



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL

SER HUMANO

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y

GESTION DEL RIESGO

TRABAJO DE ESTUDIO CASO PREVIO LA OBTENCION DEL TITULO

DE INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y

GESTIÓN DEL RIESGO

TEMA:

**MEDIDAS DE INTERVENCIÓN DE RESPUESTA ANTE LA AMENAZA DE
DESLIZAMIENTO EN LA PARROQUIA PUNGALÁ CANTÓN RIOBAMBA DE LA
PROVINCIA DEL CHIMBORAZO. PERIODO NOVIEMBRE 2022 – FEBRERO 2023**

AUTORES:

FAUSTO RAY CARRASCO VARGAS

WALTER JAVIER SISA SISA

TUTOR:

DR. MOISES ARREGUIN

GUARANDA - 2023

DEDICATORIA

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto principalmente a Dios, por ser mi fortaleza y mi inspiración, por acompañarme y guiarme por el buen camino, también a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mi ayuda para seguir siempre adelante.

A mis padres, Fausto Carrasco y Marisol Vargas, mis abuelitos, Rafael Carrasco y Rosaura Lara quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mi ejemplo de esfuerzo y valentía, y por ser ese pilar fundamental en mi vida, a mis hermanos, Anthony, Ana Paula, Joao, Samantha y Alejandra, a mi sobrino Zaid Carrasco por siempre estar presentes, por ser ese apoyo incondicional que necesite en esas noches largas de estudio, por dedicarme tiempo y enseñarme a ser perseverante en todo lo que me proponga gracias por confiar siempre en mi los amo.

Finalmente, a mis amigos que me abrieron sus puertas y sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos y que siempre han estado cuando más los he necesitado, en especial a Walter Sisa una persona excepcional que busca siempre salir adelante, además de ser mi compañero de años se convirtió en mi hermano, cuando me sentía caído siempre me dio su mano para poder levantarme, a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome gracias los llevare en mi corazón siempre.

Fausto Ray Carrasco Vargas

A Dios, aquel que trasciende todo entendimiento, cuya sabiduría y guía han iluminado cada paso de este camino académico. En la humildad de mi búsqueda del conocimiento, reconozco tu presencia constante y divina inspiración. Dedico esta tesis como un humilde reflejo de la grandeza de tu creación y como una expresión de gratitud por el intelecto que me has otorgado. Que este trabajo sea un tributo a tu infinita sabiduría y un testimonio de mi profundo respeto y devoción. Con humildad y reverencia.

A mis padres, "Dedicó esta tesis a mis queridos padres. Vuestra infinita dedicación, amor incondicional y constante apoyo han sido los pilares de mi vida y de este logro académico. Sin vuestro sacrificio, comprensión y orientación, esta meta habría sido inalcanzable. Esta tesis es un pequeño tributo a vuestro esfuerzo y devoción. Gracias por creer en mí, por inspirarme a ser la mejor versión de mí mismo y por ser el faro que ilumina mi camino. Los amo con todo mi corazón."

Dedico este trabajo a mi querido amigo Fausto Carrasco. Tu apoyo inquebrantable, tu amistad sincera y tus palabras de aliento han sido fundamentales en cada etapa de este proceso. Gracias por estar a mi lado durante este viaje académico, aunque a veces te ausentabas y por ser la inspiración detrás de mis logros. Esta tesis es un reflejo de nuestra amistad y de todo lo que hemos compartido a lo largo de los años.

¡Gracias por ser mi amigo incondicional!"

Walter Javier Sisa Sisa

AGRADECIMIENTO

"A Dios, fuente de amor y fortaleza, le agradecemos por su infinita bondad y por estar siempre a nuestro lado en cada paso del camino. Sin su guía y bendiciones, nada de esto sería posible.

A nuestros amados padres, quienes nos han dado el regalo más preciado, la vida, y nos han brindado su amor incondicional y apoyo constante. Gracias por ser nuestros pilares, por enseñarnos los valores fundamentales y por ser nuestro ejemplo a seguir.

A nuestros hermanos y familiares, por ser nuestra fuerza y compañía en cada etapa de nuestra vida. Gracias por estar ahí en los momentos felices y difíciles, por compartir risas y lágrimas, y por ser nuestra red de apoyo inquebrantable.

A nuestra querida Universidad Estatal de Bolívar, por brindarnos una educación de calidad y la oportunidad de formarnos académica y personalmente. Agradecemos a nuestros profesores y todo el personal que nos ha guiado y apoyado en este viaje de aprendizaje. Sus conocimientos y dedicación han sido fundamentales en nuestro crecimiento.

A nuestro tutor Dr. Moisés Arreguin y a nuestros pares, al Ing. Paul Sánchez y al Dr. Abelardo Paucar, por su apoyo y orientación en este camino de vida. Gracias por compartir sus experiencias, conocimientos y por ser mentores inspiradores. Su guía ha sido de gran valor en nuestro desarrollo personal y profesional.

A nuestro amigo, el Dr. Oswaldo López, por su inquebrantable apoyo y por no dejarnos solos en este proceso. Gracias por estar ahí en los momentos difíciles, por brindarnos su amistad y por ser un verdadero apoyo en nuestra vida.

Por último, pero no menos importante, a nuestros amigos, quienes han sido una parte invaluable de nuestro viaje. Gracias por compartir risas, alegrías y momentos inolvidables

juntos. Vuestra amistad ha sido un regalo maravilloso y nos ha enriquecido la vida de muchas maneras.

A todos aquellos amigos que han sumado a nuestra historia, que nos han apoyado y acompañado en estos años, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento. Gracias por las risas compartidas, por los momentos inolvidables y por el apoyo incondicional en cada desafío que enfrentamos.

Agradecemos a cada persona que ha cruzado nuestro camino, dejando una huella significativa en nuestras vidas. Vuestra amistad y amor nos han dado fuerzas y nos han inspirado a ser mejores. Sin ustedes, este viaje no hubiera sido lo mismo.

Estamos eternamente agradecidos por todas las enseñanzas, los momentos compartidos, las risas y los abrazos reconfortantes. Su presencia en nuestras vidas nos ha enriquecido y nos ha dado fuerzas para enfrentar cualquier desafío que se nos presente.

¡Gracias por ser parte de nuestra historia y por hacer de este viaje algo extraordinario!

Fausto Carrasco y Walter Sisa

Tema:

Medidas de intervención de respuesta ante la amenaza de deslizamiento en la parroquia Pungalá cantón Riobamba de la provincia del Chimborazo. Periodo noviembre 2022 – febrero 2023

Certificación

El suscrito Dr. Moisés Arreguín, tutor del proyecto de investigación como modalidad de titulación.

CERTIFICA

Que el estudio de caso como requisito para la titulación de grado, con el tema: Medidas de intervención de respuesta ante la amenaza de deslizamiento en la parroquia Pungalá cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo noviembre 2022 – febrero 2023, realizado por los estudiantes Fausto Ray Carrasco Vargas y Walter Javier Sisa Sisa, ha cumplido con los lineamientos metodológicos contemplados en la Unidad de Titulación de la Carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo, para ser sometido a revisión y calificación por los miembros del tribunal nombrado por Consejo Directivo de la Facultad y posteriormente a la sustentación pública respectiva.

Guaranda, 14 de mayo de 2023



Dr. Moisés Arreguín

TUTOR

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Yo/nosotros **Carrasco Vargas Fausto Ray y Sisa Sisa Walter Javier** portador/res de la Cédula de Identidad No **0202401766** y **0202487419** en calidad de autor/res y titular / es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **Medidas de intervención de respuesta ante la amenaza de deslizamiento en la parroquia Pungalá cantón Riobamba de la provincia del Chimborazo. Periodo noviembre 2022 – febrero 2023**, modalidad **Presencial**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.



firmas autenticadas por:
FAUSTO RAY CARRASCO
VARGAS

Fausto Ray Carrasco Vargas
CI: 0202401766



firmas autenticadas por:
WALTER JAVIER SISA
SISA

Walter Javier Sisa Sisa
CI: 0202487419

Índice

Tema:	6
Índice	9
Índice de Tablas	12
Índice de Mapas	14
Índice de Figuras.....	14
Índice de gráficos.....	15
Resumen Ejecutivo	17
Introducción	21
1. EL PROBLEMA	23
1.1. Planteamiento del Problema	23
1.2. Formulación del Problema.....	24
1.3. Objetivos.....	24
1.3.1. Objetivo general.....	24
1.3.2. Objetivos Específicos.....	24
1.4. Justificación	25
1.5. Limitaciones.....	26
2. MARCO TEÓRICO	27
2.1. Marco Referencial.....	27

	10
2.1.1. Localización del área de estudio	27
2.1.2. Descripción General de la Parroquia Pungalá.....	28
2.1.3. Límites	29
2.1.4. Población.....	29
2.1.5. Viviendas	29
2.1.6. Servicios.....	30
2.2. Características del suelo.....	30
2.3. Antecedentes de la Investigación.....	31
2.4. Fundamentación de la amenaza de deslizamientos.....	33
2.4.1. Deslizamientos	33
2.4.2. Clasificación y tipos de deslizamientos	34
2.4.3. Partes de un deslizamiento.....	36
2.4.4. Factores de susceptibilidad ante deslizamientos	38
2.4.5. Métodos para zonificar la susceptibilidad de deslizamientos	40
2.4.6. Consecuencias de los deslizamientos.....	54
2.5. Medidas de intervención.....	55
2.5.1. Medidas de respuesta	55
2.5.2. Medidas de intervención ante los deslizamientos	57
2.6. Marco legal	59
2.7. Glosario.....	61

