACP (Análisis de Componentes Principales) (Bohórquez, 2013; Chardon, 2002; Foster, 2007). Las investigaciones previas garantizan la validez y confiabilidad de los instrumentos (Álvarez et al., 2018). Jamshed et al. (2019) realizó un estudio empírico donde relacionó la vulnerabilidad y la capacidad de dos distritos de Pakistán mediante indicadores humanos, sociales, económicos, físicos y naturales. Para evaluar la vulnerabilidad se utilizaron 13 indicadores que fueron correlacionados con la capacidad de respuesta de las comunidades susceptibles a deslizamientos (ver Tabla 17).

Tabla 17.

Tabulación del instrumento a través del método Baremo

Pregunta	Indicador	Descripción	Fuente
1. ¿Existe un plan de contingencia comunitario para la preparación y respuesta ante deslizamientos?	Plan de contingencia comunitario	Los planes de contingencia son esenciales para proteger a la población ante eventos adversos	(Alcivar et al., 2023; Benalcázar, 2008)
2. ¿La comunidad cuenta con sistemas de alerta temprana para deslizamientos?	Sistemas de alerta temprana	Los sistemas de alerta temprana fortalecen la resiliencia	(Birkmann et al., 2010)
3. ¿Las viviendas de la comunidad están construidas con materiales resistentes a los deslizamientos?	Sensibilidad física	Las viviendas sin medidas estructurales experimentan mayor daño	(Jamshed et al., 2019)
4. ¿La comunidad cuenta con infraestructura adecuada para la evacuación en caso de deslizamientos?	Respuesta ante Emergencia	La infraestructura sin medidas estructurales experimenta mayor daño	(Jamshed et al., 2019)
5. ¿La comunidad conoce las vías de evacuación en caso de deslizamiento?	Vías de evacuación	Las alertas impulsan la creación de vías de evacuación, mejorando la preparación	(Keller & Blodgett, 2004)
6. ¿La comunidad cuenta con equipos, infraestructura y maquinaria para afrontar una emergencia por deslizamientos?	Preparación para la gestión de riesgo	La preparación contempla planificar la maquinaria necesaria para la respuesta	(Araujo, 2023)
7. ¿Cómo considera Usted el tiempo de respuesta de la maquinaria para habilitar vías, en caso de una emergencia por deslizamiento?	Tiempo de respuesta	El tiempo de respuesta depende de la gestión interna (recursos humanos, económicos y materiales disponibles) y externa (cercaña al evento, demanda, etc.)	(Alcocer et al., 2022)
8. ¿La comunidad tiene acceso a servicios básicos como agua potable, saneamiento e higiene incluso después de que ocurre un deslizamiento?	Servicios básicos	Los desastres afectan los servicios básicos, aumentando la vulnerabilidad	(Benalcázar, 2008)
9. ¿La comunidad cuenta con personal capacitado para la gestión del riesgo de deslizamientos?	Preparación para la gestión de riesgo	Es necesario evaluar la resiliencia comunitaria frente a deslizamientos	(Espinosa et al., 2021)
10. ¿La comunidad participa activamente en la identificación y reducción de riesgos de deslizamientos?	Participación comunitaria	Identificar riesgos permite fortalecer la prevención y la respuesta ante emergencias	(Alcivar et al., 2023; Birkmann et al., 2010)
11. ¿La comunidad cuenta con recursos económicos para implementar medidas de adaptación ante deslizamientos?	Capacidad adaptativa	La resiliencia económica debe ser un principio central para lograr una gestión eficaz de desastres	(Mayunga, 2007; Pelling & Dill, 2010)
12. ¿La comunidad tiene acceso a información y conocimiento sobre deslizamientos?	Acceso a información y conocimiento	Es importante fortalecer el conocimiento y la respuesta ciudadana ante los riesgos naturales	(Alcivar et al., 2023)
13. ¿La comunidad está organizada y cuenta con redes de apoyo (Junta Parroquial, Gobierno Provincial) para enfrentar los impactos de los deslizamientos?	Organización comunitaria y redes	Los gobiernos y las comunidades deben mejorar su capacidad para abordar vulnerabilidades existentes	(Birkmann et al., 2013)

Posteriormente, se diseñó un instrumento basado en una encuesta (ver Anexo 5), donde cada pregunta tuvo opciones de respuesta ponderadas del 1 al 5, de tal manera que el valor 1 corresponde a vulnerabilidad baja y 5 a vulnerabilidad alta. Este instrumento se aplicó a través del método de actores clave, estos son individuos u organizaciones que pueden verse afectados por la ocurrencia de deslizamientos (Chambers, 1994). Se encuestó a los 15 representantes de las comunidades localizadas dentro de la parroquia Lita con la finalidad de analizar el nivel de conocimiento y los procesos a seguir en caso de emergencia por deslizamientos.

Los niveles de vulnerabilidad se obtuvieron a través del método Baremo, que es una regla establecida posterior a la normalización de un instrumento, mismo que permite medir los niveles de la variable o indicador (Sánchez et al., 2018). Para la tabulación Se utilizó la fórmula propuesta por Montañez & Palma (2024) (ver Tabla 18) con la cual se obtuvieron cuatro niveles de vulnerabilidad (Ver Tabla 19). La información obtenida sobre la vulnerabilidad por capacidades fue representada espacialmente, para ello se adquirieron los límites territoriales de las comunidades de la parroquia Lita mediante comunicación personal con el Municipio de Ibarra (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ibarra, comunicación personal, 11 de diciembre de 2024).

Tabla 18.

Indicadores de vulnerabilidad y capacidad

Paso	Fórmula	Descripción
Valor máximo	$(V_{m\acute{a}x}) = N \times E_{n>}$	$N =$ Número de ítems o preguntas $E_{n<=}$ Mayor escala valorativa
Valor mínimo	$(V_{m\acute{i}n}) = N \times E_{n<}$	$N =$ Número de ítems o preguntas $E_{n<=}$ Menor escala valorativa
Rango	$(R) = V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{i}n}$	$V_{m\acute{a}x}$: Valor máximo $V_{m\acute{i}n}$: Valor mínimo
Amplitud	$(K) = \frac{R}{Q}$	R : Rango Q : Número de niveles

Nota. Adaptado de Montañez & Palma (2024)

Tabla 19.*Niveles de vulnerabilidad*

Nivel de vulnerabilidad	Fórmula	Intervalo
Baja	$(L_{i1}) = V_{mín}$ $(L_{s1}) = V_{mín} + K$	[13-25]
Moderada	$(L_{i2}) = L_{s1} + 1$ $(L_{s2}) = L_{i2} + K$	[26-38]
Alta	$(L_{i3}) = L_{s2} + 1$ $(L_{s3}) = L_{i3} + K$	[39-51]
Muy alta	$(L_{i4}) = L_{s3} + 1$ $(L_{s4}) = V_{máx}$	[52-65]

Nota. Adaptado de Montañez & Palma (2024)

3.2.3. *Evaluación del Riesgo a Deslizamientos*

El riesgo se refiere a cualquier fenómeno natural que pueda poner en peligro la vida humana o la propiedad, el evento en sí no constituye un riesgo, este surge cuando dicho proceso natural representa una amenaza para los intereses humanos (Keller & Blodgett, 2004). El riesgo es la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad, por lo tanto, solo puede determinarse a partir de datos, es fundamental evaluar la probabilidad de amenazas e identificar el nivel de vulnerabilidad de las comunidades (Rojas Vilches & Martínez Reyes, 2011).

El riesgo a deslizamientos se evaluó utilizando una matriz de priorización del riesgo, este método se basa en el análisis de la vulnerabilidad y probabilidad (Fernández & Da Silva, 2021), donde se organizan en una estructura jerárquica mediante una comparación por pares (Palacios, 2020). La matriz se elaboró utilizando datos cualitativos provenientes de las categorías de susceptibilidad y vulnerabilidad por capacidad de respuesta, en este análisis, se dio mayor peso a la susceptibilidad como variable predominante. UNISDR, (2009) menciona que el riesgo se puede determinar mediante la interacción entre posibles amenazas y las condiciones existentes de vulnerabilidad (Ecuación 5), a partir de los resultados, se generó un mapa de riesgos utilizando la herramienta *Intersect* del software ArcGIS Pro.

Ecuación 5.

Ecuación del riesgo

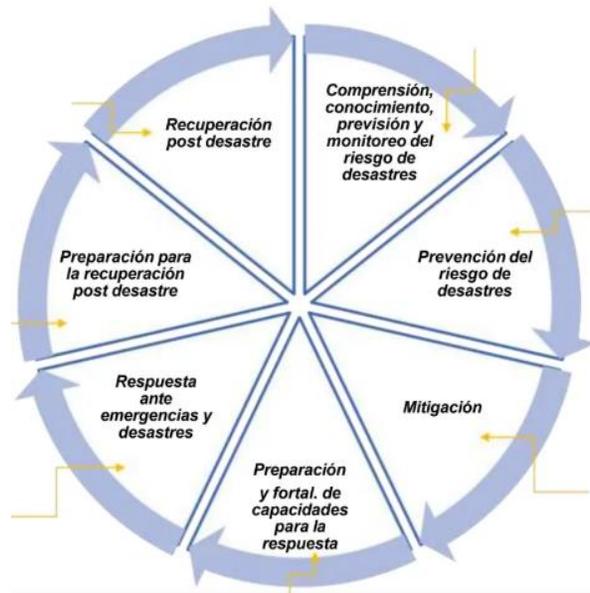
$$\mathbf{Riesgo = Amenaza \times Vulnerabilidad}$$

3.2.4. Estrategias de Reducción del Riesgo al Desastre

La gestión integral del riesgo abarca diversos componentes clave (ver Figura 5). La prevención comprende el conjunto de medidas o acciones destinadas a evitar el riesgo. La preparación se entiende como la organización de la comunidad mediante comités o brigadas de gestión de riesgos que permitan estar listos para afrontar una emergencia. La respuesta engloba las intervenciones realizadas durante la emergencia para mitigar sus impactos inmediatos. Finalmente, la recuperación implica el restablecimiento de las condiciones físicas, sociales y económicas el objetivo alcanzar o superar el nivel de desarrollo existente antes del desastre (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2018).

Figura 5.

Procesos de la Gestión de Riesgos

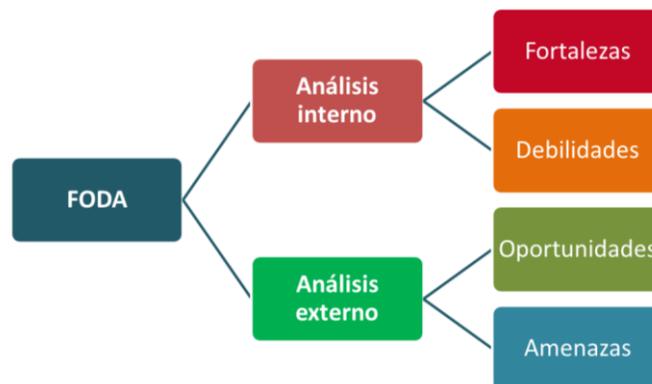


Nota. Adaptado de *Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres* [Gráfico], por Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2024, Flickr (<https://es.slideshare.net/slideshow/leyorganicagiresgosd1ecdssp-1pptx/267213846>)

Para el diseño de las estrategias se empleó la matriz FODA, una herramienta que permitió analizar la situación real de la parroquia Lita mediante la identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Esta metodología facilita una comprensión clara del escenario real de un territorio al basarse en hechos concretos por lo que se realizó la combinación FA FO DO DA a partir del análisis internos y externos (ver Figura 6). La finalidad del método fue determinar estrategias que contribuyan a la gestión del riesgo en la parroquia, su principal ventaja es que contribuye a una correcta toma de decisiones (Baas et al., 2009). En el contexto de la reducción de la vulnerabilidad a riesgos, es fundamental priorizar acciones enfocadas en la prevención, las cuales incluyen un sinnúmero de actividades realizadas antes de la ocurrencia de eventos adversos.

Figura 6.

Matriz FODA



Nota. Adaptado de *Qué es y como realizo una matriz FODA o DAFO* [Imagen], por (Sánchez, 2022), Flickr (<https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-como-realizo-una-matriz-foda-o-dafo-jorge-s%C3%A1nchez-l%C3%B3pez/>)

3.3. Materiales y Equipos

Se necesitó materiales para datos tomados en campo y posterior procesamiento

Tabla 20.

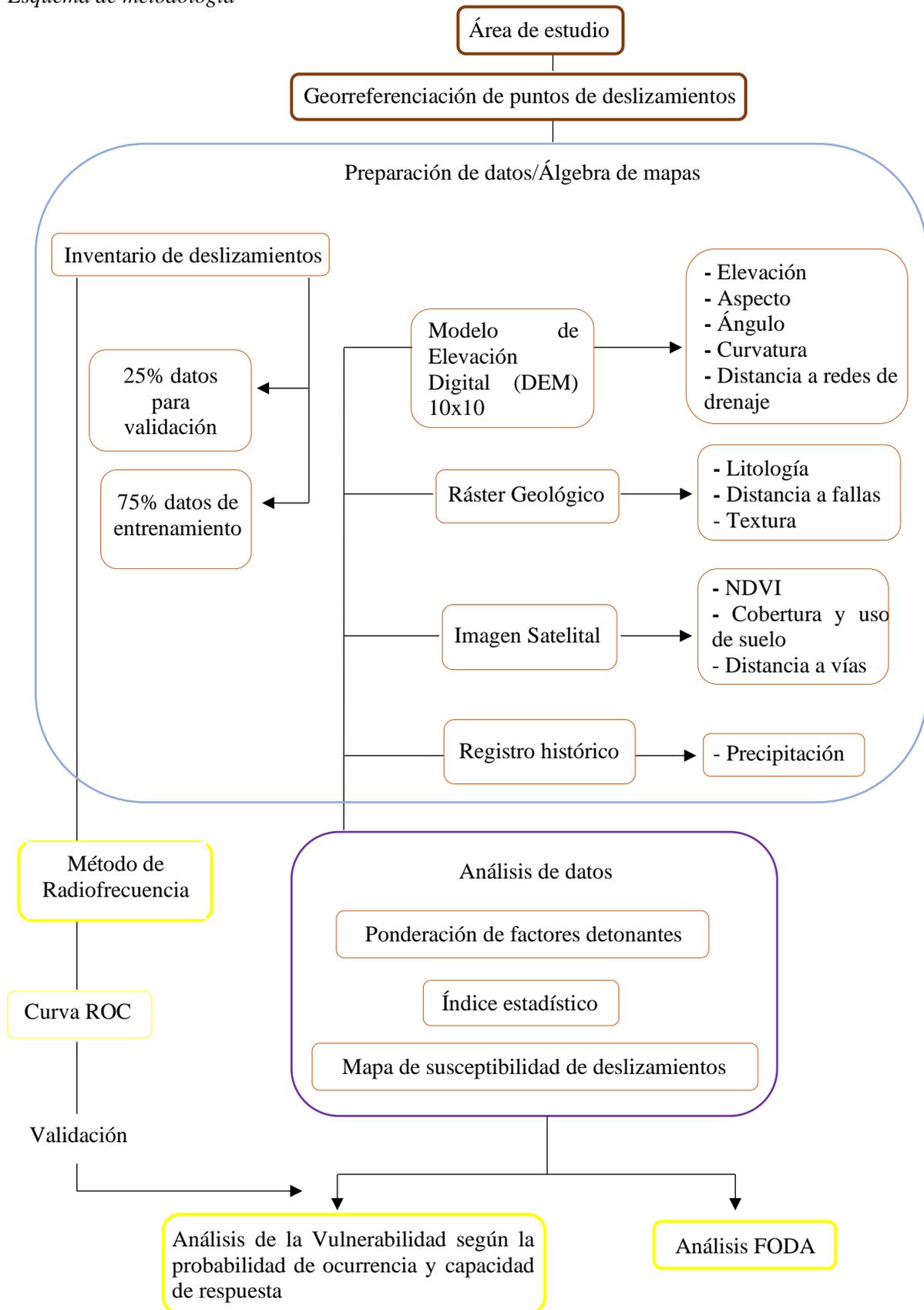
Materiales necesarios para la investigación

Materiales y Equipos
Laptop
Cámara
GPS
Software ArcGIS Pro, versión 3.4

Nota. Los materiales fueron adquiridos por los tesisistas

Figura 7.

Esquema de metodología



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

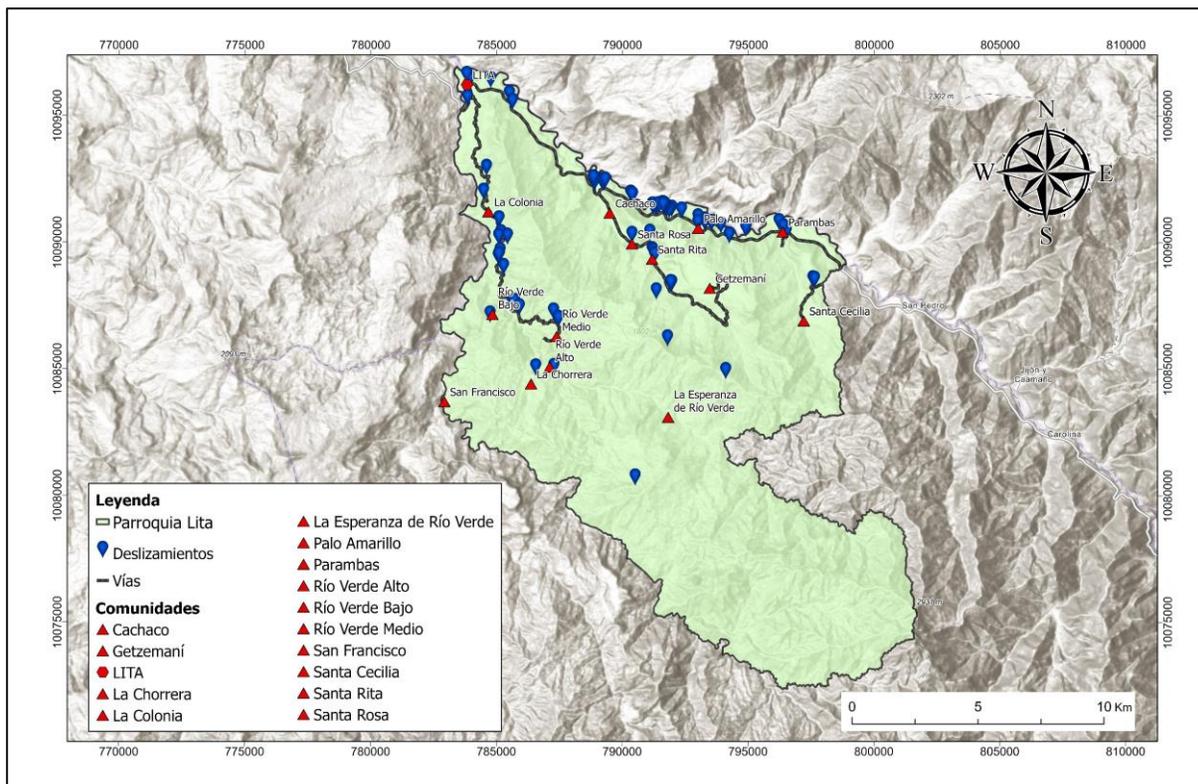
4.1 Determinación del peligro de deslizamientos

4.1.1. Inventario de Deslizamientos

De los 75 deslizamientos registrados, 43 se identificaron en la carretera principal E10 (ver Figura 8), sin embargo, en las vías de acceso a las comunidades Sta. Rosa y La Colonia se evidenciaron dos deslizamientos de mayor magnitud. Es importante monitorear la superficie del terreno, analizar la historia sobre eventos pasados y recopilar información de las entidades responsables para obtener una comprensión más completa (Suárez, 2009). La información facilitada por la SNGR reforzó el inventario de deslizamientos, lo que permitió dar más precisión al modelo.

Figura 8.

Inventario de deslizamientos



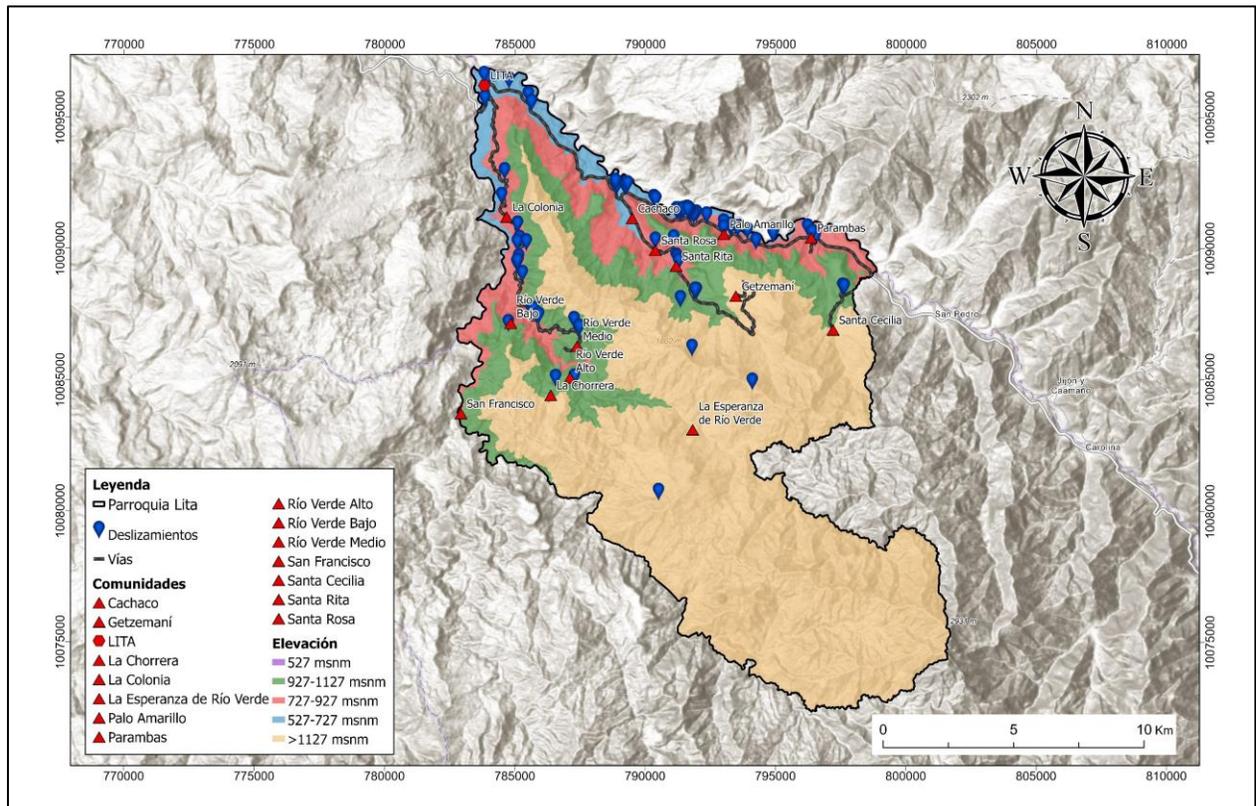
4.1.2. Factores Detonantes de Deslizamientos

Elevación

La elevación fue reclasificada en cinco categorías (Figura 9), la mayoría de los deslizamientos se registraron en las zonas de menor elevación, con un rango de 527 a 927 msnm, en dicho rango se encuentra la carretera principal E10. En el rango mayor a 927 msnm no se registraron deslizamientos debido a que el material del talud posee mayor resistencia y un clima más frío (Varela & Ron, 2022), por lo que la precipitación y el ángulo de la pendiente no representan peligro de deslizamientos. Sin embargo, Ding et al. (2017) mencionan que los deslizamientos tienen más tendencia a ocurrir en altitudes mayores.

Figura 9.

Mapa de Elevación

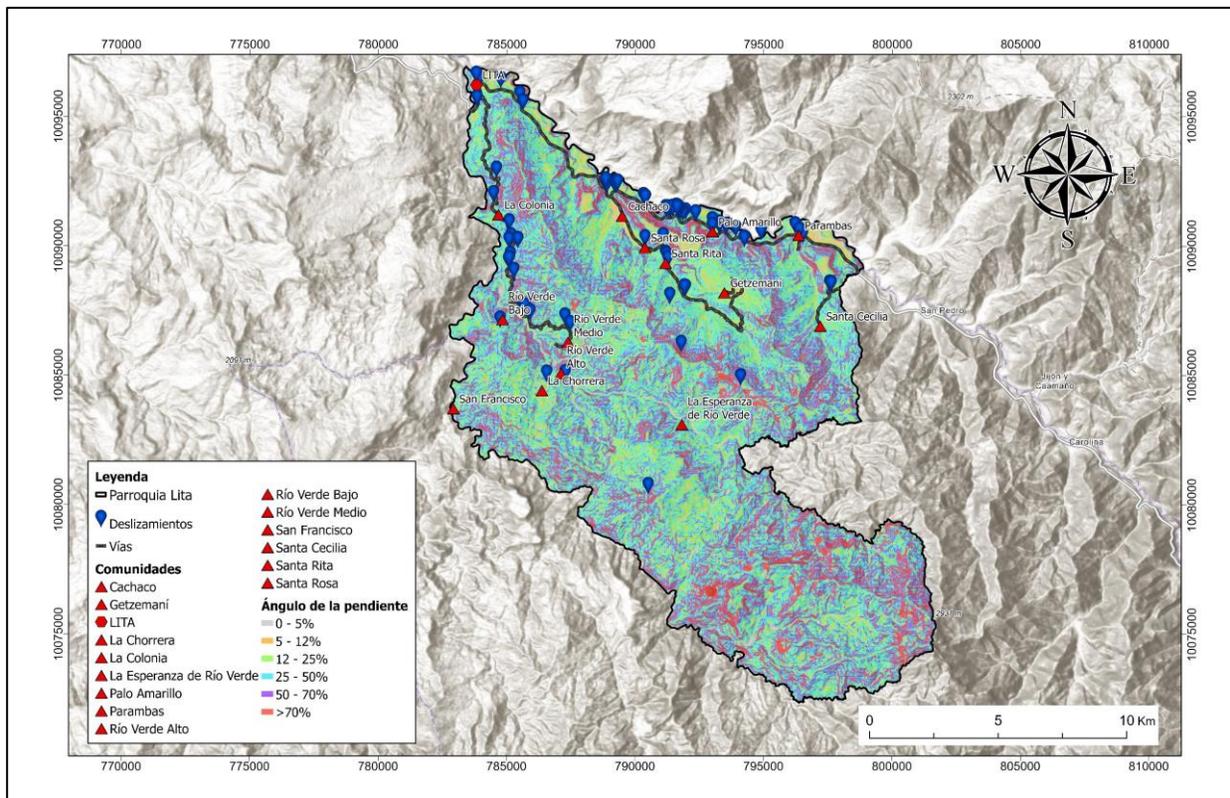


Ángulo de la Pendiente.

En la parroquia Lita predominan las pendientes con rango de 12 a 50% de inclinación debido a su geomorfología de vertientes externas y la presencia de valles, los deslizamientos se registraron en diferentes porcentajes de inclinación. Dai & Lee (2002) menciona que en pendientes superiores al 70% los deslizamientos son menos frecuentes ya que las rocas consolidadas estabilizan del terreno. Al contrario, Nefeslioglu et al. (2008) definen que las pendientes pronunciadas tienen mayor fuerza de corte. Cabe destacar que más del 60% de los deslizamientos se encontraron cercanos a las vías (ver Figura 10), por lo que, en el presente estudio el ángulo de la pendiente no influye en la ocurrencia de deslizamientos.

Figura 10.

Mapa del Ángulo de la pendiente



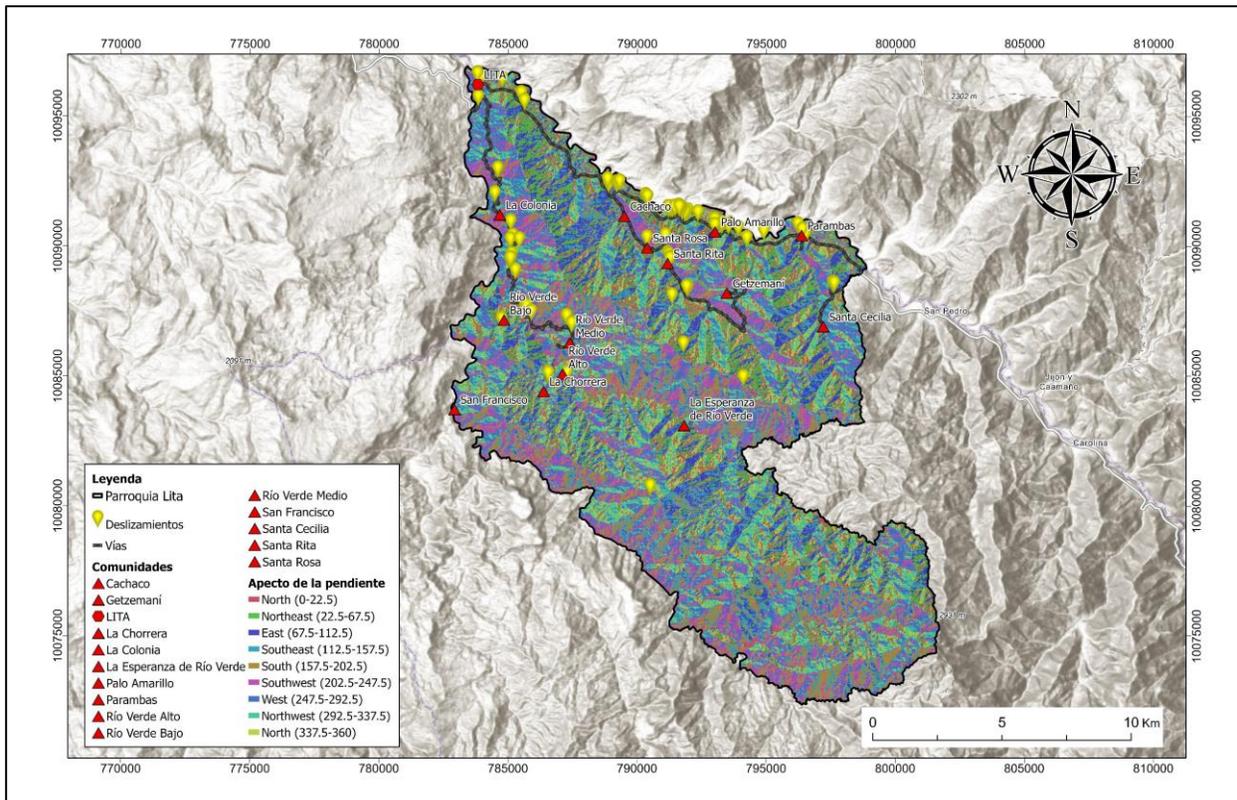
Aspecto de la Pendiente.

El aspecto de la pendiente determina la dirección cardinal del ángulo de la pendiente hacia donde se dirige el flujo de la superficie y se mide en grados. Se reclasificó la orientación de la pendiente en nueve clases, predominando las orientaciones Norte, Oeste y Noroeste (ver Figura

11). La orientación del terreno influye en la estabilidad de la pendiente indirectamente, en la cantidad de luz solar recibida, la exposición a vientos fríos o cálidos, procesos hidrológicos, grietas y discontinuidades (Anís et al., 2019; Ding et al., 2017). La orientación Noroeste presenta mayor susceptibilidad a la erosión hídrica, especialmente en áreas deforestadas o con manejo agrícola intensivo.

Figura 11.

Mapa del Aspecto de la pendiente

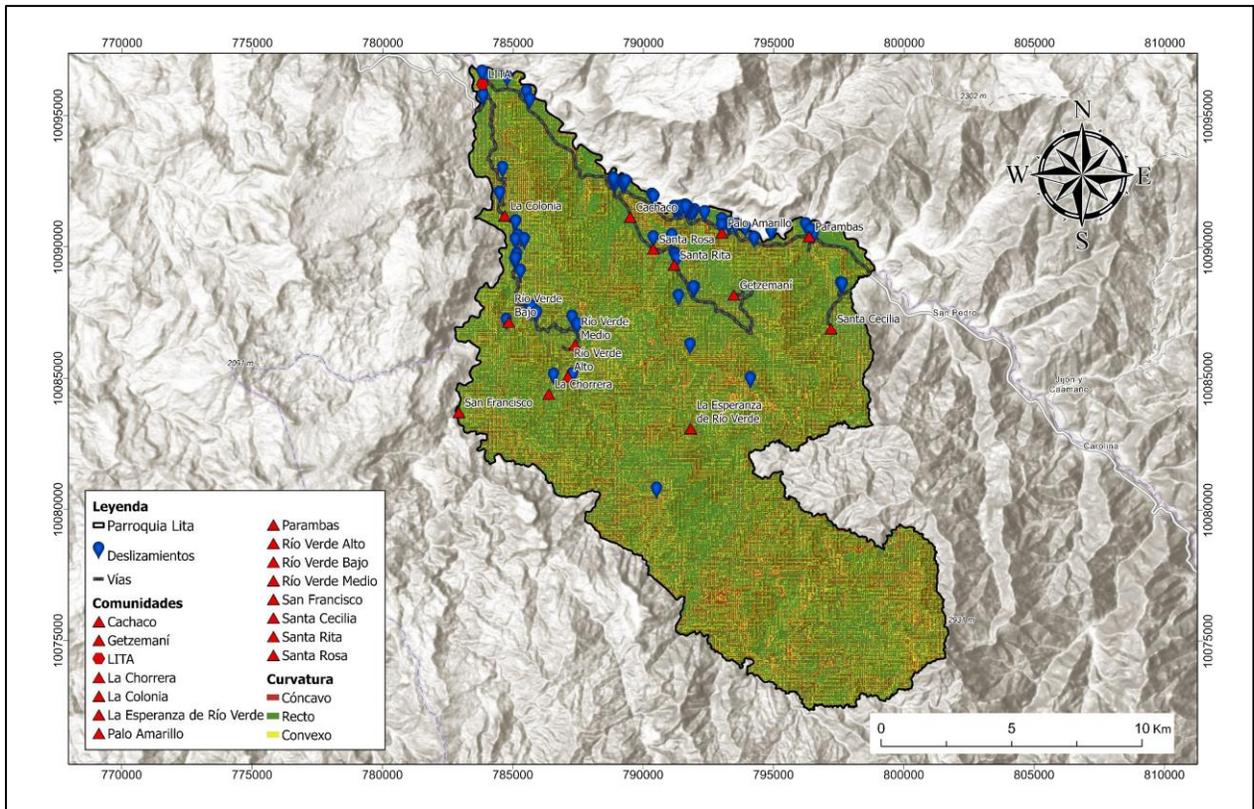


Curvatura de Perfil y de Plano.

El factor curvatura se reclasificó en cóncavo, plano y convexo. La curvatura analiza la efectividad de la topografía para dispersar la cantidad de lluvia en cierto punto de la ladera. Además, se relaciona con la infiltración y la escorrentía mediante la aceleración y desaceleración de corrientes por la superficie (Soto, 2018). En la parroquia Lita predomina la curvatura de tipo recta y convexa (ver Figura 12), es decir, en dicha zona la corriente se acelera y aporta sedimentos.

Figura 12.

Mapa de Curvatura

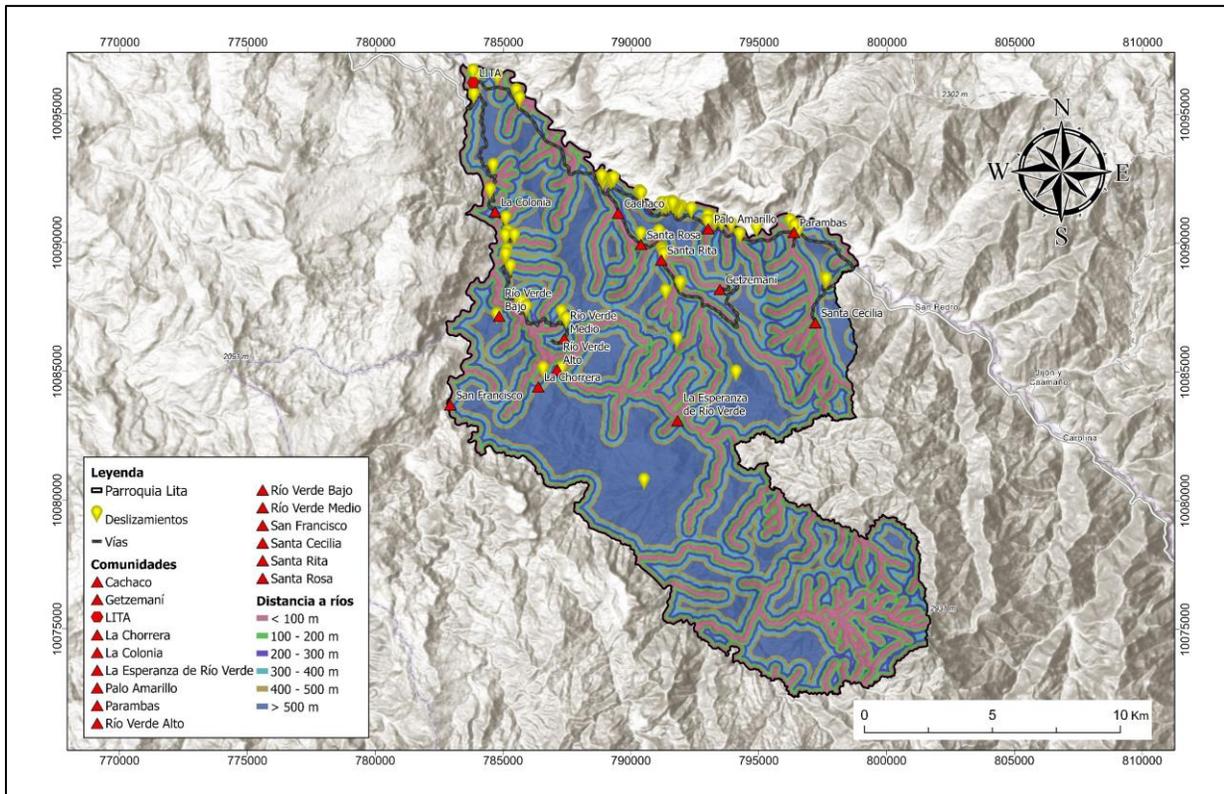


Distancia a Redes de Drenaje.