	11
3. Marco Metodológico	62
3.1. Nivel de Investigación	62
3.1.1. Investigación mixta	62
3.1.2. Investigación bibliográfica.....	62
3.2. Diseño	62
3.3. Tipo de estudio por su tiempo.....	63
3.4. Universo y Muestreo.....	63
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	65
3.5.1. Fuentes primarias	65
3.5.2. Fuentes secundarias.....	65
3.6. Técnicas de procedimientos y análisis de datos para cada uno de los objetivos específicos.....	66
4. Resultados y Logros Alcanzados Según los Objetivos Planteados.	87
4.1. Objetivo 1	87
4.1.1. Inclinação del terreno (mapa de Pendientes)	87
4.1.2. Textura de suelos (mapa de suelos)	89
4.1.3. Precipitación anual (mapa de Isoyetas).....	91
4.1.4. Ríos (Mapa de ríos).....	93
4.1.5. Vías (Mapa de Vías)	94
4.1.6. Susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Pungalá.....	96

	12
4.2. Objetivo 2	100
4.2.1. Sistemas de drenaje de la parroquia	101
4.2.2. Líneas de rotura de la parroquia.....	102
4.2.3. Elementos expuestos de la parroquia Pungalá	103
4.2.4. Encuesta de percepción al personal de instituciones sobre medidas de intervención ante deslizamientos en la parroquia Pungalá”	107
4.3. Objetivo 3	118
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1. Conclusiones	123
5.2. Recomendaciones	125
Bibliografía	126
Anexos	132

Índice de Tablas

Tabla 1 Población	29
Tabla 2 Número recomendado de muestra	65
Tabla 3 Análisis de Variables Lógica Fuzzy.....	66
Tabla 4 Pertenencia de la variable a cada función de Lógica Fuzzy	68
Tabla 5 Clasificación cuantitativa de uso y cobertura del suelo	73
Tabla 6 Pesos de variables resultantes de matriz de Saaty	74
Tabla 7 Representación de las variables en la matriz de Saaty	74
Tabla 8 Representación de las variables en la matriz de Saaty	75

	13
Tabla 9 Obtención de la superficie	83
Tabla10 Obtención del área por categoría	84
Tabla11 Porcentaje de superficie por categoría.	84
Tabla12 Susceptibilidad de cada categoría.	85
Tabla 13 Susceptibilidad de Deslizamientos	86
Tabla 14 Pendiente	88
Tabla 15 Cobertura Vegetal	89
Tabla 16 Uso de Suelo	90
Tabla 17 Precipitación anual	92
Tabla 18 Ríos de la Parroquia Pungalá	94
Tabla 19 Tipología vial	95
Tabla 20 Nivel de susceptibilidad	96
Tabla 21 Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos	97
Tabla 22 Vías	104
Tabla 23 Instituciones educativas	104
Tabla 24 Centros de salud	105
Tabla 25 Comité de gestion de riesgos	107
Tabla 26 Se ha desarrollado medidas de respuesta	108
Tabla 27 Conoce sobre las medidas de respuesta	109
Tabla 28 Capacitación a la población	110
Tabla 29 Simulación o Simulacros	111
Tabla 30 Lugares seguros	112
Tabla 31 Sistema de Alerta	113

Tabla 32 Participación de la parroquia	114
Tabla 33 Estudio de taludes y sitios críticos	115
Tabla 34 Reforestación y protección natural	116
Índice de Mapas	
Mapa 1 Mapa de Pungalá	28
Mapa 2 Mapa de Pendiente	88
Mapa 3 Susceptibilidad a deslizamientos Uso suelo	90
Mapa 4 Precipitaciones	92
Mapa 5 Red Hídrica	93
Mapa 6 Vías	96
Mapa7 Susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Pungalá	98
Mapa 8 Afectación	99
Mapa 9 Deslizamientos ocurridos en la comunidad	100
Mapa 10 Sistema de Drenaje	102
Mapa 11 Líneas de Rotura	103
Mapa 12 Elementos Expuestos de la parroquia	106

Índice de Figuras

Figura 1 Deslizamientos	34
Figura 2 Movimiento traslacional	36
Figura 3 Elementos del deslizamiento	38
Figura 4 Probabilidad tomando una variable	42
Figura 5 Función de referencia tipo LR	48
Figura 6 Las coberturas	69

Figura 7 Productos	69
Figura 8 Pendientes	70
Figura 9 Precipitación y pendientes raster	71
Figura 10 Distancia	72
Figura 11 Exportar vías y ríos.	72
Figura 12 Función de pertenencia curva Seno rango de 0 a $\pi/2$ radianes	75
Figura 13 Función de pertenencia curva Coseno rango de 0 a $\pi/2$ radianes	76
Figura14 Proceso normalización ríos.	76
Figura 15 Ríos y vías normalizados.	77
Figura 16 Pendientes normalizadas.	78
Figura17 Precipitación normalizada.	79
Figura18 Uso y cobertura del suelo normalizado.	80
Figura19 Suma difusa para la obtención de la susceptibilidad.	81
Figura20 Reclasificación de la susceptibilidad.	81
Figura21 Transformación Raster to Polygon.	82
Figura 22 Nivel de susceptibilidad de deslizamientos de la parroquia Pungalá	85
Índice de gráficos	
Grafico 1	108
Grafico 2	109
Grafico 3	110
Grafico 4	111
Grafico 5	112
Grafico 6	113

Grafico 7	114
Grafico 8	115
Grafico 9	116
Grafico 10	117

Resumen Ejecutivo

El presente estudio, clasificado como un análisis de caso, tiene como propósito examinar las acciones de respuesta frente a la amenaza de deslizamientos en la parroquia Pungalá, ubicada en el cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, Ecuador, durante el período comprendido entre noviembre de 2022 y febrero de 2023. Para alcanzar este objetivo, se llevará a cabo una investigación detallada sobre las causas de los deslizamientos de tierra en la parroquia y se identificarán las medidas aplicadas para mitigar el riesgo de futuros desastres.

Este estudio de investigación reviste gran importancia para la región, ya que los deslizamientos de tierra han sido un evento recurrente que ha impactado la infraestructura y la población de la provincia de Chimborazo. Por esta razón, resulta esencial comprender las razones detrás de este tipo de incidentes y proponer estrategias efectivas de prevención y respuesta ante la amenaza de deslizamientos.

La metodología utilizada fue investigativa y con enfoque mixto, cuali-cuantitativo, para el diseño de la investigación se realizó un levantamiento de datos a partir de encuestas dirigidas al personal directivo responsable de la parroquia, además, se utilizó métodos como la Lógica Fuzzy (Difusa) y posterior se realizó en el sistema de información geográfica para determinar la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio.

La parroquia Pungalá presenta un alto nivel de susceptibilidad a deslizamientos, esto significa que existe una alta probabilidad de que se produzcan deslizamientos en el territorio, en cuanto a los elementos expuestos, como las vías, unidades educativas y hospitales, se determinó que la mayoría de ellos se encuentran en un nivel medio de susceptibilidad lo implica que estos elementos podrían verse afectados por deslizamientos, pero en menor medida que el resto del territorio; y por último, se ha elaborado una

propuesta con medidas de intervención de respuesta para contribuir a la reducción de la afectación de los deslizamientos. Puede haber diversas razones por las cuales estas medidas no se han implementado, como falta de recursos, falta de conocimiento o falta de voluntad por parte de las autoridades o miembros de la comunidad.

Palabras claves: Deslizamientos de tierra, Gestión del riesgo, Medidas de intervención.

Executive Summary

The purpose of this study, classified as a case analysis, is to examine the response actions against the threat of landslides in the Pungalá parish, located in the Riobamba canton of the province of Chimborazo, Ecuador, during the period between November 2022 and March 2023. To achieve this objective, a detailed investigation will be carried out into the causes of landslides in the parish and the measures applied to mitigate the risk of future disasters will be identified.

This research study is of great importance for the region, since landslides have been a recurring event that has impacted the infrastructure and population of the province of Chimborazo. For this reason, it is essential to understand the reasons behind this type of incidents and propose effective prevention and response strategies against the threat of landslides.

The methodology used was investigative and with a mixed qualitative-quantitative approach, for the design of the investigation a data collection was carried out from surveys directed to the managerial personnel responsible for the parish, in addition, methods such as Fuzzy Logic (Diffuse) were used. And later it was carried out in the geographic information system to determine the susceptibility to landslides in the study area.

The Pungalá parish presents a high level of susceptibility to landslides, this means that there is a high probability of landslides occurring in the territory, in terms of the exposed elements, such as roads, educational units and hospitals, it was determined that the majority of them are at a medium level of susceptibility, which implies that these elements could be affected by landslides, but to a lesser extent than the rest of the territory; and finally, a proposal has been prepared with response intervention measures to contribute to reducing the impact of landslides. There may be various reasons why these measures have

not been implemented, such as lack of resources, lack of knowledge or lack of will on the part of the authorities or members of the community.

Keywords: Landslides, Risk management, Intervention measures.

Introducción

Desde tiempos inmemoriales, la Tierra ha ejercido su poder y su belleza a través de fenómenos naturales que, a menudo, nos recuerdan la humildad de la humanidad en su incesante lucha por comprender y sobrevivir en un planeta en constante cambio. Entre estos fenómenos, los deslizamientos de tierra destacan como un recordatorio recurrente de la fragilidad de nuestras vidas y la necesidad de previsión y respuesta efectivas ante la ira de la naturaleza.

Los deslizamientos de tierra, conocidos en diversos lugares como derrumbes, avalanchas o deslaves, representan un proceso geo dinámico que involucra el desplazamiento descendente de una masa de suelo o roca en una pendiente. Estos eventos pueden desencadenarse por diversas causas, que van desde factores naturales como la lluvia intensa o los movimientos tectónicos, hasta acciones humanas, la deforestación y la construcción inadecuada. Su impacto es, en ocasiones, devastador, afectando la vida de las personas y la infraestructura que construimos.

En este contexto general de amenaza de deslizamientos de tierra, el presente proyecto se sumerge en un enfoque más específico, centrado en la parroquia Pungalá, enclavada en el cantón Riobamba, situado en la provincia de Chimborazo, Ecuador. Durante el periodo comprendido entre noviembre de 2022 y febrero de 2023, esta región será el escenario de una investigación exhaustiva destinada a evaluar las medidas de intervención y respuesta implementadas para hacer frente a la persistente amenaza de deslizamientos.

La importancia de este trabajo de investigación en Pungalá radica en la necesidad apremiante de entender las causas fundamentales de los deslizamientos de tierra que han asolado esta región. A través de un análisis meticuloso de las condiciones geográficas,

geológicas y climáticas que caracterizan a Pungalá, se busca identificar los factores desencadenantes y subyacentes de estos desastres naturales.

Además de explorar las causas, el estudio se adentrará en la evaluación de las medidas de intervención aplicadas hasta la fecha. Desde la identificación de zonas susceptibles de alto riesgo, incluso la implementación de sistemas de alerta temprana, se analizará la eficacia de estas acciones en la reducción del riesgo de futuros deslizamientos.

No podemos subestimar la relevancia de esta investigación, ya que los deslizamientos de tierra han dejado una huella indeleble en la infraestructura y la vida de la población de Chimborazo. Esta región, como muchas otras en el mundo, ha sufrido las consecuencias de estos eventos naturales, y es nuestra responsabilidad comprender, prevenir y responder de manera efectiva a esta amenaza persistente.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En Ecuador, los deslizamientos de tierra son el fenómeno más frecuente y peligroso, con graves consecuencias. Un ejemplo emblemático ocurrió en 1993, con el deslizamiento en el cerro Tamuga, sector Josefina, considerado una tragedia nacional con pérdidas económicas estimadas en 147 millones de dólares (Bermeo et al., 2022). Según la Secretaría Nacional de Planificación (2021), entre 2017 y 2020, se registraron 4157 deslizamientos en el país, atribuidos a factores como la topografía montañosa, fuentes de agua, lluvias intensas, eventos sísmicos y actividades humanas. Además, Dávila et al. (2018) señalan que las provincias más afectadas son Manabí, Esmeraldas, Pichincha y Chimborazo.

Según lo indicado por (Pungalá, 2016), en la provincia de Chimborazo se enfrenta un alto riesgo debido a la presencia de fallas geológicas que se manifiestan a través de grietas en la corteza terrestre, lo que conlleva a una exposición del agua subterránea. Este problema se agrava en algunos casos debido a prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas, así como a la deforestación de plantas autóctonas. Además, los suelos con una pendiente de más de 35° pierden su capacidad de retención y, al carecer de vegetación, se saturan en exceso, lo que provoca deslizamientos de tierra en las parroquias más susceptibles a eventos naturales de este tipo. Algunos ejemplos de estas parroquias son San Juan, Calpi, Lican, Riobamba y Pungalá, que representan el 50,9% de la vulnerabilidad media alta. Por otro lado, Cacha y Quimiag tienen un nivel de vulnerabilidad media baja, que corresponde al 48%, según lo señalado por (Bustamante, 2018).

En la parroquia Pungalá, en relación al fenómeno de deslizamientos o movimientos en masa, se resalta que en 1985 estos incidentes ocasionaron daños materiales en ciertas comunidades. A pesar de que se reconoce que estos eventos son recurrentes anualmente y afectan de diversas formas a la movilidad de la población debido al cierre parcial o total de las rutas de transporte terrestre (Aloag), también se produjo un desastre que resultó en la destrucción de una explotación agrícola con una inversión estimada entre 10 y 12 mil dólares(Pungalá, 2016).

1.2. Formulación del Problema

¿Cuáles son las medidas de intervención para responder a la amenaza de deslizamiento en la parroquia Pungalá del cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, durante el periodo de noviembre de 2022 a febrero de 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las medidas de intervención implementadas ante la amenaza de deslizamiento en la parroquia Pungalá, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, durante el periodo de noviembre de 2022 a febrero de 2023.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las variables que, según Logica Fuzzy (Difussa), intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos.
- Identificar elementos expuestos y las medidas de intervención ante los deslizamientos desarrolladas en la parroquia Pungalá.
- Proponer medidas de intervención ante la amenaza de deslizamientos para una respuesta eficiente en la parroquia Pungalá.

1.4. Justificación

Según (Lee & Duncan, 1974), en 1974 se produjo una laguna temporal en Perú cuando un deslizamiento represó el río Mantaro, resultando en la inundación de granjas, la destrucción de tres puentes y unos veinte kilómetros de carretera, con un saldo de 500 personas heridas. Este evento ilustra de manera destructiva el impacto de los deslizamientos de tierra. De manera similar (Zeas Domínguez, 1999), describe un acontecimiento en Ecuador donde el cerro Tumuga experimentó dos sacudidas: la primera provocó una gran avalancha que bloqueó los ríos Cuenca y Jadan, y la segunda cubrió una parte del primero, llegando hasta los 2375 metros sobre el nivel del mar. Este evento resultó en la muerte y desaparición de 150 personas y dejó a 7000 damnificados. Estos ejemplos subrayan la devastación que los deslizamientos de tierra pueden causar en diferentes regiones geográficas.

El registro de sucesos naturales adversos en la Parroquia Rural de Pungalá, elaborado con la colaboración de los residentes locales, reveló que en 1985 se produjeron daños materiales en algunas comunidades debido a deslizamientos y movimientos en masa. Es importante señalar que este fenómeno ocurre de manera recurrente cada año y afecta en diversos grados la circulación de la población debido al cierre parcial o total de las vías de comunicación terrestre en Aloag (Pungalá, 2016).

Con base en esto, el objetivo general de esta investigación es determinar las medidas de intervención a ser implementadas en la parroquia Pungalá durante el periodo de noviembre de 2022 a marzo de 2023 ante la amenaza de deslizamiento. Esto se debe a que se quiere obtener medidas de respuesta a deslizamientos, crear una sociedad resiliente, visualizar elementos vulnerables del territorio, con especial énfasis en los procesos de ordenamiento y desarrollo territorial, identificar sitios críticos en que podrían ocurrir

deslizamientos de moderada a alta magnitud y definir líneas de acción que coa-ayuden en la reducción de riesgos y mitigación de efectos frente a la amenaza de deslizamientos a nivel social, económico y ambiental, priorizando la atención sobre la población.

1.5. Limitaciones

Durante la realización de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- No existe estudios de medidas de intervención de respuesta ante la amenaza de deslizamiento.
- Limitados estudios técnicos de análisis de riesgos frente a la amenaza de deslizamientos en el territorio.
- El desinterés que muestran los actores y las entidades competentes.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Localización del área de estudio

Según lo indicado por Monica Zurita en su estudio de 2016, se puede afirmar que la Parroquia Pungalá se encuentra ubicada en el Cantón Riobamba, situado en la provincia de Chimborazo, Ecuador. Las coordenadas geográficas de esta parroquia se registran como -1.7275 grados de latitud sur y -78.7248 grados de longitud oeste, según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador (Monica Zurita, 2016)

La parroquia Pungalá se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas proyectadas en UTM zona 17 S.

Datum WGS84:

X: 778060 E

Y: 9793781 N

Altitud: 2680 m.s.n.m.

Este estudio se realizó en la parroquia de Pungalá, que forma parte del cantón de Riobamba, en la provincia de Chimborazo. Se dividió en cuatro zonas para el estudio.

1. Zona 1. Alao Llactapamba, Daldal, Shullidis.
2. Zona 2. Etén, Melán, San Antonio de Alao.
3. Zona 3. Anguiñay, Chusga, El Mirador, Manglul la Playa, Peltetec, Pucará, Pugtus, Pungalá, Pungalápamba, Puninhuayco, Quishcahuán.
4. Zona 4. Puruhay San Gerardo, Agua Santa, Apuñag, Calquis, Gaunán, Niño Loma, Puruhay Llactapamba, Puruhaypamba, Shanaicún.

telecomunicaciones, así como con varias instituciones educativas y de salud para la población local (Ecuador, 2023).

2.1.3. *Limites*

De acuerdo a (Cantonal, 2017), la parroquia Pungalá está limitado por:

Norte: con el Cantón Chambo

Sur: con el Cantón Guamote, parroquia Cebadas

Este: con la provincia de Morona Santiago

Oeste: con la parroquia Licto.