En el área de estudio se encuentra el río Lita (río principal) y gran cantidad de vertientes, por lo que se ubicó la distancia a ríos cada 100m, con un total de seis clases. La distancia a ríos se relaciona con la ocurrencia de deslizamientos ya que los ríos tienen influencia en la estabilidad de la pendiente debido a la erosión fluvial que puede provocar un socavamiento y desencadenar deslizamientos (Carranco et al., 2020; Keller & Blodgett, 2004). Por lo que, a menor distancia ríos, mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, sin embargo, los deslizamientos registrados en el presente estudio se encontraban a una distancia mayor a 100m (ver Figura 13).

Figura 13.

Mapa de Distancia a ríos

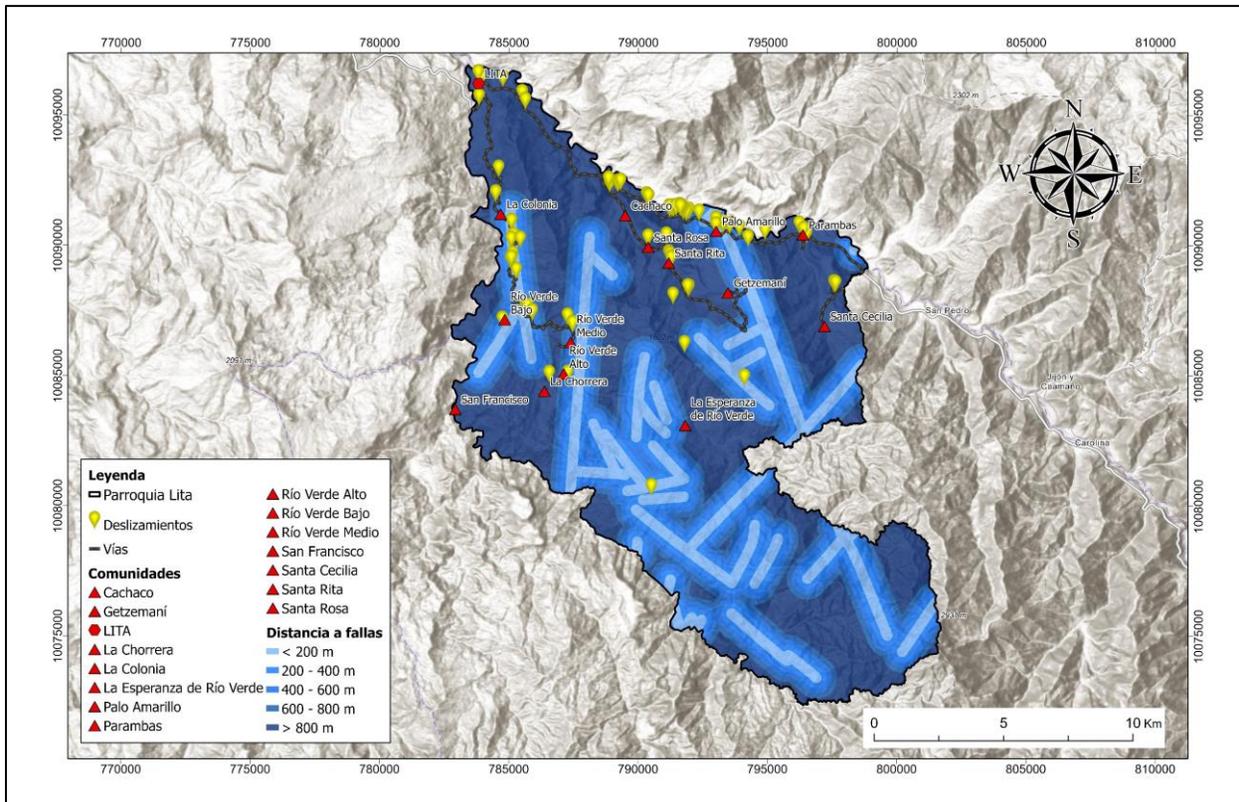


Distancia a Fallas Geológicas.

En el área de estudio se encontraron fallas geológicas activas, donde las vías presentan desniveles. Tibaldi et al. (1995) menciona que los deslizamientos se localizan a lo largo de fallas activas, lo que presenta coherencia con los movimientos a lo largo de la falla que generan desequilibrio. Esto se evidenció en campo, donde se identificaron deslizamientos y desniveles en zonas donde confluyen fallas activas y vías, específicamente en la carretera E10, en la comunidad Palo Amarillo y en la vía de segundo orden, a la altura de las comunidades La Colonia y Río Verde Bajo (ver Figura 14).

Figura 14.

Distancia a fallas geológicas



Cobertura del Suelo.

La presencia de cobertura vegetal indica menor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos ya que la vegetación contribuye a la estabilidad del talud mediante sus raíces, que proporcionan resistencia al corte y evitan la saturación hídrica (Dai & Lee, 2002; Gonzalez & Mickovski, 2017). Sin embargo, Marín & Osorio (2016) determinan que la cobertura vegetal puede resultar contraproducente por su peso. En la parroquia Lita predomina la cobertura de bosque nativo, no obstante, las zonas donde se registraron deslizamientos contrastan con la cobertura tierra agropecuaria (ver Figura 15).

La cobertura de suelo se ve desplazada por el agua ya que en temporadas de lluvias intensas ocurren deslizamientos a pesar de que las laderas están cubiertas de vegetación. Yildiz et al. (2019) mencionan que los deslizamientos superficiales, ya sea en pendientes desnudas o con vegetación se dan posterior a fuertes precipitaciones debido a la pérdida de succión por parte de las plantas.

Cabe mencionar que en las salidas de campo se evidenció la restauración ecológica pasiva en un periodo de tres meses.

En el área de estudio destaca el cultivo de plátano (*Musa x paradisiaca*), dicha especie se reproduce mediante rizomas de los cuales surgen brotes laterales llamados “hijos”, estos son los sucesores de la planta madre una vez que cumple su ciclo de vida (Vézina & Baena, 2020). Existen pocos estudios que determinen el mecanismo exacto en el cual los árboles con diferentes tipos de sistemas de raíces fallan durante un movimiento en masa (Marín & Osorio, 2017). A pesar de que el plátano no es un árbol, su rizoma crece horizontalmente a lo largo del tiempo, por lo que puede llegar a romper el suelo de tal manera que reduce su resistencia al corte.

Tabla 21.

Clasificación de cobertura de suelo

Clase	Tipo de cobertura
1	Centros poblados
2	Tierra agropecuaria
3	Bosque nativo

Nota. En la tabla 21 se definen las 3 clases para el factor detonante cobertura de suelo, dichas clases se basaron en la realidad del área de estudio: la tierra agropecuaria incluye cultivos y pastizal y los centros poblados incluyen las vías.

Las clases de la cobertura de suelo fueron centros poblados que incluyen vías, tierra agropecuaria y bosque nativo. La validación se realizó mediante la matriz de confusión de Marco Vanetti, que representa el porcentaje de coincidencia que tiene el proceso realizado en el programa con la cobertura vegetal real de la parroquia Lita. El porcentaje fue de 79%, es decir, el resultado obtenido es considerable y representa más del 50% de coincidencia con la realidad (ver Tabla 22).

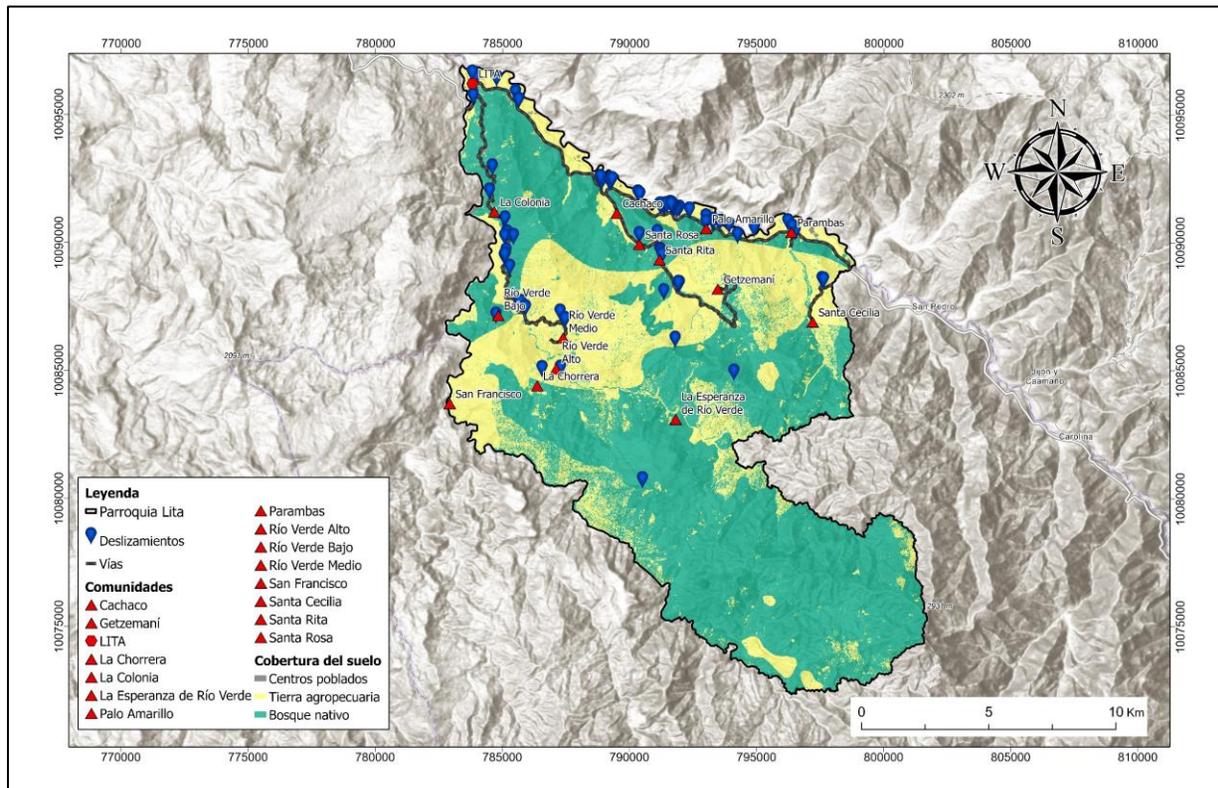
Tabla 22.

Matriz de confusión

		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clasificación	Precisión
Resultados clasificados	Clase 1	7	1	1	9	77,78%
	Clase 2	1	5	0	6	83,33%
	Clase 3	1	0	7	9	77,78%
	Truth overall	9	7	8	24	
	Precisión	77,78%	71,43%	87,50%		
	Precisión general (OA)	79,17%				
	Kappa	0,685				

Figura 15.

Cobertura del suelo

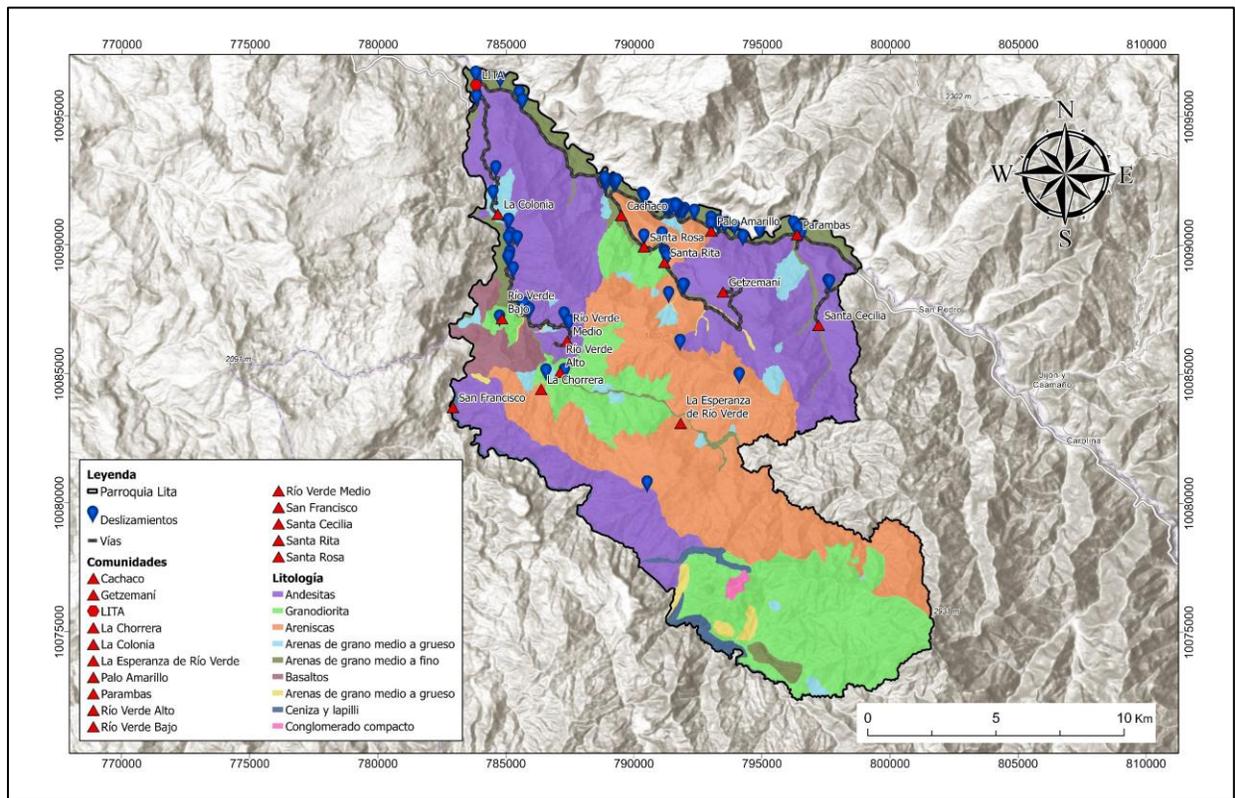


Litología

La litología se reclasificó en nueve clases, en el área de estudio predominan las rocas andesitas, granodiorita y areniscas, sin embargo, los deslizamientos se encontraban distribuidos entre las nueve clases (ver Figura 16). Las andesitas derivan suelos arcillosos con tendencia a saturación, las granodioritas presentan suelos franco-arenosos y las areniscas derivan suelos arenosos bien drenados (Buol et al., 2011; Delvaux & Barthes, 2014; Pinto et al., 2010). Los tipos de roca en suelos residuales tienden a debilitarse cuando tienen una cementación pobre y a deslizarse en periodos de lluvias intensas (Deere & Patton, 1971; Suarez, 1998).

Figura 16.

Mapa de Litología



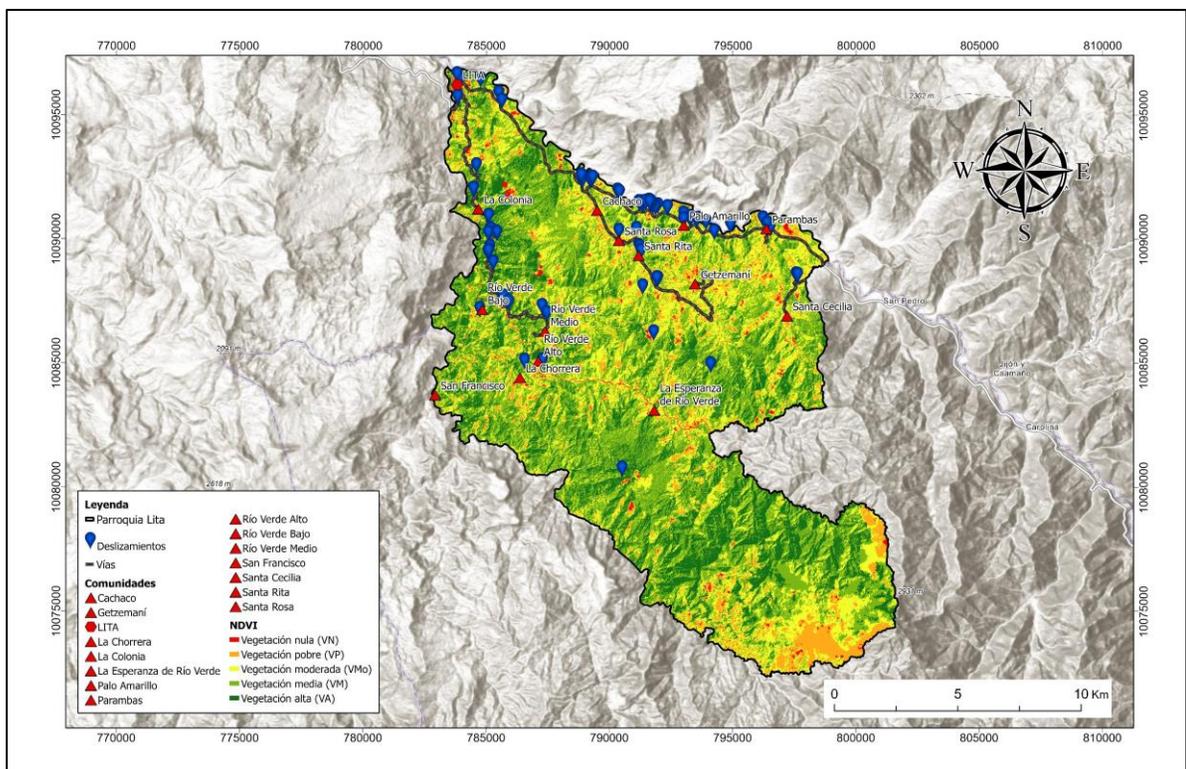
Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se reclasificó en 5 clases: vegetación nula (0.467), vegetación pobre (0.467-0.647), vegetación moderada (0.647 – 0.749), vegetación mediana (0.749 - 0.839) y vegetación alta (0.839 - 1). Se calculó la superficie en hectáreas

de cada clase, de manera que la vegetación media (10081 ha), moderada (6518ha) y alta (4547 ha) predominan en la parroquia Lita. La vegetación alta representa a las áreas que no han sido intervenidas por el hombre (ver Figura 17). El NDVI es un indicador de la reflectancia de la superficie, al obtener valores positivos, se entiende que en el área de estudio la vegetación es densa y saludable (Wu et al., 2017), lo cual contrasta con que la cobertura de suelo predominante es el bosque nativo.