Extensión: 28.133,06 hectáreas.

Rango altitudinal: 2680 a 4440 m.s.n.m.

Clima y precipitación: Temp: 2 – 12°C Precipitación: 750 – 1500 mm.

2.1.4. *Población*

Según (Parroquial, 2019), la población total asentada dentro del territorio de la Parroquia Rural de Pungalá alcanza, 7686 habitantes. Una desagregación de acuerdo a grupos de género y edad puede revisarse en el siguiente cuadro:

Tabla 1
Población

Rangos de edad	Hombres		Mujeres		Total	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Menores de 1 año	35	0,95%	44	1,10%	79	1,03%
1 y 9 años	520	14,12%	544	13,59%	1064	13,84%
10 y 14 años	369	10,02%	443	11,07%	812	10,56%
15 a 29 años	1014	27,53%	1041	26,01%	2055	26,74%
30 y 49 años	774	21,02%	907	22,66%	1681	21,87%
50 y 64 años	561	15,23%	598	14,94%	1159	15,08%
Más de 65 años	410	11,13%	426	10,64%	836	10,88%
TOTAL	3683	100%	4003	100%	7686	100,00%
Porcentaje		47,92%		52,08%		100%

Nota: La distribución poblacional, tomado (Parroquial, 2019).

2.1.5. *Viviendas*

La Parroquia Pungalá, ubicada en el Cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, Ecuador, dispone de una diversidad de viviendas que se adecuan a las

necesidades y recursos de la comunidad local. La mayoría de estas viviendas están edificadas con adobe, un material de construcción resistente de origen local, y cuentan con techos de tejas o láminas metálicas. En su mayoría, estas casas constan de una o dos plantas y suelen incluir patios y huertos familiares. También se pueden encontrar algunas viviendas de construcción mixta de cemento y ladrillo, propiedad de las familias más prósperas económicamente. Además, durante la última década, se han erigido algunas casas de madera y prefabricadas, especialmente en las zonas rurales (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018).

2.1.6. Servicios

Son aquellos servicios esenciales que son necesarios para satisfacer las necesidades humanas más elementales y mejorar la calidad de vida de las personas. Estos servicios son considerados derechos universales y su acceso es fundamental para el desarrollo humano y social, tienen acceso a la red de alcantarillado, el 9% de las viviendas, mientras que el 14% los hogares disponen de algún tipo de servicio higiénico exclusivo (Isabel Escudero et al., 2020).

Otros indicadores de cobertura de servicios básicos que afirma (Isabel Escudero et al., 2020), son:

- Agua entubada por red pública dentro de la vivienda: 18%.
- Energía Eléctrica 86%.
- Servicio telefónico 4%.
- Déficit de servicios residenciales básicos 49% de las viviendas.

2.2. Características del suelo

Según (Monica Zurita, 2016), en su estudio describe las características de varios tipos de suelos en una determinada área geográfica. El primer tipo de suelo mencionado es el arcilloso, que se encuentra en la parte superior y en la base de la cordillera, con una

humedad que lo mantiene seco menos de tres meses al año. Estos suelos tienen una pendiente superior al 12% y están ubicados a altitudes de entre 2000 y 4000 metros sobre el nivel del mar, abarcando aproximadamente la mitad del área de estudio, especialmente en la parte central y sureste de la parroquia.

El segundo tipo de suelo descrito es el arcilloso negro, con un pH ligeramente ácido y que se encuentra en zonas húmedas con un sistema de humedad údico. Estos suelos están localizados al pie de las laderas de la cordillera, con variaciones en la intensidad de las ondulaciones del terreno, a altitudes de 2000 a 3200 metros sobre el nivel del mar. Este tipo de suelo ocupa alrededor del 35% del área total y se distribuye principalmente en el noroeste y sureste del lugar.

El tercer tipo de suelo mencionado es el de arena fina, con un pH neutro y un sistema de humedad constante, lo que significa que permanece seco durante más de tres meses consecutivos al año. Estos suelos se localizan en la base de una cadena montañosa con pendientes regulares y suaves, a altitudes que oscilan entre 2800 y 3600 metros sobre el nivel del mar, principalmente en el extremo suroeste de la parroquia.

Finalmente, se identifica un 6% de suelo altamente erosionado, caracterizado por la presencia de cangahua cerca de la superficie, con sistemas de humedad variables, pendientes muy pronunciadas y ubicado en el extremo suroeste de la zona de estudio

2.3. Antecedentes de la Investigación

En los últimos cinco años, la provincia de Chimborazo ha presenciado múltiples deslizamientos que han causado daños tanto a las poblaciones locales como a la infraestructura de transporte en la zona. De acuerdo con el reporte emitido por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, el incremento de las precipitaciones y la

negligencia en el mantenimiento de las vías son señaladas como las causas primordiales detrás de estos deslizamientos en la provincia (IGEPN, 2021).

En noviembre de 2018, hubo un incidente en la carretera Alausí-Guamote, específicamente cerca de Sibimbe, donde un deslizamiento de tierra ocurrió y obstaculizó el tráfico, dejando varios vehículos atrapados en la carretera. De acuerdo con un informe del periódico El Comercio, las intensas lluvias y la falta de mantenimiento de la carretera se identificaron como las causas del deslizamiento (El Comercio, 2018).

En el mes de marzo de 2020, se produjo un incidente adicional de deslizamiento de tierra en la carretera Penipe-Guaranda, específicamente en la región conocida como El Juncal. De acuerdo con la información proporcionada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, este deslizamiento se originó como consecuencia de las fuertes precipitaciones y tuvo un impacto en diversos automóviles que circulaban por esa área (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2020).

En el mes de febrero del año 2021, una avalancha de tierra ocurrió en la carretera Riobamba-Guaranda, específicamente en la zona de Huigra, ocasionando la inmovilización de varios vehículos en la carretera. Según informes del periódico El Universo, este deslizamiento se debió a las fuertes lluvias y a la falta de adecuado mantenimiento en la vía (El Universo, 2021).

Estos ejemplos ejemplifican la relevancia de administrar los riesgos y prevenir catástrofes en la provincia de Chimborazo. De acuerdo con el Plan Nacional para la Gestión de Riesgos (PNGR) de Ecuador, es esencial disponer de acciones preventivas y de respuesta ante fenómenos naturales, como deslizamientos, con el objetivo de salvaguardar tanto a las personas como a la infraestructura local.

2.4. Fundamentación de la amenaza de deslizamientos

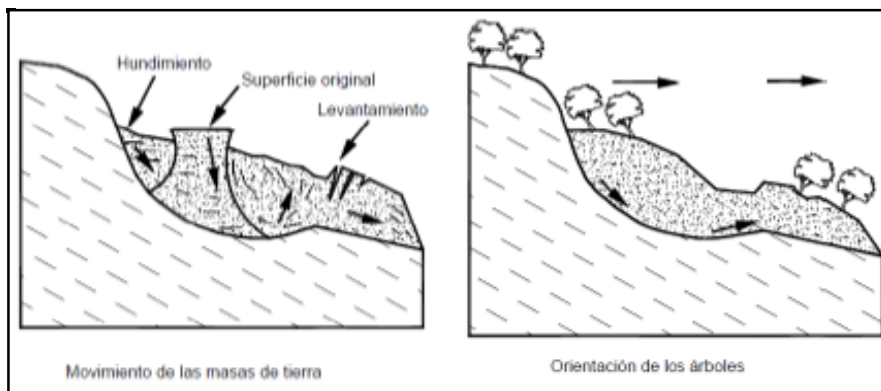
2.4.1. Deslizamientos

Los deslizamientos representan un riesgo natural que se encuentra en diversas regiones del mundo, siendo descritos como el movimiento súbito y rápido de tierra, rocas y otros materiales por pendientes. La amenaza de deslizamientos se refiere a la evaluación de la probabilidad de que ocurra uno en una zona específica, tomando en cuenta la vulnerabilidad del terreno y la posibilidad de desencadenantes. Esta amenaza conlleva un alto riesgo, tanto en términos de daños materiales como humanos (SNET, n.d.).

La evaluación de esta amenaza requiere considerar una serie de factores, incluyendo geología, topografía, hidrología, condiciones climáticas, uso del suelo y actividad humana. Dicha evaluación es crucial para la gestión de riesgos y la planificación adecuada del uso de la tierra y la infraestructura. Se deben implementar medidas preventivas y de mitigación para reducir los riesgos asociados con los deslizamientos, como la construcción de muros de contención, la disminución de la carga sobre el terreno, la reforestación de las laderas y la constante supervisión de la estabilidad del terreno (Sánchez & Álvarez, 2009).

La estrategia más efectiva para minimizar los impactos de los deslizamientos es la prevención, la cual implica la identificación y caracterización de fenómenos peligrosos, seguida de la adopción de medidas para reducir sus efectos. En este sentido, el primer paso en la prevención de los deslizamientos es su identificación y descripción cartográfica, clasificando las áreas en función de su susceptibilidad a estos eventos (Andocilla, 2012).

Figura 1
Deslizamientos



Nota: Deslizamientos, recuperado de análisis Geotécnico (Suarez, n.d.).

La ocurrencia de deslizamientos puede depender de las siguientes variables:

- Clase de rocas y suelos
- Orientación de las fracturas o grietas en la tierra.
- Cantidad de lluvia en el área.
- Cobertura vegetal
- Actividad sísmica.
- Actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.).
- Erosión (por actividad humana y de la naturaleza).