Figura 17.

Mapa de NDVI



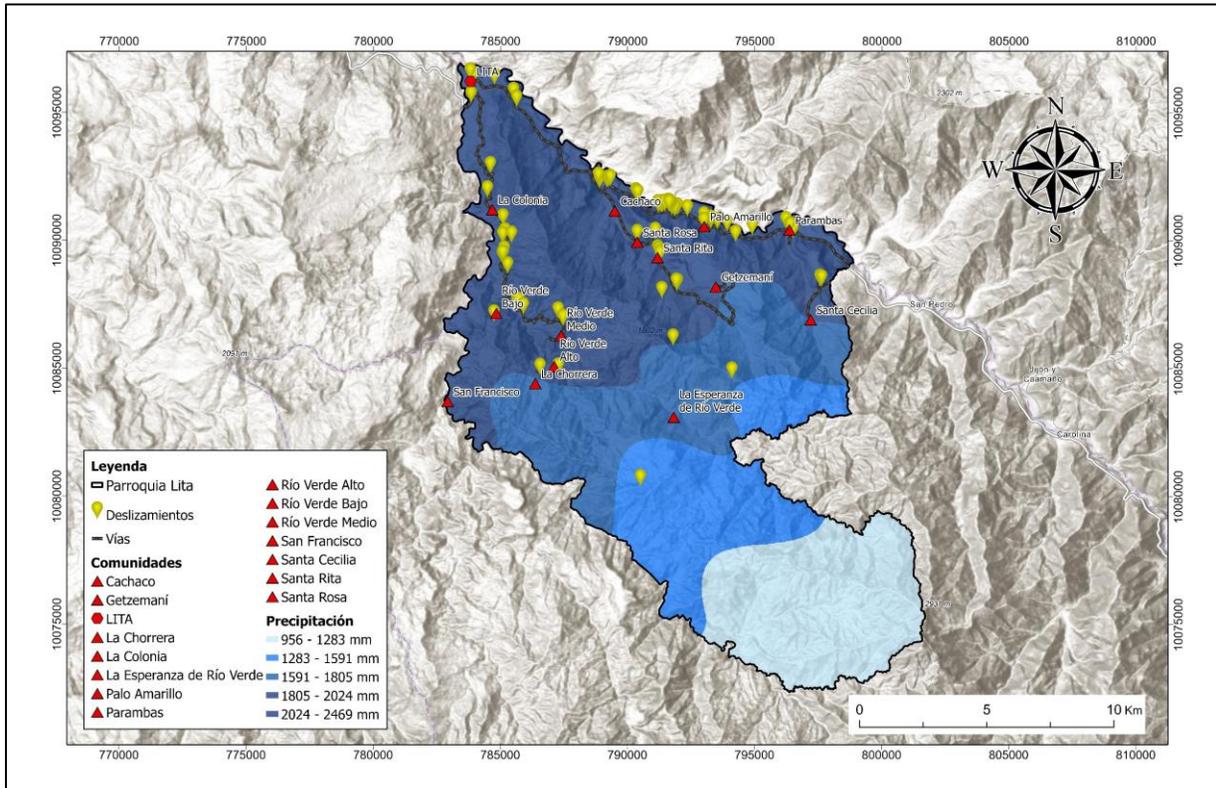
Precipitación

El agua es un agente que contribuye a la modificación de la estabilidad de la ladera mediante la saturación por lluvias intensas, infiltración profunda a lo largo del tiempo y erosión de la base de la ladera por acción del agua (Díaz et al., 2019; Keller & Blodgett, 2004). Las lluvias intensas incrementan la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, por lo que existe una relación directamente proporcional entre la precipitación y la ocurrencia de deslizamientos (ver Figura 18). En la parroquia Lita la precipitación supera los 2000 mm y llueve todo el año, las zonas bajas

presentan mayor precipitación que las zonas altas, por lo que la elevación no influye en la cantidad de lluvia (Varela & Ron, 2022).

Figura 18.

Mapa de Precipitación

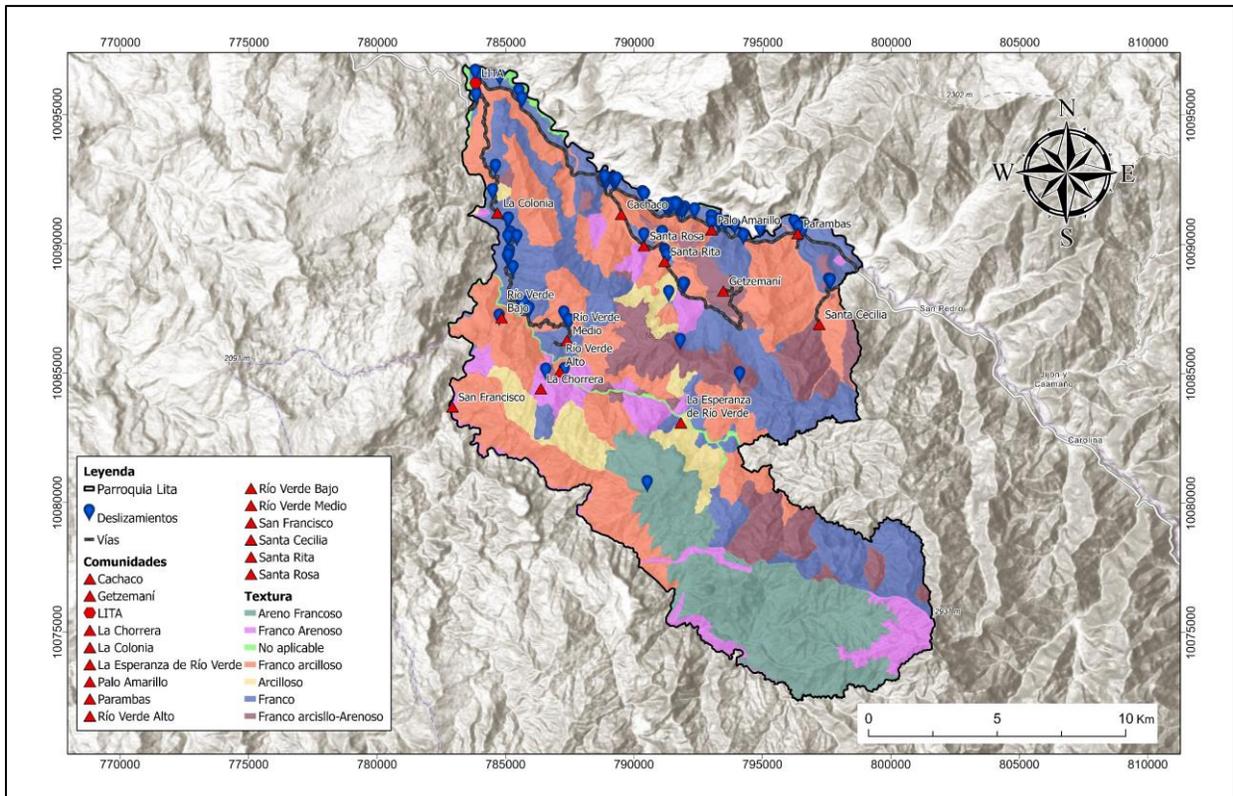


Textura del Suelo.

Las texturas franco, franco-arcilloso y franco-arcillo-arenoso predominan en el área de estudio (ver Figura 19), las partículas del suelo arenoso son permeables debido al tamaño de sus poros, por lo que el agua se infiltra más rápido, a diferencia del suelo arcilloso que tiende a deslizarse por saturación (Millám et al., 2010). Durante las salidas de campo se logró evidenciar deslizamientos tanto en suelos arenosos, que presentaron tonos grises, como en suelos arcillosos que presentaron tonos pardos a rojizos que se intensificó al avanzar a las diferentes comunidades.

Figura 19.

Mapa de Textura

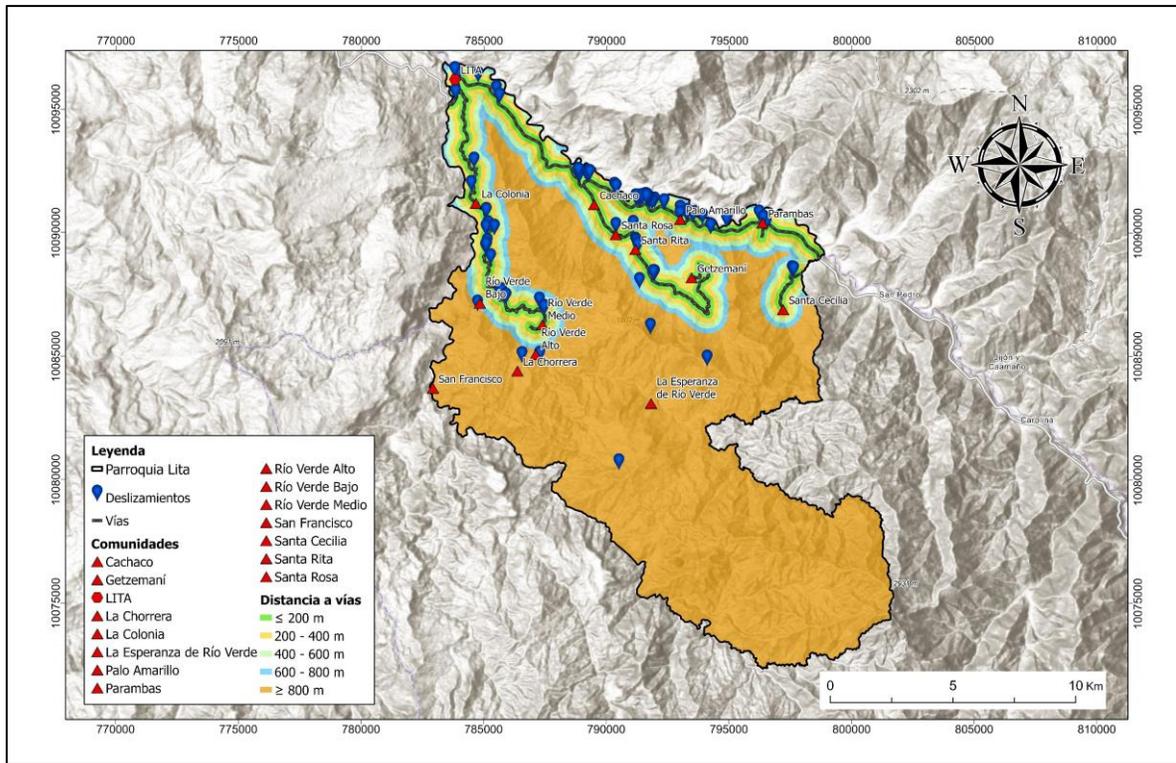


Distancia a Vías.

La construcción de vías representa el corte de la ladera, en consecuencia, la vía construida influye en la estabilidad del terreno (Garnica & Pérez, 2012), a menor distancia a vías, mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos. Más del 50% de deslizamientos se georreferenciaron a menos de 200 metros de distancia (ver Figura 20), lo que demuestra la influencia directa de este factor en la ocurrencia de deslizamientos. Los deslizamientos que se dan en las vías de primer, segundo y tercer orden afectan directamente a la comunicación y al comercio de tres provincias del norte del país que son altamente productivas y de alto nivel de importancia logística (Jurado, 2019). Quito (2024) indica que el tránsito continuo de vehículos pesados genera vibraciones que alteran la estructura de las rocas, lo que disminuye la resistencia al corte.

Figura 20.

Mapa de Distancia a vías



4.1.3. Radio Frecuencia (FR)

El desarrollo del modelo de susceptibilidad a deslizamientos se llevó a cabo mediante del método de *radiofrecuencia* (RF), recomendado por Althuwaynee et al. (2014). Para ello, a partir de los 12 factores se generó una ecuación de susceptibilidad (ver ecuación 6). Se asoció la mayor cantidad de deslizamientos que coincidieron en una clase, las clases que no registraron deslizamientos se excluyeron (ver Anexo 6), sin embargo, en la ecuación se tomaron en cuenta los 12 factores detonantes. Tres factores resultaron con mayor contribución al modelo de susceptibilidad a deslizamientos precipitación, cobertura vegetal y distancia a vías. El 86% de los deslizamientos se concentraron en áreas con precipitación media anual entre 2024 y 2469 mm. Además, el 96% ocurrieron en coberturas de suelo correspondientes a centros poblados, que incluyen asentamientos y vías. Finalmente, el 92% se registraron en áreas a menos de 200 metros de distancia a vías.

Ecuación 6.

Índice de susceptibilidad a deslizamientos

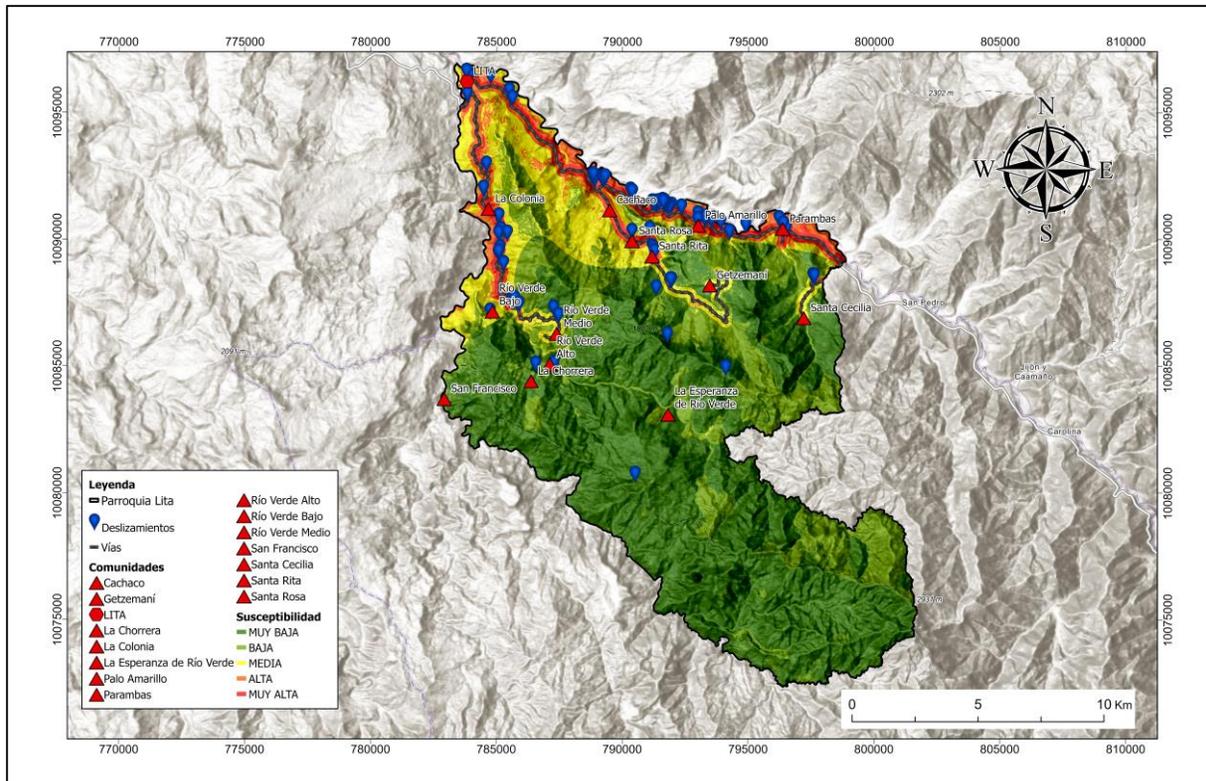
$$\begin{aligned} LSI = & ("rec_{elevacion}" * 306) + ("rec_{vias}" * 473) + ("rec_{cob}" * 488) + ("rec_{tex}" * 351) \\ & + ("rec_{lit}" * 259) + ("rec_{prec}" * 458) + ("rec_{rios}" * 100) + ("rec_{ang}" * 225) \\ & + ("rec_{aspect}" * 190) + ("rec_{NDVI}" * 321) + ("rec_{curv}" * 184) + ("rec_{fallas}" \\ & * 192) \end{aligned}$$

(Li et al., 2017) mencionan que los métodos para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos pueden basarse en el conocimiento, en datos y en la física. El presente estudio se basó en datos, mismos que hacen referencia a las características geoambientales de los lugares donde se georreferenciaron los deslizamientos. Las cinco categorías resultantes fueron muy baja, baja, media, alta y muy alta (ver Figura 21 y Anexo 7). La mayor parte del territorio tiene susceptibilidad baja y muy baja, cubriendo el 21,66% y 58% del territorio, las categorías alta y muy alta representan el 5,08% y 3,9% del territorio, a pesar de que cubren menor extensión del área de estudio, poseen mayor relevancia dentro del modelo. Esto se debe a que estas áreas concentran el 53% de las comunidades, abarcando 7 de las 15 comunidades evaluadas, donde residen 2816 personas con susceptibilidad alta y muy alta a deslizamientos.

Díaz et al. (2019) menciona que los deslizamientos se dan principalmente por el corte de la ladera realizado para la construcción de vías. En el presente estudio, el 81% (61 de 75) de los deslizamientos fueron georreferenciados en la carretera principal E10 y en vías secundarias, lo que determina que los efectos del corte de ladera combinados con las condiciones ambientales como la precipitación y el cambio de cobertura vegetal contribuyen significativamente en la ocurrencia de deslizamientos en la parroquia Lita. Esto demuestra que las vías de comunicación son factores de susceptibilidad.

Figura 21.

Susceptibilidad a deslizamientos

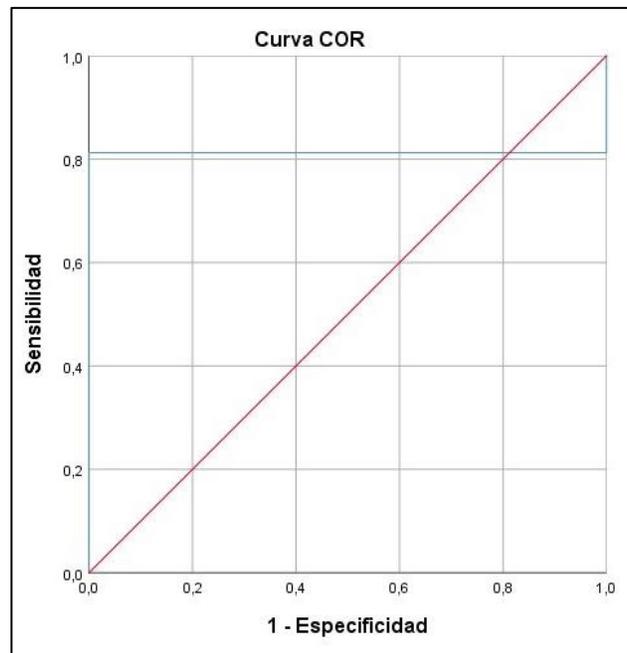


4.1.4. Validación Mediante la Curva ROC

La validación del mapa de susceptibilidad a deslizamientos resulta indispensable para verificar su capacidad predictiva ya que sin una validación no se puede llegar a interpretar o tener un respaldo de la información (Chung & Fabbri, 2003). Dicha capacidad de predicción se evaluó usando el 25% del inventario de deslizamientos, los cuales se cruzaron con las clases de susceptibilidad alta y muy alta para corroborar si el modelo se asemeja a la realidad del área de estudio. La validación de la susceptibilidad a deslizamientos presentó un valor de 0,81 (81%) lo que posiciona al modelo en la categoría “buena” (ver Figura 22).

Figura 22.

Validación con la curva ROC



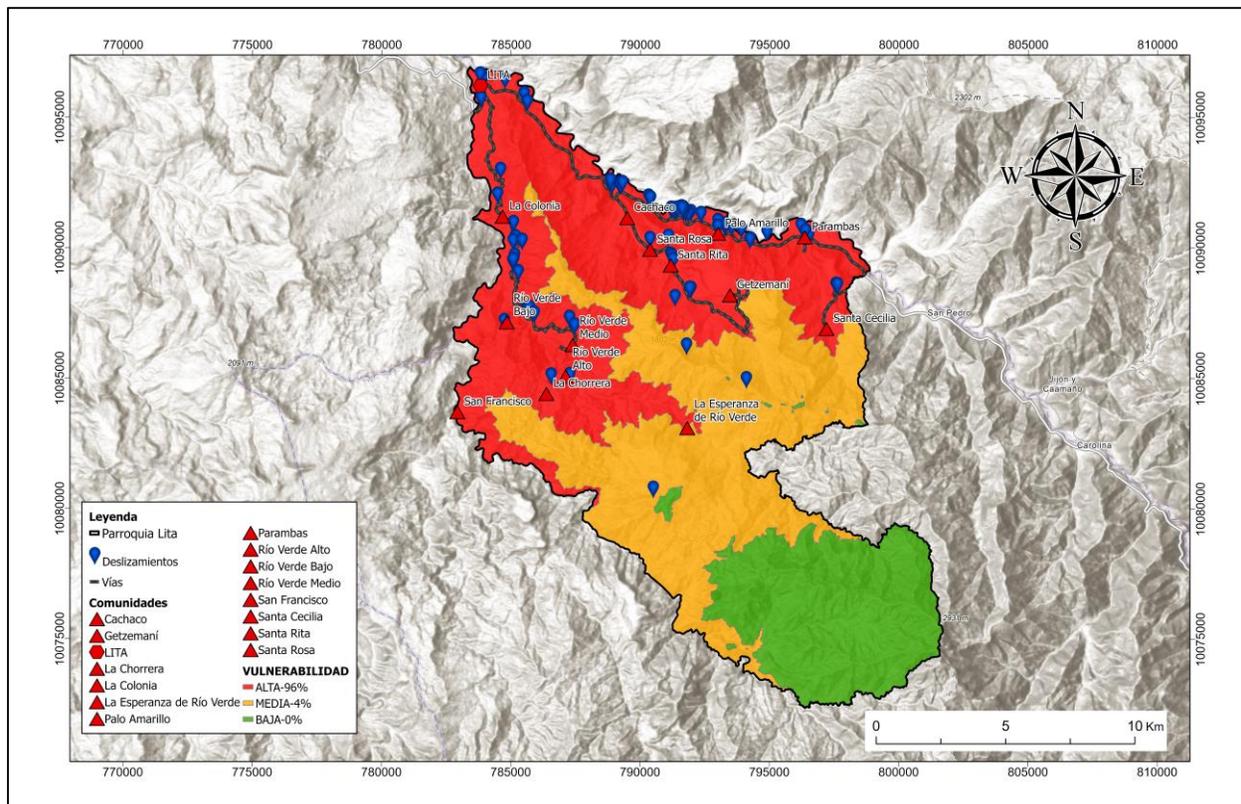
4.2. Análisis de la Vulnerabilidad al Deslizamiento

4.2.1. Zonificación de la Vulnerabilidad a Deslizamientos por Probabilidad de Ocurrencia.

Se identificaron un total de 75 deslizamientos, de los cuales 72 ocurrieron en la zona baja, 3 en la zona media y ninguno en la zona alta (ver Figura 23 y Anexo 8). A partir de estos datos, se calculó el porcentaje de vulnerabilidad ante la ocurrencia de deslizamientos, obteniéndose un 96% para la zona baja, 4% para la zona media y 0% para la zona alta. Las comunidades más vulnerables por probabilidad de ocurrencia a deslizamientos son: La Colonia, Río verde bajo, Río verde medio, Sta. Rita, Palo Amarillo, Parambas, Cachaco y el centro poblado de Lita debido a su proximidad a las vías.

Figura 23.

Vulnerabilidad a deslizamientos por probabilidad de ocurrencia



4.2.2. Vulnerabilidad por Capacidad de Respuesta

La tabulación del instrumento mediante el método Baremo permitió determinar los niveles de vulnerabilidad por capacidad de respuesta para cada comunidad contenida en la parroquia Lita (ver Figura 24). Las comunidades Palo Amarillo, San Francisco, Santa Cecilia, y la cabecera parroquial presentaron vulnerabilidad moderada, con un rango de 39-51. Las comunidades La Colonia, Getzemaní, Parambas, La Esperanza de río verde, Río verde medio, Río verde alto, La Chorrera, Cachaco, Sta Rosa y Sta. Rita presentaron vulnerabilidad alta con un rango de 52-65. La comunidad Río verde bajo presentó vulnerabilidad muy alta con un valor mayor a 66 (ver Figura 25 y Anexo 9 y 10), lo que evidencia la carencia de recursos para afrontar emergencias por deslizamientos. Espinosa et al. (2021) mencionan la necesidad de atención y organización social, destacando el factor económico como una de las dificultades para incrementar la resiliencia comunitaria.

Figura 24.

Resultados del Baremo

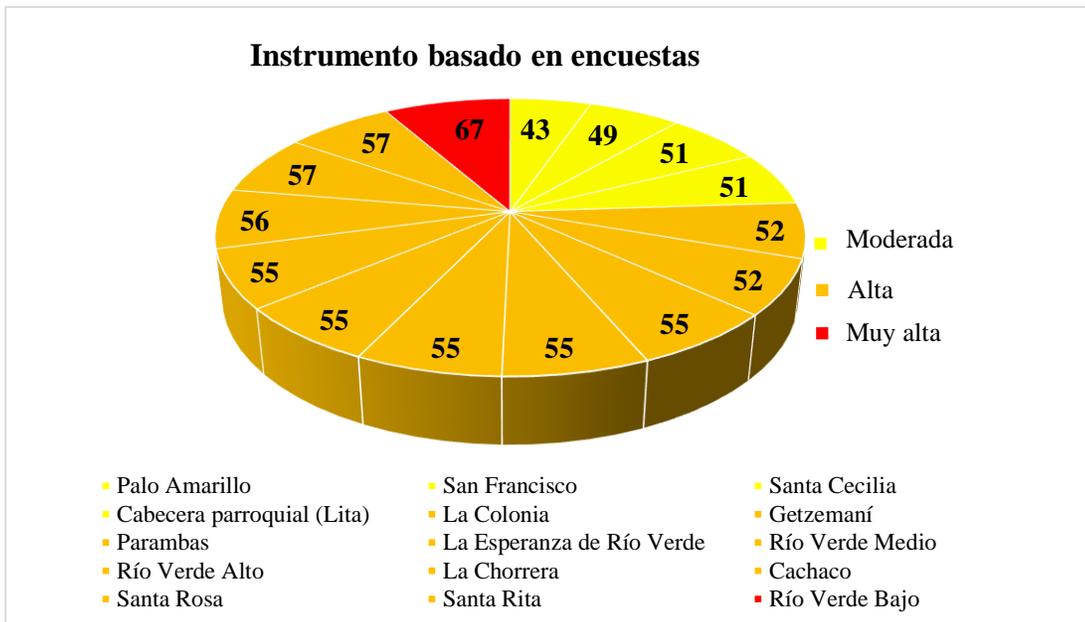
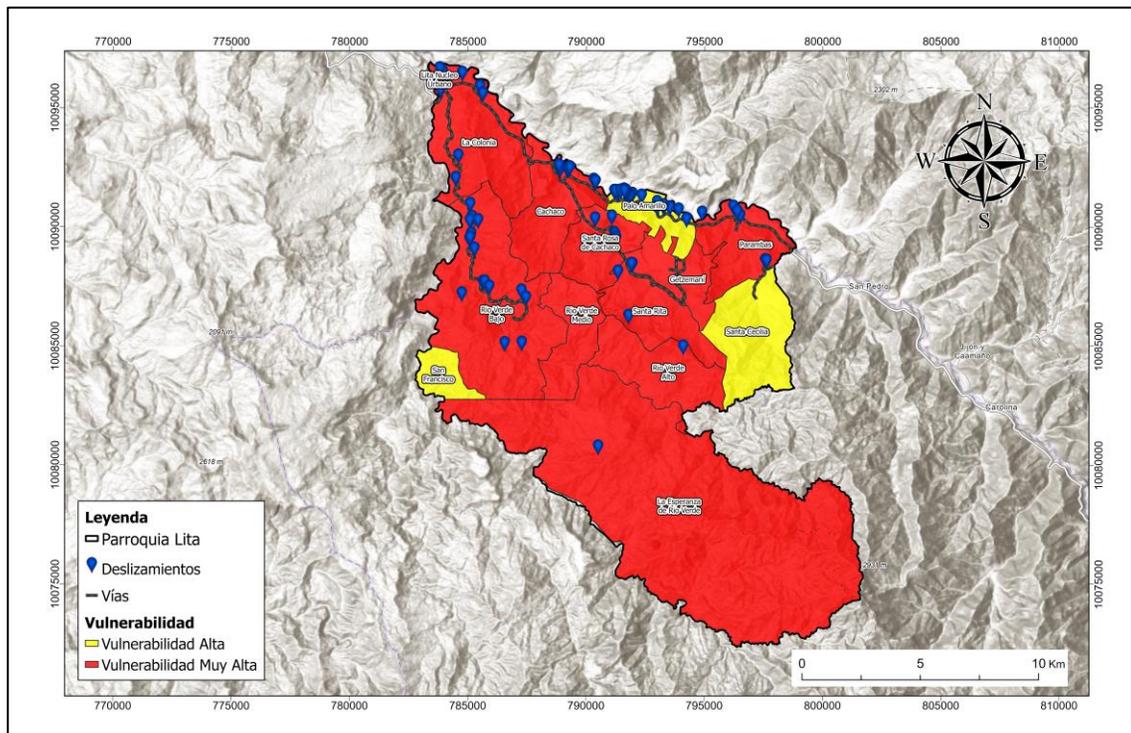


Figura 25.

Vulnerabilidad por capacidad de respuesta



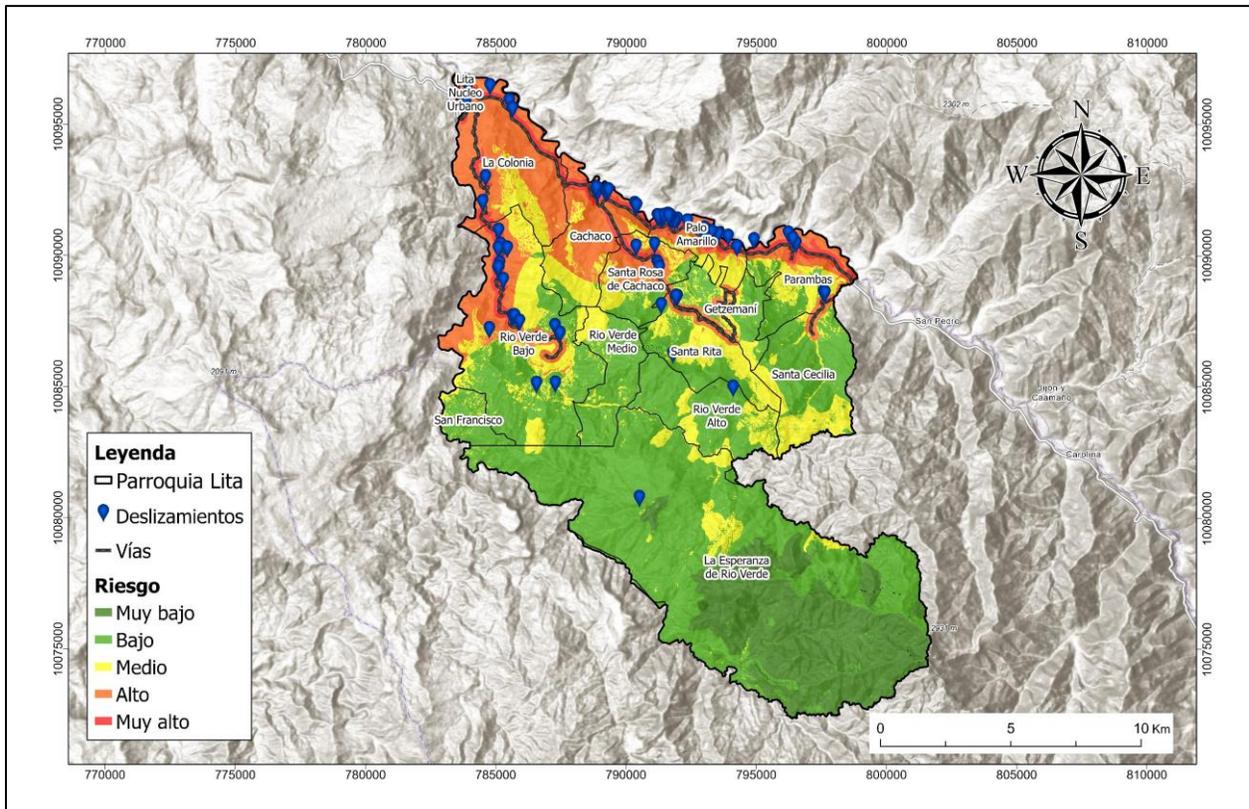
4.3. Evaluación del Riesgo a Deslizamientos

La comparación de la de susceptibilidad con la vulnerabilidad mediante la matriz de priorización de riesgos identificó cinco categorías de riesgo: baja, muy baja, moderada, alta y muy alta (ver Anexo 11). Birkmann et al. (2013) destacan la importancia de considerar la percepción del peligro como parte de la construcción social del riesgo, Rojas Vilches & Martínez Reyes (2011), mencionan que la “conciencia del riesgo” es una dimensión subjetiva que refleja la autoconciencia colectiva sobre la vulnerabilidad y las amenazas. La prevención requiere de una evaluación integral del riesgo (Díaz et al. 2019).

En la parroquia Lita, el riesgo muy bajo representa el 15,57%, el riesgo bajo 46,75%, el riesgo medio 17,56%, cinco de las quince comunidades presentan el 16,22% de riesgo alto, que se extiende a los alrededores de las vías de primero (E10), segundo y tercer orden, mientras que el 3,9% de riesgo muy alto se concentra netamente en las vías (ver Figura 26 y Anexo 12). A pesar de que el riesgo alto y muy alto representan menor territorio, contemplan la mayoría de las comunidades, aquello demuestra la influencia de las actividades de naturaleza antrópica en la ocurrencia de deslizamientos (ver Anexo 13). Cabe destacar que la carretera E10, al ser la única conexión hacia la costa desde el norte del país, es indispensable para el intercambio de productos y la economía regional. Por lo que las medidas deben tomarse respetando la gestión local y a la población, analizando sus problemas y las soluciones adecuadas a su contexto.

Figura 26.

Riesgo a deslizamientos en la parroquia Lita



4.4. Estrategias de Reducción del Riesgo al Desastre

4.4.1. Método de Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)

Se definieron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que cuenta el área de estudio (ver Tabla 23), la parroquia Lita tiene varias debilidades que aumentan el nivel de susceptibilidad y vulnerabilidad de la población. Mediante la combinación FA FO DO DA se diseñaron tres estrategias basadas en los procesos de la gestión integral del riesgo de desastres. Cada estrategia está enfocada en proponer actividades que incluyen a las autoridades, principalmente al GAD parroquial y a las comunidades, de manera que toda la población fortalezca sus conocimientos sobre el peligro de deslizamientos y exista respuesta a la emergencia tanto individual como colectiva.

Tabla 23.*Matriz FODA*

Fortalezas	Oportunidades
F1. Ubicación de la parroquia F2. Biodiversidad y atractivos turísticos F3. Frontera con a la costa F4. Los habitantes conocen bien el territorio	O1. Buenas relaciones comunitarias O2. Fácil integración con los sectores estratégicos O3. Comunidades unidas y participativas O4. Apoyo de empresas privadas locales
Debilidades	Amenazas
D1. Falta de mantenimiento vial D2. Incomunicación por falta de señal telefónica D3. Asentamientos en zonas de peligro D4. Falta de información técnica sobre deslizamientos Y gestión de riesgos D5. Falta de un sistema de alerta temprana	A1. Luvias intensas A2. Fallas geológicas activas A3. Susceptibilidad muy alta en centros poblados A4. Dificil acceso a zonas afectadas A5. Cambio de cobertura vegetal

4.3.2. Estrategia 1: Preparación

Objetivo general

Reforzar el conocimiento del riesgo, con la finalidad de preparar a las comunidades para eventos adversos.

Alcance

Representantes de las comunidades y autoridades GAD parroquial

La gestión del riesgo de desastres busca evitar, disminuir o transferir los efectos adversos de las amenazas mediante diversas actividades y medidas de prevención, mitigación y preparación. Los sistemas de alerta temprana no impiden un deslizamiento, sin embargo, da tiempo a la comunidad para evacuar, para ello es necesaria la vigilancia, tomando en cuenta la localización (Keller & Blodgett, 2004). Dentro de las medidas estructurales está la aplicación de técnicas de ingeniería como la estabilización de taludes, que incrementa la resistencia del material y reduce los impactos. Las charlas son medidas no estructurales ya que se basan en el conocimiento, para reducir el riesgo a través de la concientización (memoria histórica), la capacitación (mapa de riesgos) y la educación (simulacros) (UNISDR, 2009).

Incluir a los niños en la preparación es clave para crear capacidades que a futuro permitan afrontar el riesgo de manera efectiva, Cruz Roja Ecuatoriana (2024) sensibiliza a las comunidades vulnerables mediante herramientas adaptadas para niños, jóvenes y adultos: juegos infantiles sobre la gestión de riesgos, cuadernos interactivos, rotafolio inclusivo para personas con discapacidad, guía de gestión de riesgos a nivel comunitario y un plan familiar de emergencia en lenguaje de señas, inglés, quichua y subtítulos.