Los deslizamientos y movimientos en masa no son iguales en todos los casos, por lo que es importante saber qué los provoca y cómo se producen para poder evitarlos o mitigarlos (Andocilla, 2012).

2.4.2. Clasificación y tipos de deslizamientos

❖ Clasificación de deslizamientos

La clasificación empleada proviene de la propuesta presentada en el documento titulado "Tipos de fracturas en pendientes y terraplenes" y se apoya en la clasificación de Varnes, Hutchinson y Cruden, con la excepción de que los autores definen la deformación sin que haya rotura. El factor fundamental para identificar distintos tipos de deslizamientos

se relaciona con el proceso de ruptura. Existen cinco mecanismos principales de fallo, según lo señalado por (Andocilla, 2012).

- **Un desprendimiento** de tierra es el movimiento de un trozo de suelo o roca en forma de bloque discreto o sólido que cae libremente por el aire durante gran parte de su trayectoria, donde se agrieta y se vuelve a conectar con el suelo, produciendo saltos, rebotes y rodaduras (Andocilla, 2012).
- **Los vuelcos** es el movimiento de rotación hacia afuera de un grupo de unidades o bloques alrededor de un eje de pivote por debajo del centro de gravedad de la masa en movimiento (Andocilla, 2012).
- **Los deslizamientos** de tierra es el movimiento descendente relativamente rápido de una masa de suelo o roca que ocurre a lo largo de una o más superficies definidas que corresponden a una franja visible, razonablemente inferida o angosta (Andocilla, 2012).
- **El movimiento dominante** en la expansión lateral es la extrusión plástica lateral balanceada por una falla por cortante o tensión, que puede ser difícil de localizar (Andocilla, 2012).
- **Los flujos** es el movimiento de masas no organizadas o mixtas en el que no todas las partículas se mueven a la misma velocidad, ni las trayectorias de las partículas necesitan ser paralelas. Como resultado, los objetos en movimiento no pueden mantener su forma a medida que descienden, a menudo adoptando una morfología lobulada (Andocilla, 2012).

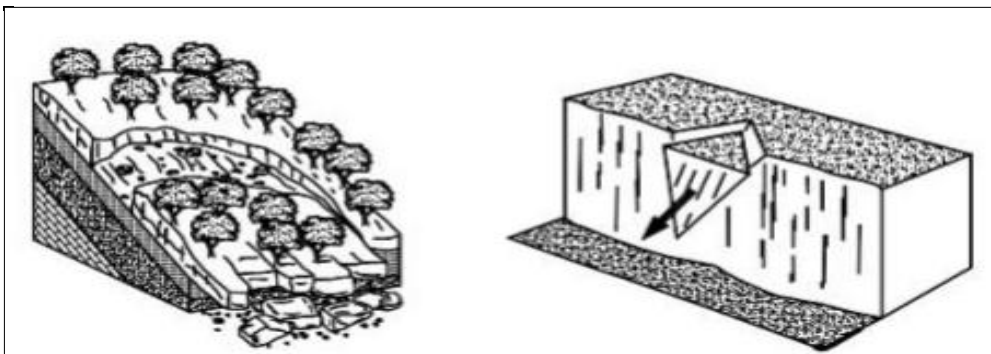
Tipos de Deslizamientos

En el caso de los deslizamientos de tierra en sí, se puede suponer que el movimiento se debe a una falla por corte a lo largo de una o más superficies visibles, hay dos grupos de deslizamientos de tierra (Gonzalez & Rodríguez, 2020).

Deslizamientos traslacional

Se refiere a un movimiento en el cual la masa se mueve hacia el exterior o hacia abajo sobre una superficie que puede ser relativamente plana o tener ondulaciones. Estos desplazamientos son influenciados por las fracturas en la roca y la resistencia del material, y suelen caracterizarse por una velocidad reducida. (Gonzalez & Rodríguez, 2020).

Figura 2
Movimiento traslacional



Nota: recuperado de, análisis Geotécnico (Suarez, n.d.).

Deslizamiento rotacional

Se refiere a un tipo de movimiento en el cual la superficie de falla muestra una curvatura hacia arriba, y el movimiento se produce en forma de rotación alrededor de un eje que es paralelo a la superficie que atraviesa el deslizamiento. Este fenómeno se observa en el material, como se menciona en el estudio de (Gonzalez & Rodríguez, 2020).

2.4.3. Partes de un deslizamiento

Der acuerdo a (Arroyo et al., 2006), las partes de un deslizamiento son:

Escarpe principal

Pertenece a una superficie muy inclinada en la periferia de la zona de movimiento, provocada por el desplazamiento de material fuera del terreno original.

Escarpe secundario

Esta es una superficie muy inclinada causada por los diversos desplazamientos en la masa en movimiento.

Cabeza

La parte superior del material se desplaza a lo largo del contacto entre el material perturbado y el talud principal.

Corona

Este es un material que se encuentra in situ, casi intacto y adyacente a la parte más alta del talud principal.

Superficie de falla

Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.

Base

Esta es el área cubierta por material de falla en la parte inferior del plano de falla.

Pie

Es el punto base más alejado de la corona.

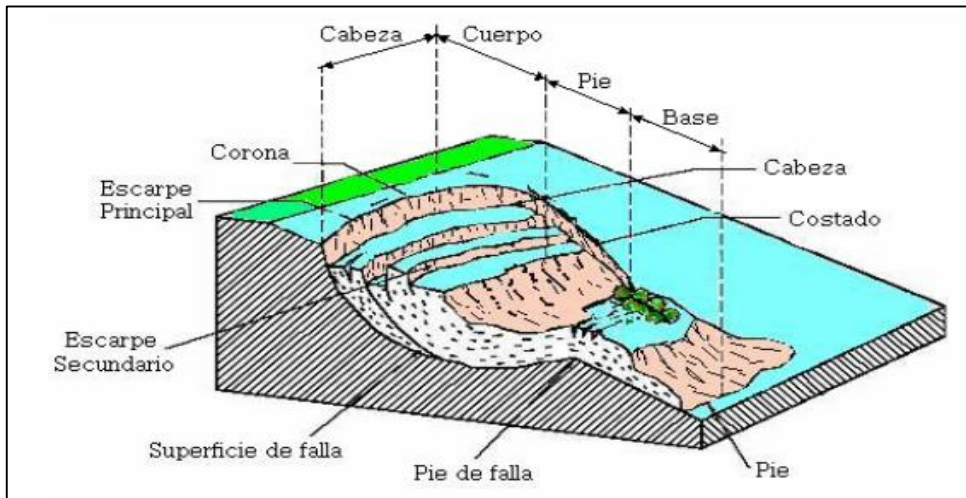
Costado o flanco

Un lado (perfil lateral) del movimiento.

Superficie original del terreno

La superficie que existía antes del movimiento.

Figura 3
Elementos del deslizamiento



Nota: Extraído de Técnicas de Mitigación para el Control de Deslizamientos, por (Arroyo et al., 2006).

2.4.4. Factores de susceptibilidad ante deslizamientos

Factores Condicionantes o Intrínsecos.

Son aquellos que intrínsecamente forman parte de las propiedades y comportamiento del medio. Estos factores son el Relieve relativo (Rr), la Litología (L) y Humedad (H) (Esteves, 2011).

Factores Desencadenantes o Externos.

Son los que inducen, desde el exterior, hacia un comportamiento activo de las masas de roca o suelo. Estos factores son la Intensidad de los sismos (S) y la Intensidad de las lluvias (LL) (Esteves, 2011).

Factores Condicionantes y Desencadenantes

Los factores que afectan el movimiento en masa o deslizamientos de tierra se pueden dividir en dos tipos: permanentes y variables (Esteves, 2011).

Los factores permanentes son característicos del paisaje que permanecen sin cambios o cambian muy poco solo después de mucho tiempo, como las pendientes y tipo de roca (Esteves, 2011).

Dichos factores, cambiantes en tiempo e intensidad, son agrupados en: variables **(Factores Condicionantes) cuasi-estáticas**, las cuales contribuyen a la susceptibilidad, como geología, pendientes y aspecto de las laderas; y **variables (Factores Desencadenantes)** dinámicas como precipitación y sismos, las cuales tienden a detonar los movimientos en masa en áreas con determinada susceptibilidad (Esteves, 2011).

Interpretar la probabilidad de futuros deslizamientos requiere una comprensión de las condiciones y procesos que causan los deslizamientos en el área de estudio. Hay tres factores físicos a considerar- Deslizamientos previos, calidad de taludes o pendientes y tipo de roca en el área, estos son los elementos mínimos necesarios para evaluar el peligro de deslizamientos (Esteves, 2011).

Se puede agregar factores hidrológicos que nos permite reconocer el importante papel que a menudo juega el agua subterránea en la generación de deslizamientos de tierra, dado que se dispone de poca información sobre los niveles de las aguas subterráneas y su variabilidad, se pueden usar y mapear mediciones indirectas para indicar las influencias hidrológicas, como la vegetación, la orientación de las pendientes o las zonas de precipitación (Esteves, 2011).