Tabla 24.

Estrategia para la preparación

Estrategia	Proyecto	Actividad	Alcance	Responsable
Prevenición de deslizamientos	Sistema de Alerta temprana	Identificar los umbrales de precipitación que inciden en la ocurrencia de deslizamientos	Técnico capacitado	GAD parroquial de Lita
		Implementar una estación meteorológica / gestionar reactivación de la estación existente	Técnico INAMHI	GAD parroquial de Lita/INAMHI
	Estabilización de taludes	Estudio geológico e hidrológico de la parroquia Lita	Geólogo, Ing. civil, Ing. RNR	GAD parroquial de Lita, empresa minera ENSA, GPI
		Aplicación de técnica de estabilización posterior al estudio		
	Charlas informativas	Poner en conocimiento a la población las competencias a nivel provincial, cantonal y parroquial sobre la gestión de riesgos	Actividad para incluir en la planificación de eventos relacionados	GAD parroquial de Lita
		Exposición donde se dé a conocer relatos, cronología y localización de deslizamientos para crear memoria histórica local	Comuneros con experiencia ante la ocurrencia de deslizamientos/dirigentes anteriores	GAD parroquial de Lita

4.3.3. Estrategia 2: Respuesta a la emergencia

Objetivo general

Proponer diferentes actividades para incrementar el conocimiento y capacidad de respuesta ante la ocurrencia de deslizamientos

Alcance

Plantear estrategias enfocadas a la capacidad de respuesta tanto individual como colectiva dentro y fuera del área de estudio

La respuesta se centra en las necesidades de la comunidad a corto plazo como la habilitación de la vía, suministro de agua y albergues temporales, es importante que las comunidades tengan una percepción clara de la emergencia para que sepan cómo actuar hasta que el suministro de servicios de emergencia y asistencia pública lleguen al lugar afectado. Es necesario identificar los recursos disponibles para afrontar emergencias por deslizamientos, en la parroquia Lita los deslizamientos son frecuentes en las vías, por lo que, un recurso esencial es la maquinaria pesada (retroexcavadoras y volquetas). Las brigadas comunitarias se encargan de implementar la cultura de gestión de riesgos, para ello se debe designar un coordinador /a que custodie los recursos y de seguimiento al funcionamiento adecuado de las brigadas (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2018).

Tabla 25.

Estrategia para la respuesta

Estrategia	Proyecto	Actividad	Alcance	Responsable
Respuesta de deslizamientos	Implementación de maquinaria	Gestionar la llegada de maquinaria a las zonas afectadas	Personal GPI/MTOP	GAD parroquial de Lita/GPI/MTOP
		Adquirir recursos materiales en caso de emergencia (linternas, botiquín, cuerdas, picos, etc.)	Coordinar la adquisición con los presidentes de las comunidades	GAD parroquial de Lita
		Establecer un lugar de alojamiento temporal	SNGR	
	Recursos humanos	Creación de brigadas comunitarias de respuesta a emergencias	Personal del cuerpo de bomberos y SNGR y designar un coordinador/a de brigadas	GAD parroquial de Lita, cuerpo de bomberos San Gerónimo (La Carolina) /SNGR
		Capacitación de primeros auxilios		

4.3.4. Estrategia 3: Recuperación

Objetivo general

Organizar a la parroquia posterior a la ocurrencia de deslizamientos

Alcance

Autoridades GAD Parroquial rural de Lita y representantes de las comunidades

La recuperación o restauración del espacio y de las condiciones de vida de las comunidades afectadas por deslizamientos comienza inmediatamente después de la fase de emergencia (UNISDR, 2009) y debe basarse en estrategias y políticas preexistentes que deleguen responsabilidades institucionales, como se menciona en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). La rehabilitación consiste en el restablecimiento de los servicios que mantienen el funcionamiento de la comunidad.

Tabla 26.

Estrategia para la Recuperación

Estrategia	Proyecto	Actividad	Alcance	Responsable
Recuperación y rehabilitación ante deslizamientos	Mingas de limpieza	Coordinar con los presidentes de las comunidades las mingas a realizar cuando ocurran deslizamientos	Pobladores de todas las comunidades	GAD parroquial de Lita
		Limpieza de cunetas de manera frecuente debido al taponamiento por lluvias que arrastran sedimento		

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se analizó 12 factores detonantes de deslizamientos a través del método de Radiofrecuencia, siendo los más influyentes la precipitación, la cobertura de suelo y la distancia a vías, lo que concuerda con las características propias de la zona. La parroquia rural de Lita presenta 5 niveles de susceptibilidad a deslizamientos de los cuales el nivel alto y muy alto se encuentran en las vías de primer, segundo y tercer orden. El resultado obtenido permitió conocer la relación de los deslizamientos georreferenciados con los factores causales.

La parroquia Lita es vulnerable ante la ocurrencia de deslizamientos con el 96% de vulnerabilidad en la zona baja, las comunidades altamente vulnerables son La Colonia, Río verde bajo, Río verde medio, Sta. Rita, Palo Amarillo, Parambas, Cachaco y el poblado de Lita. La vulnerabilidad por capacidad de respuesta se relaciona directamente con las comunidades y sus habilidades para afrontar emergencias. Los niveles de vulnerabilidad generados en la parroquia son moderado, alto y muy alto, la comunidad Río verde bajo representa mayor vulnerabilidad por capacidades.

La parroquia Lita presenta riesgo a deslizamientos alto, en los alrededores de las vías de primer (E10), segundo y tercer orden, donde se encuentran cinco de las 15 comunidades, representando el 16,22% de riesgo. El riesgo muy alto se concentra netamente en las vías, donde están seis comunidades, con un 3,9% de riesgo. Aquello demuestra que las actividades de naturaleza antrópica combinadas con las condiciones naturales sí influyen en la ocurrencia de deslizamientos.

Se definió las fortalezas y oportunidades de la zona de estudio, además de identificar sus debilidades y amenazas mediante el análisis FODA. Posterior a la combinación FA FO DO DA se diseñaron tres estrategias, entre las que destacan la identificación de los umbrales de precipitación para establecer un sistema de alerta temprana. Gestionar el rápido desplazamiento de maquinaria a las zonas afectadas e incluir a la comunidad tanto en mingas de limpieza como en charlas

informativas sobre las competencias de las autoridades a nivel cantonal y parroquia. Además de la creación de la memoria histórica de deslizamientos.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda incluir a las comunidades de la zona alta en todas las actividades relacionadas a la gestión de riesgos ya que el hecho de encontrarse en una zona menos susceptible o vulnerable, no las excluye de posibles deslizamientos a futuro. En la presente investigación se utilizó información secundaria debido a la falta de recursos económicos. Por lo que se recomienda realizar un estudio de textura de suelo a nivel de campo y laboratorio ya que es necesario conocer la permeabilidad y niveles de infiltración de las partículas de arcilla y arena contenidas en los suelos de la parroquia.

Se recomienda al GAD parroquial rural de Lita, en coordinación con el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) reactiven la estación hidrológica Mira H001. Es importante crear una base de datos de precipitación con los que se pueda llevar a cabo las estrategias propuestas en la presente investigación, además de servir como insumo para investigaciones futuras dentro y fuera de la parroquia.

REFERENCIAS

- Agudelo, D. (2012). *Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes*.
- Alcivar, D., Naranjo, V., & Alcívar, S. (2023). Análisis de medidas de regulación del GAD de Portoviejo ante desastres sísmicos luego del terremoto del 16-A. *Polo Del Conocimiento*, 84(7), 44–66. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i7>
- Alcocer, P., Chung, P., & Correa, D. (2022). Acceso de servicios de emergencia hacia los espacios públicos: relación de distancia y tiempo. *Revista de Arquitectura*, 24(1), 54–62. <https://doi.org/10.14718/revarq.2022.24.1.3892>
- Althuwaynee, O. F., Pradhan, B., Park, H. J., & Lee, J. H. (2014a). 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>
- Althuwaynee, O. F., Pradhan, B., Park, H. J., & Lee, J. H. (2014b). 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>
- Álvarez, J., Aristizábal, P., Torres, D., & Jurado, V. (2018). Validación de un instrumento para medir la vulnerabilidad en relación con la capacidad de respuesta de la comunidad ante desastres. *Revista Geográfica de América Central*, 1(62), 255. <https://doi.org/10.15359/rgac.62-1.11>
- Anís, Z., Wissem, G., Vali, V., Smida, H., & Mohamed Essghaier, G. (2019). GIS-based landslide susceptibility mapping using bivariate statistical methods in North-western Tunisia. *Open Geosciences*, 11(1), 708–726. <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0056>
- Apezteguía, M. C., & Ferrario, J. (2019). *Probabilidades y Estadística: Análisis de datos*. Universidad de la Plata.
- Araujo, R. V. (2023). Los desastres climáticos pueden ser impredecibles, pero sus consecuencias para la salud no. In *Acta Medica Peruana* (Vol. 40, Issue 1, pp. 3–6). Colegio Médico del Peru. <https://doi.org/10.35663/amp.2023.401.2605>

- Arias-Muñoz, P., Chuma-Pomasqui, L., Coronado-Cacuango, P., & Jácome-Aguirre, G. (2024). Susceptibility to vegetation cover fires: an evaluation using multi-criteria and radio frequency methods (Cotacachi Cantón, Ecuador). *Geographical Research Letters*, 50(1), 21–39. <https://doi.org/10.18172/cig.5867>
- Arias-Muñoz, P., Saz, M. A., & Escolano, S. (2023). Estimation of soil erosion through the RUSLE model. Case study: upper-middle basin of Mira River in Andean-Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, 79, 207–230. <https://doi.org/10.14198/INGEO.22390>
- Aristizábal, P. E., Martínez, H., & Vélez, J. I. (2010a). *Una Revisión Sobre el Estudio de Movimientos en Masa Detonados por las Lluvias*. www.emdat.be
- Aristizábal, P. E., Martínez, H., & Vélez, J. I. (2010b). *Una revisión sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias*. 209–227. www.emdat.be
- Baas, S., Ramasamy, S., De Pryck, J., & Battista, F. (2009). *Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres*. <http://www.fao.org>
- Benalcázar, J. (2008). *Reducción del riesgo por deslizamiento en el sector de la cooperativa Santa Teresita del Valle*.
- Birkmann, J., Buckle, P., Jaeger, J., Pelling, M., Setiadi, N., Garschagen, M., Fernando, N., & Kropp, J. (2010). Extreme events and disasters: A window of opportunity for change? Analysis of organizational, institutional and political changes, formal and informal responses after mega-disasters. *Natural Hazards*, 55(3), 637–655. <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9319-2>
- Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P., & Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), 193–211. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>
- Bohórquez, J. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía*, 2013(81), 79–93. <https://doi.org/10.14350/RIG.36333>
- Briones, K., & Ebecken, N. (2017). Occurrence of emergencies and disaster analysis according to precipitation amount. *Natural Hazards*, 85(3), 1437–1459. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2635-z>

- Brunsdon, D. (2001). A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology. *CATENA*, 42(2–4), 99–123. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00134-X](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00134-X)
- Buol, S., Southard, R., Graham, R., & McDaniel, P. (2011). *Soil Genesis and Classification* (6th ed.).
- Bustamante, D. (2018). Perspectiva para zonificación del riesgo por deslizamientos para el cantón Riobamba. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 20–28.
- Cardona, O. (2001). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo*.
- Carranco, F., Pulupa, R., Reina, J., Cornoel, O., Romero, C., & Toainga, S. (2020). *Inventario de movimientos en masa asociados al fenómeno de erosión regresiva en el río Coca*.
- Chambers, R. (1994). Participatory rural appraisal (PRA): Analysis of experience. *World Development*, 22(9), 1253–1268. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90003-5)
- Chardon, A. (2002). *Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales: el ejemplo andino de Manizales, Colombia* (Centro de Publicaciones, Ed.). Universidad Nacional de Colombia.
- Chen, W., Chai, H., Sun, X., Wang, Q., Ding, X., & Hong, H. (2016). A GIS-based comparative study of frequency ratio, statistical index and weights-of-evidence models in landslide susceptibility mapping. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(3). <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2150-7>
- Chung, C.-J. F., & Fabbri, A. G. (2003). Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. In *Natural Hazards* (Vol. 30).
- Coppons R., & Tallada A. (2009). Movimientos de ladera. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 284–294.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. (1996). *Landslides types and processes*.
- Cruz Roja Ecuatoriana. (2024). *Programa Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*.
- Dahal, R. K., Hasegawa, S., Nonomura, A., Yamanaka, M., Masuda, T., & Nishino, K. (2008). GIS-based weights-of-evidence modelling of rainfall-induced landslides in small catchments for landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, 54(2), 311–324. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0818-3>
- Dai, F. C., & Lee, C. F. (2002). Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, 213–228. www.elsevier.com/locate/geomorph

- Deere, D., & Patton, F. (1971). Stability of slopes in residual soils. *Proceedings of the 4th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 93–184.
- Delvaux, B., & Barthes, B. (2014). Granodioritic soils in tropical regions: Characteristics and limitations. *Geoderma*, 58–65.
- Demir, G., Aytekin, M., Akgün, A., İkizler, S. B., & Tatar, O. (2013). A comparison of landslide susceptibility mapping of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by likelihood-frequency ratio and analytic hierarchy process methods. *Natural Hazards*, 65(3), 1481–1506. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0418-8>
- Díaz, A., Acosta, D., & Sáez, D. (2019). Mapa de susceptibilidad a deslizamientos en el distrito de San Miguelito, Panamá, incorporando herramientas de sistema de información geográfica. *I+D Tecnológico*, 15(1), 59–70. <https://doi.org/10.33412/idt.v15.1.2100>
- Ding, Q., Chen, W., & Hong, H. (2017). Application of frequency ratio, weights of evidence and evidential belief function models in landslide susceptibility mapping. *Geocarto International*, 32(6), 619–639. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1165294>
- Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos. (2023). Reporte de monitoreo de amenazas y eventos peligrosos - No 0219. In *Secretaría de Gestión de Riesgos*.
- Doan, V. L., Nguyen, B. Q. V., Pham, H. T., Nguyen, C. C., & Nguyen, C. T. (2023). Effect of time-variant NDVI on landside susceptibility: A case study in Quang Ngai province, Vietnam. *Open Geosciences*, 15(1). <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0550>
- Ericksen, G., Plafker, G., Fernández, J., & U.S. Geological Survey. (1970). *Preliminary Report on the Geologic Events Associated With the May 31, 1970, Peru Earthquake*.
- Espinosa, L., Garduño, G., & Hernández, J. (2021). Landsides and community resilience in angueo-michoacan, mexico. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 30(1), 257–273. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n1.87582>
- ESRI. (2022). *Función de curvatura*. ArcMap 10.8.
- ESRI. (2023). *Función Orientación-pendiente*. ArcGIS Pro 3.4.
- Felicísimo, A. (1994). *Modelos Digitales del Terreno*. <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>
- Fernández, C., & Da Silva, M. (2021). Análisis comparativo en la implementación de matrices para priorización de riesgos en el municipio de Pereira, Colombia. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica*, 14(3), 1228. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.3.76443>

- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302–4315.
- Foster, K. (2007). A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience. *Building Resilient Regions Network*.
- García, V. (2005). *El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos*.
- Gariano, S. L., & Guzzetti, F. (2016). Landslides in a changing climate. In *Earth-Science Reviews* (Vol. 162, pp. 227–252). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011>
- Garnica, P., & Pérez, C. (2012). *Metodología para la Gestión de Cortes Carreteros*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Lita. (2020). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) 2019 - 2023*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Lita.” (2024). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Lita*.
- Gonzalez-Ollauri, A., & Mickovski, S. B. (2017). Hydrological effect of vegetation against rainfall-induced landslides. *Journal of Hydrology*, 549, 374–387. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2017.04.014>
- Gruber, S., & Haeberli, W. (2007). Permafrost in steep bedrock slopes and its temperatures-related destabilization following climate change. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 112(2). <https://doi.org/10.1029/2006JF000547>
- Guzzetti, F., Gariano, S. L., Peruccacci, S., Brunetti, M. T., Marchesini, I., Rossi, M., & Melillo, M. (2020). Geographical landslide early warning systems. In *Earth-Science Reviews* (Vol. 200). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102973>
- Huamán, F. (2019). *Evaluación de la amenaza sísmica y estructuras sismogénicas para la ciudad de Esmeraldas, costa norte de Ecuador*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Unidad de Posgrado.
- Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. In *Landslides* (Vol. 11, Issue 2, pp. 167–194). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- Ibáñez, S., Gisbert, J., & Moreno, H. (2011). Inceptisoles. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Del Medio Natural*, 2–8.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2017). *Carta Geológica de la parroquia Lita*.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. (2017). *Cartografía Base, escala 1:50.000*.

- Jamshed, A., Rana, I., Mirza, U., & Birkmann, J. (2019). Assessing relationship between vulnerability and capacity: An empirical study on rural flooding in Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101109>
- Jurado, P. (2019). *Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia de Imbabura*.
- Keller, E., & Blodgett, R. (2004). *Riesgos Naturales Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes*.
- Legorreta, G., Lugo, J., Quesada, F., Pouget, S., & Bursik, M. (2014). Inventario multitemporal, análisis de susceptibilidad y estimación de volumen de deslizamientos en el flanco SW del volcán Pico de Orizaba, Puebla-Veracruz. *Geológica Mexicana*, 66(2), 343–354. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94331762009>
- Li, L., Lan, H., Guo, C., Zhang, Y., Li, Q., & Wu, Y. (2017). A modified frequency ratio method for landslide susceptibility assessment. *Landslides*, 14(2), 727–741. <https://doi.org/10.1007/s10346-016-0771-x>
- Linden, K. V. (1989). The Portuguese bend landslide. *Engineering Geology*, 27(1–4), 301–373. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(89\)90037-9](https://doi.org/10.1016/0013-7952(89)90037-9)
- López-Gómez, V., Zedillo-Avelleyra, P., Anaya-Hong, S., González-Lozada, E., & Cano-Santana, Z. (2012). Efecto de la Orientación de la Ladera Sobre la Estructura Poblacional y Ecomorfológica de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cetaceae). In *Botanical Sciences* (Vol. 90, Issue 4).
- Ma, S., Qiu, H., Zhu, Y., Yang, D., Tang, B., Wang, D., Wang, L., & Cao, M. (2023). Topographic Changes, Surface Deformation and Movement Process before, during and after a Rotational Landslide. *Remote Sensing*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/rs15030662>
- Marín, R., Marín, J., & Mattos, Á. (2020). *Análisis y evaluación del riesgo de deslizamientos superficiales en un terreno montañoso tropical, implementación de modelos físicos simples*.
- Marín, R., & Osorio, J. (2016, September 5). Evaluation of slope stability quantifying the effect of vegetation. *XV Congreso Colombiano de Geotecnia*. <https://arrow.tudublin.ie/engschcivcon>
- Marín, R., & Osorio, J. (2017). Efectos de la Vegetación en la Estabilidad de Laderas: Una Revisión. *Revista Politécnica*, 13(24), 113–126.
- Martha, T. R., van Westen, C. J., Kerle, N., Jetten, V., & Vinod Kumar, K. (2013). Landslide hazard and risk assessment using semi-automatically created landslide inventories. *Geomorphology*, 184, 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.12.001>

- Mayunga, J. (2007). Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A capital-based approach. *Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building, 1*, 22–28.
- Mergili, M., Marchant Santiago, C. I., & Moreiras, S. M. (2015). Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la región Andina. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 24*(2), 113–131. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v24n2.50211>
- Millám, C., Berini, J., García, A., & González, J. (2010). Deformabilidad y resistencia de los suelos. In *Geotecnia I*. Universidad de Cantabria.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2022). Rehabilitación Emergente del Tramo Salinas Lita, Rve E10, Abscisa 114+400, Sector Guadual, Parroquia La Carolina, Cantón Ibarra, Provincia De Imbabura. *ACUERDO MINISTERIAL 008-2022*.
- Montañez, J., & Palma, A. (2024). Propuesta para la Elaboración de Baremos de un Instrumento en Trabajos de Investigación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7*(6), 7418–7436. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9284
- Montoya, F. (2014). Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera Cruz Blanca - El Gavilán. In *Zaruba y Mencl*. Universidad de Cajamarca.
- Mora, R. (1993). *Fundamentos sobre deslizamientos*.
- Moreiras, S. (2009). Análisis Estadístico Probabilístico de las Variables que Condicionan la Inestabilidad de las Laderas en los Valles de los Ríos Las Cuevas y Mendoza. *Revista de La Asociación Geológica Argentina, 65*(4), 780–790.
- Nagarajan, R., Roy, A., Kumar, R. V., Mukherjee, A., & Khire, M. V. (2000). Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions. In *Bull Eng Geol Env* (Vol. 58). Springer-Verlag 275.
- Nefeslioglu, H. A., Gokceoglu, C., & Sonmez, H. (2008). An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. *Engineering Geology, 97*(3–4), 171–191. <https://doi.org/10.1016/J.ENGGEOL.2008.01.004>
- Núñez del Arco, E. (2003). *Geología del Ecuador* (Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ed.; Vol. 10). Colección Nuestros Valores.

- OCHA, & UNDRR. (2023). *Panorama de los Desastres en América Latina y el Caribe 2000-2022*.
- OEA. (1993). *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*.
- Palacios, I. (2020). Susceptibilidad a Deslizamientos en la Vía Alóag-Santo Domingo, mediante lógica difusa. *Geoespacial*, 17(2), 1–12.
- Palomino, T. (2021). *Prevención de riesgos ambientales y el deslizamiento tierras en la zona de la falla geológica Cerro Picol, distrito San Jerónimo-Cusco 2020*. Universidad Alas Peruanas.
- Park, S., Choi, C., Kim, B., & Kim, J. (2013). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, analytic hierarchy process, logistic regression, and artificial neural network methods at the Inje area, Korea. *Environmental Earth Sciences*, 68(5), 1443–1464. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1842-5>
- Parra, Y. (2004). *Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos en el Distrito de Orosi, Provincia de Cartago, Costa Rica*. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza programa de enseñanza para el desarrollo y la conservación.
- Pelling, M., & Dill, K. (2010). Disaster politics: Tipping points for change in the adaptation of sociopolitical regimes. *Progress in Human Geography*, 34(1), 21–37. <https://doi.org/10.1177/0309132509105004>
- Pineda, M., Martínez-Casasnovas, J., & Vilorio, J. (2016). Relación entre los cambios de cobertura vegetal y la ocurrencia de deslizamientos de tierra en la serranía del interior, Venezuela. *Interciencia*, 41(3), 190–197.
- Pinto, C., Oliveira, J., & Santos, P. (2010). Soil development from volcanic rocks in tropical environments. *Tropical Soils*, 15, 125–138.
- Pourrut, P. (1987). *Clima del Ecuador: génesis, distribución y aspectos originales*.
- Quito, I. (2024). *Análisis de riesgos en el deslizamiento de taludes mediante los modelos probabilístico y determinístico en el sector de Pariacoto, carretera Huaraz-Casma, Áncash, 2024*. Universidad Privada de Tacna.
- Rojas Vilches, O., & Martínez Reyes, C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20(1), 83q–116. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-42652011000100005&script=sci_arttext

- Rozos, D., Pyrgiotis, L., Skias, S., & Tsagaratos, P. (2008). An implementation of rock engineering system for ranking the instability potential of natural slopes in Greek territory. An application in Karditsa County. *Landslides*, 5(3), 261–270. <https://doi.org/10.1007/s10346-008-0117-4>
- Salas, A. (2011). Estudio de la mini ruta turística: Lita y las siete cascadas y el impacto del turismo comunitario y rural en el desarrollo de la economía local. *KALPANA*, 13–23.
- Salazar, L. (2015). Propiedades de un Inceptisol Derivado de Granito y sus Implicaciones en la Susceptibilidad a Deslizamientos. *Revista Cenicafé*, 66(1), 61–75.
- San Lorenzo Online. (2024, December 25). *paso del Km 114 El Guadual en la vía Ibarra - San Lorenzo*.
- Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnología y humanística* (Universidad Ricardo Palma, Ed.).
- Sánchez, J. (2022, August 16). *Qué es y como realizo una matriz FODA o DAFO*. LinkedIn.
- Sccaco, A. (2020). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra*.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2018). *Guía de gestión del riesgo de desastres para la comunidad*. www.gestionderiesgos.gob.ec
- SISAWU. (2023, March 11). *Nacionalidad indígena Awá*. SISAWU: Saberes Ancestrales.
- Soldati, M., & Borgatti, L. (2009). *Paleoclimatic significance of Holocene slope instability in the Dolomites*. <https://www.researchgate.net/publication/287638469>
- Soria, E. (2016). *Vulnerabilidad frente a desastres naturales: marco conceptual y ámbitos de intervención para la inclusión social*. www.inclusion.gob.ec
- Soto, J. (2018). *Análisis de la peligrosidad frente a los movimientos de ladera en la cuenca de Loja* [Tesis Doctoral]. Universidad de Granada - España.
- Soto, J., & Rojas, G. (2015). Evaluación de susceptibilidad de fenómenos de remoción en masa y uso de sistemas de información geográfica. *Ingenio Magno*.
- Suarez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en zonas tropicales. In I. de Suelos (Ed.), *Publicaciones UIS* (Vol. 1). https://books.google.com/books/about/Deslizamientos_y_estabilidad_de_taludes.html?hl=es&id=nWIkAAAACAAJ
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ingeniería de Suelos Ltda., Ed.).

- Suárez, J. (2009). Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza y Riesgo. In *Deslizamientos: análisis geotécnico*. www.erosion.com.co
- Tibaldi, A., Ferrari, L., & Pasquarè, G. (1995). *Landslides triggered by earthquakes and their relations with faults and mountain slope geometry: an example from Ecuador*.
- Tibaldi, A., Ferrari, L., & Pasquarè, G. (1994). Deslizamientos de tierra provocados por terremotos y sus relaciones con fallas y geometría de laderas montañosas: un ejemplo del Ecuador. *Geomorfología*, 11(3), 215–226. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(94\)00060-5](https://doi.org/10.1016/0169-555X(94)00060-5)
- UNISDR. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*.
- Uribe, E., Corral, F., Escamilla, J., & Cruz, E. (2019). Desarrollo y aplicación de una metodología para la elaboración de mapas de peligro municipales por deslizamientos de terreno mediante Sistemas de Información Geográfica. *Boletín Científico Del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería*, 29–34.
- van Westen, C., van Asch, T., & Soeters, R. (2006). Landslide hazard and risk zonation - Why is it still so difficult? *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 65(2), 167–184. <https://doi.org/10.1007/s10064-005-0023-0>
- Varela, L., & Ron, S. (2022, October 4). *Geografía y Clima del Ecuador*. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- Vargas, G. (2000). Criterios de clasificación y descripción de movimientos en masa. *Boletín de Geología*, 22.
- Vézina, A., & Baena, M. (2020, July 15). *Morfología de la planta del banano*. ProMusa.
- Wang, L., Qiu, H., Zhou, W., Zhu, Y., Liu, Z., Ma, S., Yang, D., & Tang, B. (2022). The Post-Failure Spatiotemporal Deformation of Certain Translational Landslides May Follow the Pre-Failure Pattern. *Remote Sensing*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/rs14102333>
- Wilches-Chaux, G. (1993). *La Vulnerabilidad Global*.
- Wu, Z., Wu, Y., Yang, Y., Chen, F., Zhang, N., Ke, Y., & Li, W. (2017). A comparative study on the landslide susceptibility mapping using logistic regression and statistical index models. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(8). <https://doi.org/10.1007/s12517-017-2961-9>
- Yalcin, A. (2007). The effects of clay on landslides: A case study. *Applied Clay Science*, 38(1–2), 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2007.01.007>
- Yildiz, A., Graf, F., Rickli, C., & Springman, S. M. (2019). Assessment of plant-induced suction and its effects on the shear strength of rooted soils. *Proceedings of the Institution of Civil*

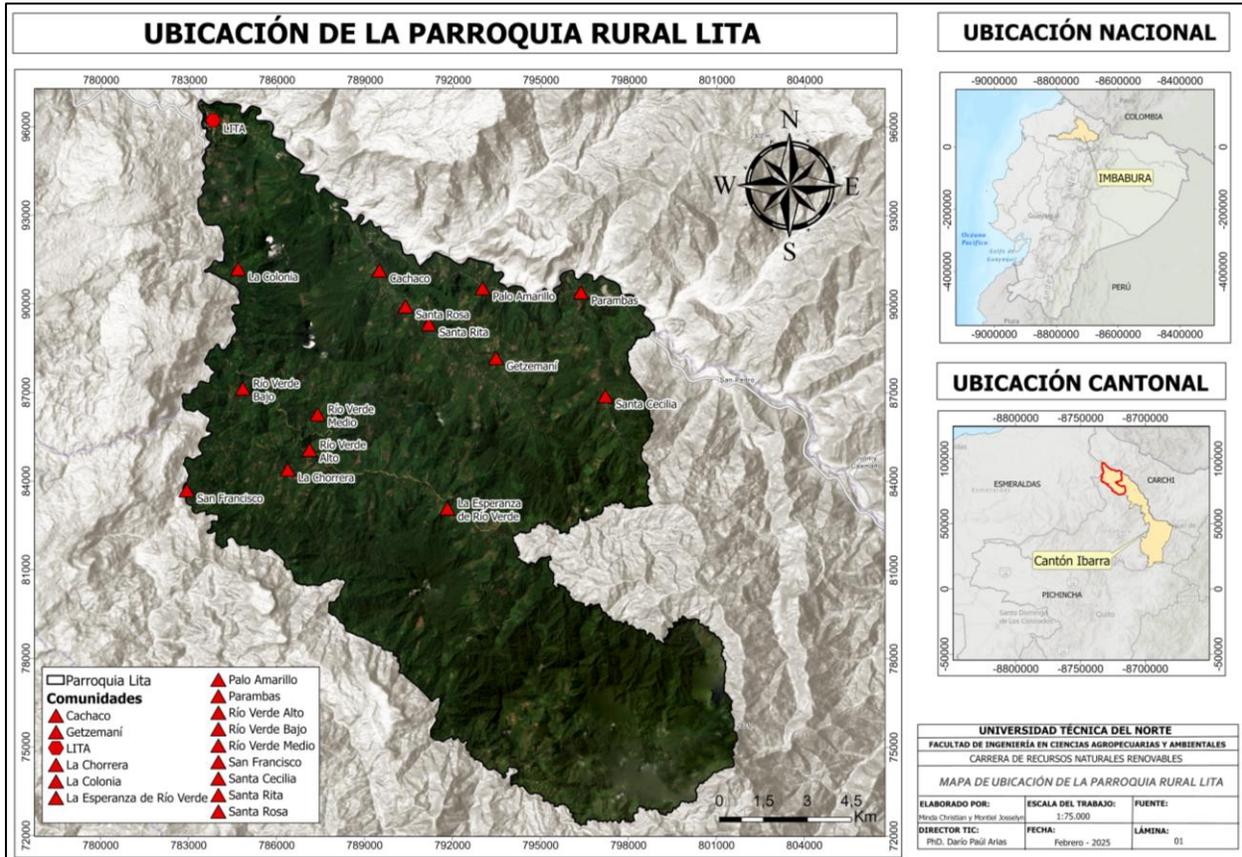
Engineers: Geotechnical Engineering, 172(6), 507–519.
<https://doi.org/10.1680/jgeen.18.00209>

Zeas, R. (2013, June). El Deslizamiento de la Josefina “Tragedia Nacional.” *Galileo*, 87–98.

ANEXOS

Anexo 1.

Mapa de ubicación de la parroquia Lita



Anexo 2.

Reconocimiento del área de estudio



Anexo 3.

Registro de deslizamientos en campo



Anexo 4.

Inventario de deslizamientos

Deslizamientos		
		
		
		
		



Anexo 5.

Diseño del instrumento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

(Morona)
La Colonia

PREGUNTAS	5	4	3	2	1
¿Existe un plan de contingencia comunitario para la preparación y respuesta ante deslizamientos?	No existe	× Existe en borrador	Existe, pero no se ha aplicado en simulacros	Existe y se ha aplicado en simulacros	Existe y se actualiza periódicamente
¿La comunidad cuenta con sistemas de alerta temprana para deslizamientos?	No existe	× Existen, pero no funcionan correctamente	Existen y funcionan parcialmente	Existen y funcionan correctamente	Existen y se monitorean constantemente)
¿Las viviendas de la comunidad están construidas con materiales resistentes a los deslizamientos?	Ninguna vivienda presenta material resistente a deslizamiento	× Predominan las viviendas de materiales no resistentes.	Algunas viviendas son de materiales resistentes, resistentes.	La mayoría de las viviendas son de materiales resistentes.	Todas las viviendas tienen materiales resistentes
¿La comunidad cuenta con infraestructura adecuada para la evacuación en caso de deslizamientos?	No existen vías de evacuación seguras.	× Las vías de evacuación están en mal estado.	Las vías de evacuación están en buen estado, pero son insuficientes.	Las vías de evacuación están en buen estado y son suficientes.	Existen planes de evacuación con rutas alternativas
¿La comunidad conoce las vías de evacuación en caso de deslizamiento?	Totalmente desconoce	Desconoce parcialmente	Ni conozco ni desconozco	Algo conoce	× Conoce totalmente

8042

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES



¿La comunidad cuenta con equipos, infraestructura y maquinaria para afrontar una emergencia por deslizamientos?	No se cuenta con equipos, infraestructura y/o maquinaria, pero mucha está obsoleta o dañada	Se cuenta parcialmente con equipos, infraestructura y/o maquinaria, pero mucha está obsoleta o dañada	Se cuenta parcialmente con equipos, infraestructura y/o maquinaria	Se cuenta con equipos, infraestructura y/o maquinaria, pero no son suficientes	X	Se cuenta con suficientes equipos, infraestructura y/o maquinaria para actuar ante una emergencia
¿Cómo considera Usted el tiempo de respuesta de la maquinaria para habilitar vías, en caso de una emergencia por deslizamiento?	Para nada aceptable (Más de 48 horas)	No es aceptable (Entre 24 horas y 48 horas)	Algo aceptable (Entre 12 y 24 horas)	Aceptable (Entre 2 y 12 horas)	X	Muy aceptable (Menos de 2 horas)
¿La comunidad tiene acceso a servicios básicos como agua potable, saneamiento e higiene incluso después de que ocurre un deslizamiento?	No hay acceso a servicios básicos	El acceso a servicios básicos es limitado	El acceso a servicios básicos es suficiente	Toda la comunidad cuenta con servicios básicos	X	Los servicios básicos están garantizados incluso en situaciones de emergencia)
¿La comunidad cuenta con personal capacitado para la gestión del riesgo de deslizamientos?	No hay personal capacitado	X Hay poco personal capacitado	Hay personal capacitado pero la capacitación no es continua	Hay personal capacitado y la capacitación es continua		La comunidad cuenta con un equipo técnico especializado en gestión de riesgos)
¿La comunidad participa activamente en la identificación y	La comunidad no participa en actividades	La participación es baja	La participación es moderada,	X La participación es alta,		La comunidad lidera la gestión

22+5+6
27+11
33

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES



reducción de riesgos de deslizamientos?	de gestión de riesgos	X				del riesgo de deslizamientos)
¿La comunidad cuenta con recursos económicos para implementar medidas de adaptación ante deslizamientos?	No hay recursos disponibles	X	Los recursos son limitados	Los recursos son suficientes para algunas medidas,	Los recursos son suficientes para la mayoría de las medidas,	La comunidad cuenta con un fondo de emergencia para la gestión de riesgos)
¿La comunidad tiene acceso a información y conocimiento sobre deslizamientos?	No hay acceso a información		La información es limitada y poco accesible,	X La información es accesible pero no se difunde adecuadamente,	La información es accesible y se difunde a través de diversos canales,	La comunidad cuenta con un sistema de información y comunicación para la gestión de riesgos
13. ¿La comunidad está organizada y cuenta con redes de apoyo (Junta Parroquial, Gobierno Provincial) para enfrentar los impactos de los deslizamientos?	No hay organización comunitaria		La organización es débil,	X La organización es moderada,	La organización es fuerte,	La comunidad cuenta con redes de apoyo sólidas y resilientes

33+10
43+8
51

Vulnerabilidad por capacidad adaptativa		SI	Alta.
13-26	Baja	39-52	Alta
26-39	Moderada	52-65	Muy Alta

Anexo 6.