De acuerdo a (Esteves, 2011), el número de parámetros o factores escogidos en el presente Proyecto está controlado por la disponibilidad de información, el tiempo y el presupuesto del mismo, estos son:

- ❖ Inclinación del terreno (mapa de Pendientes)

- ❖ Tipos de rocas (mapa Geológico)
- ❖ Textura de suelos (mapa de suelos)
- ❖ Precipitación anual (mapa de Isoyetas), factor desencadenante para determinar las aguas subterráneas

2.4.5. Métodos para zonificar la susceptibilidad de deslizamientos

Según lo mencionado por Abril Lorena, no existe, dentro del marco de las investigaciones, una metodología única para zonificar la susceptibilidad a deslizamientos, sin embargo, establece los métodos cualitativos, cuantitativos y semicuantitativos (Zeas & Orellana, 2018).

2.4.5.1. Lógica Fuzzy (Difusa)

Se trata de una metodología de análisis multicriterio que opera con múltiples variables en diversas escalas de medición y representación cartográfica, ya sea en formato ráster o vectorial. En este enfoque, las variables no se limitan a ser simplemente verdaderas o falsas, es decir, valores binarios 0-1, sino que pueden tomar valores intermedios. Por lo tanto, resulta esencial normalizar las capas de entrada utilizando lógica Difusa, que asigna a cada elemento un grado de pertenencia a un conjunto determinado (CASTELO, 2014).

El enfoque más conocido y ampliamente empleado para modelar diversos fenómenos y variables en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es el enfoque determinista. Sin embargo, otra alternativa es utilizar enfoques probabilísticos, que consideran la probabilidad de que ocurra una condición específica y cómo se relaciona con otros elementos. Por esta razón, se sugiere emplear métodos probabilísticos para la determinación o modelado de diversos factores, utilizando el enfoque de operadores difusos, también conocido como "fuzzy" en inglés (Andocilla, 2012).

La lógica difusa se basa en la teoría de conjuntos y permite emular el comportamiento de la lógica humana. A través de esta metodología, se puede definir qué elementos no están claramente caracterizados, como el uso del suelo, el tipo de suelo, la clasificación de la cubierta vegetal y el tipo de vegetación (Andocilla, 2012).

La lógica difusa es una forma de lógica multivaluada en la cual los valores de verdad de las variables pueden ser cualquier número real entre 0 y 1. En los conjuntos difusos, se asigna un grado de pertenencia, lo que significa que un elemento puede pertenecer a un conjunto difuso con un cierto grado. La función de pertenencia asigna a cada elemento de un conjunto dado un valor entre 0 y 1, representando así el grado de pertenencia de ese elemento al conjunto difuso. La función característica de un conjunto difuso A se expresa como $\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$, donde cada elemento de X se mapea a un valor entre 0 y 1 (Botía Blaya et al., 2008).

De acuerdo a (León et al., 2016), los elementos clave de la lógica difusa incluyen:

Conjuntos difusos: En lugar de conjuntos definidos de manera precisa, los conjuntos difusos permiten la inclusión gradual de elementos en un conjunto en función de su grado de pertenencia. Por ejemplo, en un conjunto difuso de "alturas altas", un individuo puede pertenecer al conjunto con un grado de pertenencia de 0.7 si su altura está por encima de la media.

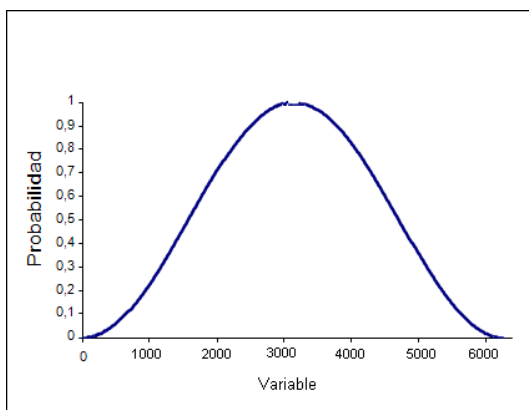
Operaciones difusas: Se utilizan operadores lógicos difusos como "y" (conjunción difusa), "o" (disyunción difusa) y "no" (negación difusa) para realizar operaciones lógicas en variables difusas.

Reglas difusas: En lugar de reglas lógicas estrictas, se utilizan reglas difusas para describir el comportamiento de un sistema. Estas reglas se basan en "si-entonces", donde las condiciones y las conclusiones pueden tener grados de verdad difusos.

Inferencia difusa: El proceso de razonamiento en lógica difusa implica combinar reglas difusas y datos de entrada para obtener resultados difusos que representan el grado de verdad de una conclusión.

Defusificación: La etapa final del proceso implica convertir los resultados difusos en valores concretos o acciones, lo que a menudo implica calcular el valor medio o el valor más representativo.

Figura 4
Probabilidad tomando una variable



Nota: adaptado de, (Castelo, 2014).

De acuerdo a (Botía Blaya et al., 2008), algunas de las aplicaciones más destacadas de la lógica difusa en el campo de la gestión de riesgos incluyen:

Evaluación de riesgos: La lógica difusa se utiliza para evaluar y cuantificar los riesgos de manera más realista al tener en cuenta la imprecisión en los datos y la incertidumbre en las variables. Esto ayuda a tomar decisiones más informadas sobre cómo gestionar los riesgos (Botía Blaya et al., 2008)

La evaluación de riesgos es un proceso crítico en la gestión de la seguridad y la toma de decisiones en una variedad de contextos, como la industria, la salud, la seguridad ocupacional y más (E. de Riesgos, 2021) Aquí tienes algunos ejemplos de demostraciones o ejemplos de evaluación de riesgos en diferentes situaciones:

Evaluación de riesgos en el sector de la construcción un estudio integral en una empresa.

Según (Castello, 2015), para una demostración de la identificación de riesgos en un sitio de construcción: Se pueden identificar riesgos como caídas desde alturas, exposición a productos químicos peligrosos y accidentes de maquinaria.

Evaluación de riesgos para trabajadores: Calcular la probabilidad de lesiones y enfermedades ocupacionales, teniendo en cuenta la exposición a riesgos como el ruido, la vibración y el polvo.

Modelado de riesgos complejos: En situaciones donde hay múltiples factores y variables interrelacionadas que contribuyen a un riesgo, la lógica difusa puede utilizarse para crear modelos más flexibles y adaptables que tengan en cuenta la naturaleza borrosa de las relaciones entre estas variables (Botía Blaya et al., 2008)

La predicción de eventos de riesgo con lógica fuzzy es una aplicación importante en la gestión de riesgos, ya que permite lidiar con la incertidumbre y la subjetividad inherentes a muchas situaciones de riesgo (Basallo et al., 2012). Aquí hay una descripción general de cómo se puede usar la lógica fuzzy para predecir eventos de riesgo:

Metodología para la aplicación de la lógica ‘fuzzy’ en la asignación y cuantificación de riesgos en proyectos de infraestructura social bajo la modalidad de APP.

De acuerdo a (Jose Luis Cala Estupiñan, 2015), una parte esencial de esta cuestión implica la regulación de los estándares utilizados para identificar, asignar y medir los riesgos relacionados con proyectos de este tipo.

En este contexto, la aplicación de la lógica fuzzy se convierte en un componente crucial. La lógica fuzzy, junto con numerosas herramientas académicas de validación de

datos, facilita la captación de datos subjetivos, lo cual se vuelve necesario en estos casos. Permite considerar los riesgos de manera más precisa y flexible, teniendo en cuenta la incertidumbre inherente a las infraestructuras.

En última instancia, corresponde a la comunidad académica actuar como mediadora entre los diversos intereses de las dos partes involucradas, es decir, el sector público y privado.

Predicción de eventos de riesgo: La lógica difusa puede aplicarse para predecir la probabilidad de que ocurran eventos de riesgo específicos en función de datos históricos y variables actuales. Esto es útil en la planificación de medidas preventivas y mitigadoras (Botía Blaya et al., 2008).

La predicción de eventos de riesgo utilizando lógica difusa en el área de gestión de riesgos es una técnica valiosa para evaluar y anticipar posibles situaciones de riesgo, desde la gestión de desastres naturales hasta la gestión financiera y la seguridad cibernética (Moreno, 2021). A continuación, se presentan algunas demostraciones de cómo se puede aplicar la lógica difusa en la predicción de eventos de riesgo:

Evaluación del Riesgo de Inundación, Sistemas de Alerta Temprana y Diseño de Procesos de Lógica Humanitaria.

Según (Carlos, 2011), **la predicción de inundaciones:** En la gestión de desastres naturales, se pueden utilizar sistemas de lógica difusa para analizar datos meteorológicos, niveles de ríos y topografía para predecir inundaciones. Se pueden definir conjuntos difusos para las variables relevantes, como la cantidad de lluvia y el caudal de los ríos, y luego utilizar reglas difusas para evaluar el riesgo de inundación en función de estas variables. Si se detectan condiciones que indican un alto riesgo de inundación, se pueden tomar medidas preventivas.

Evaluación de riesgos en proyectos: En la gestión de proyectos, la lógica difusa se puede aplicar para evaluar los riesgos asociados con la programación, el presupuesto y otros aspectos del proyecto, teniendo en cuenta la incertidumbre inherente a estos procesos (Botía Blaya et al., 2008).

La evaluación de riesgos en proyectos es una parte crítica de la gestión de proyectos, ya que ayuda a identificar, analizar y priorizar los riesgos que pueden afectar el éxito del proyecto. La lógica difusa es una técnica que puede utilizarse para mejorar la evaluación de riesgos al tener en cuenta la incertidumbre y la imprecisión en los datos y las evaluaciones de riesgos (Rodríguez, 2012). A continuación, se presentan algunas demostraciones de cómo se puede utilizar la lógica difusa en el área de gestión de riesgos de proyectos:

Evaluación del Riesgo de Erupción Volcánica

De acuerdo a (Ortiz & Marrero, 2004), supongamos que estás planificando un proyecto de construcción en una zona cercana a un volcán activo y deseas evaluar el riesgo de una erupción volcánica que podría afectar tu proyecto.

Identificación del riesgo:

Riesgo: Erupción volcánica que afecta el proyecto de construcción.

Variables difusas:

Probabilidad de erupción volcánica (Baja, Media, Alta).

Impacto en el proyecto (Bajo, Medio, Alto).

Funciones de pertinencia:

Para la probabilidad, puedes definir funciones de pertinencia que describan la baja, media y alta probabilidad de una erupción volcánica.

Para el impacto, puedes definir funciones de pertinencia que describan el bajo, medio y alto impacto en el proyecto.

Evaluación de riesgo:

Supongamos que la probabilidad de una erupción volcánica es "Media" (0.5) y el impacto en el proyecto sería "Alto" (0.8) si ocurriera una erupción.

Definición de reglas:

Define reglas difusas que indiquen cómo combinar la probabilidad y el impacto para obtener una evaluación general del riesgo.

Agregación de resultados:

Aplica las reglas difusas para combinar la probabilidad y el impacto y obtén una evaluación difusa del riesgo general del proyecto en relación con una erupción volcánica.

Interpretación de resultados:

Desdifusifica los resultados para obtener un valor numérico que represente el riesgo general de una erupción volcánica en el proyecto de construcción.

Este ejemplo simplificado ilustra cómo puedes utilizar la lógica difusa para evaluar el riesgo de una erupción volcánica en un proyecto. En la práctica, la definición de funciones de pertinencia y reglas difusas requeriría un conocimiento más profundo del volcán, datos científicos y la colaboración de expertos en geología y vulcanología para una evaluación precisa. Además, ten en cuenta que la lógica difusa es una herramienta útil para abordar la incertidumbre en este tipo de evaluaciones.

2.4.5.2. Modelos basados en la distribución de posibilidad

De acuerdo a (Vercher Gonzalez, 2015), la teoría de la posibilidad, propuesta por Zadeh en 1978 y desarrollada posteriormente por Dubois y Prade en 1988, se centra en la asociación de variables difusas con distribuciones de posibilidad. Esta teoría permite evaluar la posibilidad y la necesidad de que ocurra un evento difuso, como por ejemplo $Q \geq y$, utilizando los valores de la función de pertenencia del conjunto fuzzy Q . En particular, para $y \in \mathfrak{R}$, se tiene que:

$$\text{Pos}\{Q \geq y\} = \sup_{t \geq y} \mu_Q(t),$$

$$\text{Nec}\{Q \geq y\} = 1 - \sup_{t \geq y} \mu_Q(t).$$

(Vercher Gonzalez, 2015), las distribuciones de posibilidad pueden ser representadas como conjuntos difusos que son normales y convexos. A continuación, presentamos algunas definiciones clave:

- Según Inuiguchi y Tanino (2002), un número difuso Q se clasifica como de tipo-LR si su función de membresía tiene la siguiente fórmula:

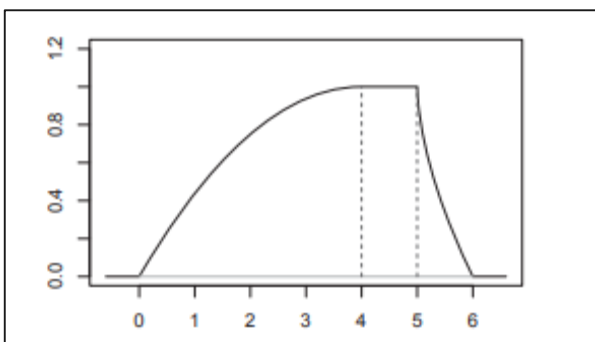
$$\mu_Q(x) = \begin{cases} L\left(\frac{A-x}{s_A}\right) & \text{si } -\infty < x \leq A \\ 1 & \text{si } A \leq x \leq B \\ R\left(\frac{x-B}{s_B}\right) & \text{si } B \leq x < +\infty \end{cases}$$

En el contexto de números fuzzy, se considera que un número fuzzy Q es de tipo-LR acotado, denotado como $Q = (a, A, B, b)_{LR}$, cuando A y B satisfacen $A \leq B$ y representan la cota inferior y superior, respectivamente, del núcleo de Q , definido como el conjunto $\{x \mid \mu_Q(x) = 1\}$ (Vercher Gonzalez, 2015).

Además, s_A y s_B representan los parámetros de escala de las colas izquierda y derecha de Q . Las funciones L y R son funciones de referencia no-crecientes y semi-continuas superiormente, con límites en infinito que tienden a cero; es decir, $\lim_{t \rightarrow +\infty} L\left(\frac{A-t}{s_A}\right) = 0$ y $\lim_{t \rightarrow +\infty} R\left(\frac{t-B}{s_B}\right) = 0$.

$L(t) = \lim_{t \rightarrow +\infty} R(t) = 0$. Cuando existe un intervalo $[a, b]$ que contiene todos los elementos y para los cuales $\mu_Q(y) > 0$, se clasifica a Q como un número fuzzy de tipo-LR acotado (Vercher Gonzalez, 2015).

Figura 5
Función de referencia tipo LR



Nota: Función de pertenencia del número fuzzy LR

Según (Yu-Ru, 2004), sea: $R \mathbf{1} \sim [0, 1]$ un conjunto difuso con $\text{supp}(it) = (a, b)$, donde (a, b) es un no vacío y intervalo abierto en $R \mathbf{1}$. Entonces, es un conjunto difuso estrictamente convexo si y sólo si $\#$ es un conjunto semiestrictamente convexo conjunto difuso y $t \sim$ alcanza su máximo sobre (a, b) en no más de un punto

Ahora supongamos que $tz(x) = \#(y)$. Sin pérdida de generalidad, podemos suponer que $x < y$.

(I) Si existe una $z \in (x, y)$ tal que $\#(z) > It(x) = /z(y)$, entonces $It(z) = hit(z) + (1 - h)(z) > hit(x) + (1 - h)(y)$, para cada $h \in (0, 1)$.

Como tt es semiestrictamente convexo y $\#(z) > /z(x)$, tenemos $It(hx + (1 - h)z) > Ait(x) + (1 - A)p(z) > It(x) = /z(y)$ para cada $h \in (0, 1)$. De manera similar, $(z) > \#(y)$ implica que $It(hz + (1 - h)y) > hit(z) + (1 - h)it(v) > It(x) = it(p)$ para cada $A \in (0, 1)$. Por (3.1)-(3.3), obtenemos $\#(Ax - b(1 - A)y) > Ait(x) - (1 - A)\#(y)$, para cada $A \in (0, 1)$.

Dado que $\#$ alcanza su máximo sobre (a, b) en no más de un punto por supuesto, hay existe $\xi \in (a, b)$ tal que $f \sim (x, y)$ y $/\sim(\xi) > tz(x) = \#(y)$. Está claro que $\xi < x$ or

$\sim > y$. (i) Si $f < x$. Por la convexidad semiestricta de $\#$, y dado que $\#(f) > \#(x)$, tenemos $\#(A5 + (1 - A)x) > A\#(5) + (1 - A)\#(x) > \#(x)$, para cada $A \in (0, 1)$.

Como $p(x) = \#(y)$, se deduce que $\#(\sim) > \#(y)$, para cada $\sim \in (5, x)$.

Sea $x_1 \in (2, x)$. Por la convexidad semiestricta de \sim , y dado que $\#(x_1) > \#(y)$, tenemos

$$\#(Ax_1 - k(1 - A)y) > A\#(x_1) + (1 - A)\#(y) > \#(y), \text{ para cada } k \in (0, 1),$$

que contradice

sea $x_1 \in (2, x)$. Por la convexidad semiestricta de \sim , y dado que $\#(x_1) > \#(y)$,

tenemos

$$\#(Ax_1 - k(1 - A)y) > A\#(x_1) + (1 - A)\#(y) > \#(y), \text{ para cada } k \in (0, 1),$$

que contradice

Si $f > y$. Por la convexidad semiestricta de $\#$, y dado que $\#(2) > \#(y)$, tenemos

$$\#(Ay + (1 - A)5) > A\#(y) + (1 - A)\#(5) > \#(y), \text{ para cada } A \in (0, 1).$$

Como $\#(x) = \#(y)$, se deduce que

Sea $y_1 \in (y, 5)$. Por la convexidad semiestricta de $\#$, y dado que $\#(y_1) > \#(x)$,

tenemos

$$\#(Ax + (1 - A)y_1) > A\#(x) + (1 - A)\#(y_1) > \#(x), \text{ para cada } A \in (0, 1),$$

Por el contrario, supongamos que $\# : \mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$ es un conjunto difuso estrictamente convexo. Hemos visto que cualquier el conjunto difuso estrictamente convexo es semiestrictamente convexo. Ahora demostramos que $\#$ alcanza su máximo durante su apoyo en no más de un punto.

$$\#(Ax^* + (1 - A)\sim) > A\#(x^*) + (1 - A)\#(\sim) = \#(x^*), \text{ para cada } A \in (0, 1),$$

lo que contradice el supuesto de que x^* es un maximizador global de $\#$ sobre (a, b) , esto completa la prueba.