Aplicación del método de Radiofrecuencia

Factor	Factor clases	No. Puntos	% de puntos	Área clases	% de área de clases	Radio (+)	RF
ELEVACION	1	0	0	539	0,022613168	0	0
	2	200	10,52631579	408180	17,12475462	0,614684182	0,058298549
	3	1400	73,68421053	277418	11,638775	6,330924909	0,600444504
	4	300	15,78947368	104597	4,388255082	3,59812121	0,341256947
	5	0	0	1592833	66,82560213	0	0
		1900	100	2383567	100	10,5437303	1
DISTANCIA A VIAS	1	1700	89,47368421	198365	8,322163137	10,75125334	0,928869153
	2	100	5,263157895	166706	6,993948166	0,752530298	0,065015878
	3	0	0	136686	5,734495453	0	0
	4	0	0	109358	4,587982337	0	0
	5	100	5,263157895	1772460	74,36141091	0,07077808	0,006114968
		1900	100	2383575	100	11,57456172	1
COBERTURA	1	400	21,05263158	9312	0,392655586	53,6160246	0,966783015
	2	900	47,36842105	830050	35,0004048	1,353367806	0,024403395
	3	600	31,57894737	1532182	64,60693961	0,488785687	0,008813591
		1900	100	2371544	100	55,45817809	1
TEXTURA	1	0	0	417292	17,51629092	0	0
	2	100	5,263157895	191149	8,023689632	0,655952328	0,150857566
	3	0	0	37772	1,585521268	0	0
	4	400	21,05263158	721899	30,30250497	0,694748886	0,159780096
	5	0	0	132638	5,567626016	0	0
	6	1400	73,68421053	585625	24,58225385	2,99745544	0,689362339
	7	0	0	295933	12,42211335	0	0
	1900	100	2382308	100	4,348156655	1	
LITOLOGIA	1	600	31,57894737	803206	33,72239189	0,936438538	0,091528136
	2	200	10,52631579	521847	21,90960854	0,480442897	0,046958814
	3	200	10,52631579	685499	28,78049456	0,365744785	0,035748143
	4	200	10,52631579	77044	3,234672003	3,25421427	0,318069104
	5	700	36,84210526	168937	7,092775351	5,194314417	0,507695804
	6	0	0	56860	2,387252091	0	0
	7	0	0	22959	0,963927554	0	0
	8	0	0	39421	1,655080279	0	0
	9	0	0	6045	0,253797729	0	0
		1900	100	2381818	100	10,23115491	1
PRECIPITACION	1	0	0	444990	18,67124857	0	0
	2	0	0	396888	16,65294614	0	0
	3	0	0	524664	22,01427439	0	0

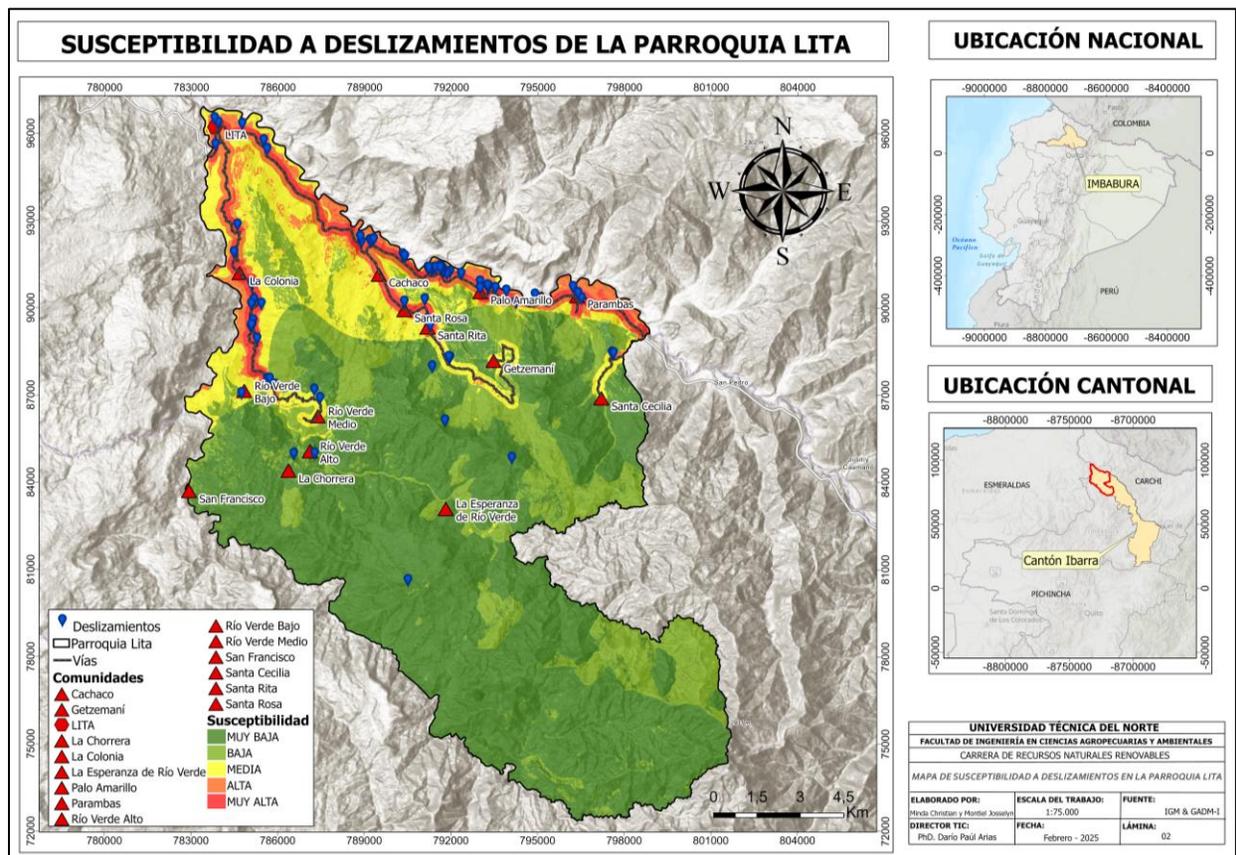
	4	200	10,52631579	517509	21,71405914	0,484769601	0,10192575
	5	1700	89,47368421	499239	20,94747177	4,27133571	0,89807425
		1900	100	2383290	100	4,756105311	1
DISTANCIA A RIOS	1	600	31,57894737	536081	22,49143063	1,404043517	0,235987084
	2	500	26,31578947	449727	18,86842403	1,394699919	0,234416642
	3	300	15,78947368	367076	15,40077785	1,025238714	0,1723188
	4	300	15,78947368	289050	12,12717486	1,301991096	0,218834444
	5	100	5,263157895	214131	8,983926931	0,585841574	0,098466353
	6	100	5,263157895	527425	22,12826569	0,237847736	0,039976677
			1900	100	2383490	100	5,949662557
ANGULO DE LA PENDIENTE	1	1000	52,63157895	1018526	42,91794097	1,226330475	0,262990349
	2	100	5,263157895	139548	5,880176673	0,895067986	0,191950087
	3	200	10,52631579	517166	21,79198161	0,483036191	0,103588599
	4	600	31,57894737	364050	15,34008598	2,058589985	0,441470965
	5	0	0	63677	2,683177187	0	0
	6	0	0	270227	11,38663759	0	0
			1900	100	2373194	100	4,663024638
ASPECTO DE LA PENDIENTE	1	100	5,263157895	246824	10,39889011	0,506126889	0,058046393
	2	0	0	290119	12,22294266	0	0
	3	100	5,263157895	245599	10,34727989	0,508651351	0,058335917
	4	0	0	166300	7,006350374	0	0
	5	100	5,263157895	226387	9,537863152	0,5518173	0,063286509
	6	100	5,263157895	272213	11,46854873	0,458921004	0,052632472
	7	100	5,263157895	371371	15,64615361	0,336386695	0,038579326
	8	900	47,36842105	363311	15,30657944	3,094644446	0,354916825
	9	500	26,31578947	191437	8,065392042	3,262803511	0,374202557
			1900	100	2373561	100	8,719351196
NDVI	1	300	15,78947368	40814	1,712343566	9,220972938	0,648454699
	2	600	31,57894737	230532	9,671925982	3,265011274	0,229608298
	3	500	26,31578947	654473	27,45828958	0,958391432	0,067397815
	4	400	21,05263158	996287	41,79903059	0,503663154	0,035419553
	5	100	5,263157895	461411	19,35841028	0,271879654	0,019119635
			1900	100	2383517	100	14,21991845
CURVATURA	1	100	5,263157895	385641	16,1794469	0,325299	0,132646369
	2	1400	73,68421053	1449966	60,83286764	1,211256569	0,493911096
	3	400	21,05263158	547917	22,98768546	0,915822152	0,373442535
			1900	100	2383524	100	2,452377721
DISTANCIA A FALLAS	1	500	26,31578947	368434	15,45720189	1,702493741	0,377146384
	2	200	10,52631579	350220	14,6930556	0,716414344	0,158704301
	3	0	0	304931	12,7930105	0	0
	4	200	10,52631579	263918	11,0723598	0,950684044	0,210601097

	5	1000	52,63157895	1096072	45,98437221	1,144553604	0,253548217
		1900	100	2383575	100	4,514145733	1

Nota. Se asoció la mayor cantidad de deslizamientos que coincidieron en una clase, las clases que no registraron deslizamientos se excluyeron debido a que no aportan al modelo

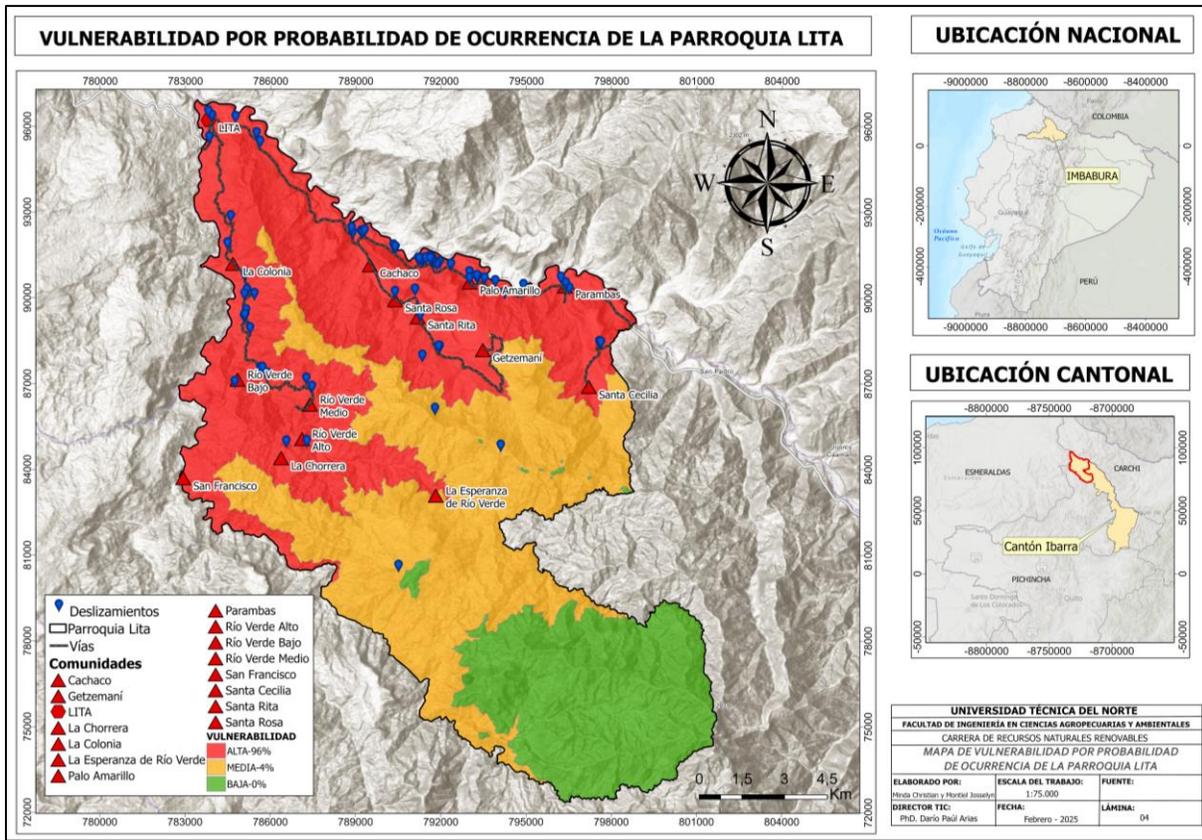
Anexo 7.

Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos



Anexo 8.

Mapa de Vulnerabilidad por Probabilidad de Ocurrencia



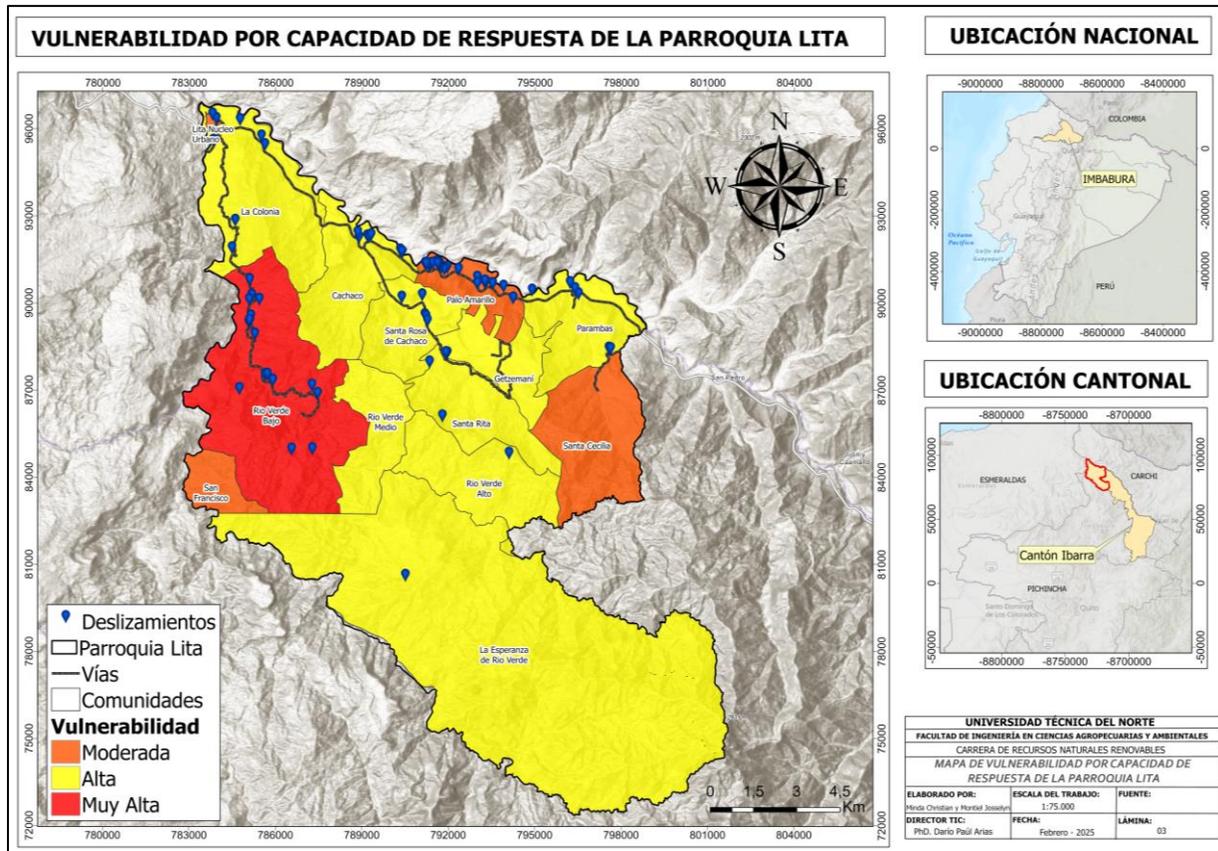
Anexo 9.

Socialización del instrumento



Anexo 10.

Mapa de Vulnerabilidad por Capacidad de Respuesta



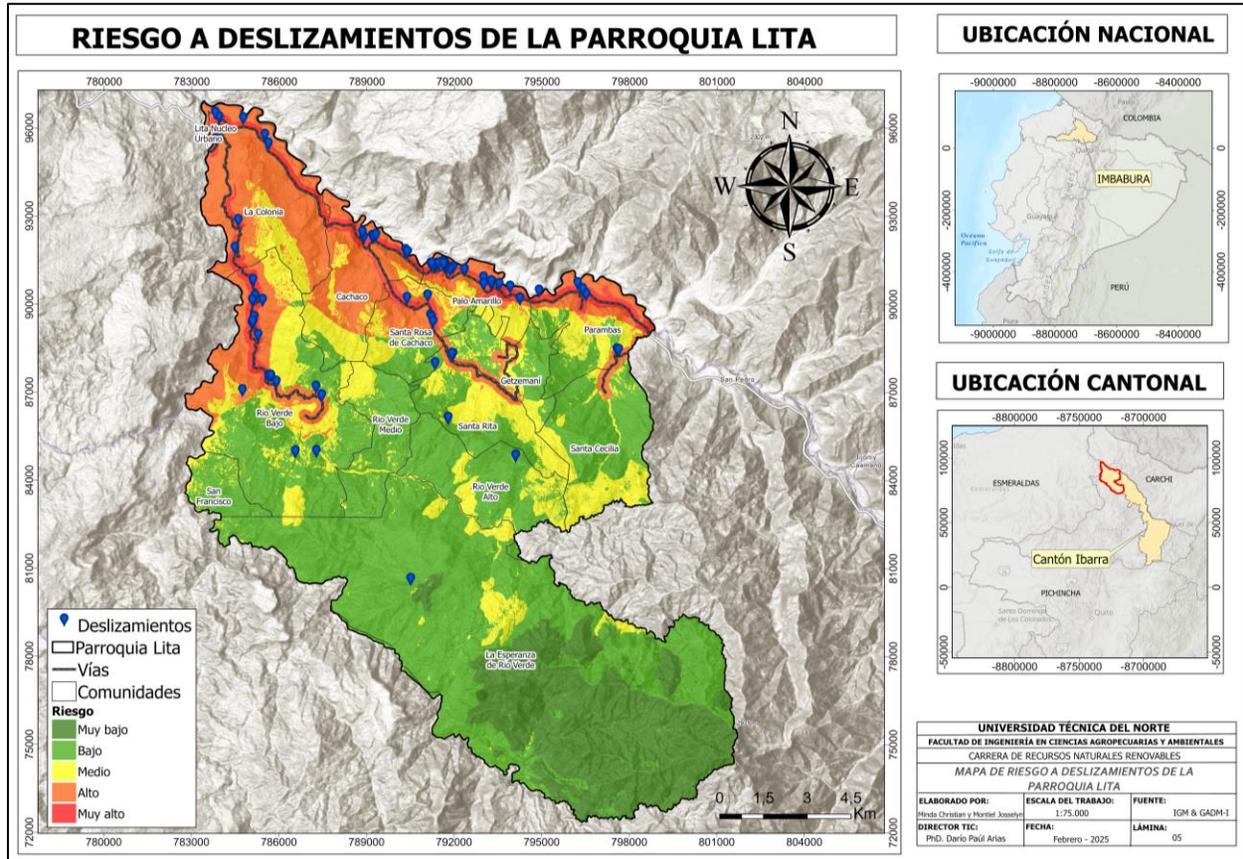
Anexo 11.

Matriz de priorización del riesgo

		Susceptibilidad				
		Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
Vulnerabilidad	Muy Baja	Muy baja	Baja	Moderada	Moderada	Alta
	Baja	Muy baja	Baja	Moderada	Moderada	Alta
	Moderada	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Alta
	Alta	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
	Muy alta	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta

Anexo 12.

Mapa de Riesgo a Deslizamientos



Anexo 13.

Vía de primer orden E10 inhabilitada por un deslizamiento