2.4.5.3. Momentos posibilísticos

Los momentos posibilísticos son una herramienta utilizada por Carlsson y sus colegas en 2002 para modelar las tasas de rendimiento de activos financieros. Utilizan distribuciones de posibilidad trapezoidales para ello y cuantifican el riesgo y el rendimiento esperado de una cartera mediante $\sigma^2(rP)$ y $E(rP)$, respectivamente. Introducen una función de utilidad $U(P)$ que combina el rendimiento esperado y el riesgo, ajustada por el índice de aversión al riesgo η . Resuelven el problema de maximizar $U(P)$ utilizando condiciones de optimalidad de tipo Karush-Kuhn-Tucker (Vercher Gonzalez, 2015).

Es fundamental en este enfoque que los rendimientos se representen como números fuzzy LR de la misma manera, ya que, mediante el principio de extensión de Zadeh, la combinación lineal de estos números fuzzy LR con funciones de referencia similares produce resultados consistentes. Sin embargo, cuando los números fuzzy LR tienen formas diferentes, este principio no se aplica, como se demuestra en un trabajo previo (Vercher Gonzalez, 2015).

Además, se introduce la definición de intervalo de medias posibilístico, que se basa en los conjuntos de nivel y es consistente con el principio de extensión, propuesta por Carlsson y Fuller (2001). Esta definición abarca tanto el valor medio inferior como el superior posibilístico, y se emplea para calcular la media y la varianza posibilísticas. Sin embargo, no se puede establecer una superioridad clara entre las dos definiciones de intervalo de medias para números fuzzy de tipo LR, ya que diferentes relaciones de orden no establecen una como mejor que la otra, como se señala en Vercher et al. (2007). Finalmente, en León et al. (2004), se introduce el concepto de semi-desviación media

absoluta inferior como una medida de riesgo lateral en la inversión, ampliando así el horizonte de análisis en este campo, como se discute en (Vercher Gonzalez, 2015).

$$wE(P(x)) = E(\max\{0, E(R^P(x)) - R^P(x)\})$$

Según (Yu-Ru, 2004) Un conjunto difuso $It : R^n \rightarrow [0, 1]$ que es cuasi convexo, pero no estrictamente cuasi convexo es constante en algún intervalo.

Demostración: Sea: $R^n \rightarrow [0, 1]$ un conjunto difuso cuasiconvexo, pero no estrictamente cuasiconvexo.

Entonces, existen puntos distintos $\tilde{x}, z \in \text{supp}(it)$ y $5 \in (2, z) \subset \text{supp}(it)$ tales que $It(5) = \min\{it(\tilde{x}), It(z)\}$.

Sin pérdida de generalidad, podemos suponer que $It(2) < \#(\tilde{x})$; entonces

$$It(5) = It(\tilde{x}) < It(z).$$

Si $\#$ es constante en $[\tilde{x}, \tilde{x}]$, entonces la prueba está completa. Si por el contrario $\#$ no es constante en $[2, 2]$, entonces por la cuasi-convexidad de It , existe $5 \in (\tilde{x}, 5)$ tal que $\#(2) > \#(5) = \#(z)$. (3.9)

Como $\#(5) < It(\tilde{x})$, de la cuasiconvexidad de $\#$, obtenemos $It(y) > It(5)$, para todo $y \in [5, 9]$.

Es un subconjunto convexo no vacío de $R^{\tilde{x}}$. Dado que $2 \in (\$, 2)$, $It(2) > It(2)$, y $2 \in (\$, 9)$, por la convexidad del conjunto de niveles fuertes $\{t \in R^{\tilde{x}} : \#(t) > \#(5)\}$, de (3.10) se deduce que $\#$ debe ser constante $[\bar{z}, \bar{y}]$

2.4.5.4. Zonificación de los deslizamientos

La zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos “es la geolocalización de zonas en donde ocurren los deslizamientos, mediante el análisis de los factores pasivos en base a los sensores remotos, trabajos in situ y recopilación de eventos históricos (Ayala & Collahuazo, 2014).

2.4.5.5. Mapas de susceptibilidad a deslizamientos

Este tipo de mapas indican la susceptibilidad relativa del terreno a sufrir deslizamientos, a diferencia de un mapa de amenaza, este contiene diferente tipo de información relacionada con la probabilidad temporal de ocurrencia a un evento detonante (Jaramillo, 2012).

Mucho de los llamados “mapas de amenaza” son verdaderamente “mapas de susceptibilidad” debido a la dificultad de encontrar diferente tipo de información temporal para la evaluación de la amenaza (Jaramillo, 2012).

El mapa de susceptibilidad permite desarrollar una aproximación del nivel de peligrosidad por desbroce de tierra a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad (Jaramillo, 2012).

Según (Vallejo et al., 2002), afirma lo siguiente:

Mapas inventario

Zonas que son o han sido afectadas por procesos de movimientos de masa.

Mapas de factores

Áreas en las que convergen ciertos factores que influyen en la conducta de los procesos en una determinada zona o región, aunque estos no se hayan presentado hasta los tiempos actuales, los mismos pueden ser afectadas en un futuro.

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta generalmente tres elementos:

1. Inventario de movimiento en masa ocurridos en el pasado.
2. Topografía y mapa de pendientes
3. Características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno

La información de los mapas de susceptibilidad a los movimientos en masa se puede utilizar más eficientemente si en los mapas se incluyen las técnicas que se pueden utilizar para la reducción de la susceptibilidad (Esteves, 2011).

2.4.5.6. Integración de los métodos de susceptibilidad a deslizamientos con sistema de información geográfica

Cuando se trata de mapear un área, se mezclan dos conceptos: la ubicación georreferenciada de los datos o información que se está mapeando y los datos temáticos. Estas dos características, los componentes espaciales y la información temática, forman la base para comprender los SIG (Sarría, n.d.).

Sistemas de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica se puede definir como un conjunto de mapas de la misma parte de un área donde una determinada ubicación tiene la misma posición en todos los mapas incluidos en el sistema temático con el fin de obtener un conocimiento más profundo de esa área. Los SIG pueden considerarse esencialmente como tecnología (sistemas de hardware y software) utilizada para resolver disputas territoriales (Sastre Olmos, 2010).

Un SIG se caracteriza por la capacidad de crear modelos o representaciones del mundo real a partir de bases de datos digitales. Esto se logra mediante la aplicación de una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis. La construcción de modelos de simulación puede ser una herramienta valiosa para analizar fenómenos relacionados con tendencias e identificar varios factores influyentes (Sarría, n.d.).

El estudio del medio natural constituye una de las grandes preocupaciones actuales, pero son quizás los aspectos relacionados con los desastres naturales sobre los que más se

ha hecho hincapié por las pérdidas económicas que entraña. En los últimos tiempos se ha tratado de buscar métodos y técnicas para conseguir una buena evaluación de los riesgos medioambientales que faciliten su eliminación o prevención (Andocilla, 2012).

Es por ello que se hace necesario proceder a la evaluación y cartografía de la susceptibilidad a los deslizamientos, la probabilidad a que se desarrolle este fenómeno en los distintos puntos del área de estudio. Este estudio se representó en forma de mapas de riesgo, los elementos fundamentales de predicción espacial e imprescindible para el diseño de medidas de prevención (Andocilla, 2012).

Un SIG funciona como una base de datos que contiene información geográfica (datos alfanuméricos) que se asigna a objetos gráficos en mapas digitales a través de identificadores comunes. Así, al referenciar un objeto, puede conocer sus atributos y, a la inversa, al consultar sus registros en la base de datos, puede determinar su lugar en la cartografía (Castelo, 2014).

La principal razón para utilizar SIG es la gestión de la información espacial. El sistema permite segregar la información en diferentes capas temáticas y almacenamiento independiente, agilizando y facilitando el trabajo, permitiendo a los expertos analizar la información existente para encontrar nuevos conocimientos que no podrían haberse derivado de la información existente, con el fin de generar otra nueva que no se podría obtener de otras formas de análisis (Castelo, 2014).

2.4.6. Consecuencias de los deslizamientos

Los deslizamientos de tierra representan una amenaza devastadora para las comunidades al poner en riesgo los asentamientos humanos donde se producen, al ser vulnerables a los flujos de lodo y rocas que pueden arrasarlos y cubrirlos durante su caída (Guzmán & Morales, 2013). Estos eventos conllevan consecuencias que van desde daños a

los residentes, deterioro de la infraestructura y pérdida de cultivos agrícolas, hasta la perturbación de los recursos naturales y pérdidas económicas que ascienden a millones de dólares, además de tener impactos negativos que obstaculizan el progreso y desarrollo de la región (Unidas, 2014).

Según (Unidas, 2014), las consecuencias más comunes de los deslizamientos por lo general hacen referencia a:

- ✓ Destrucción de infraestructuras y colapso de líneas vitales.
- ✓ Pérdida de vidas humanas y medios de vida
- ✓ Represamiento de ríos y ocurrencia de inundaciones.
- ✓ Modificación del paisaje y pérdida de cobertura vegetal.
- ✓ Millonarias pérdidas económicas

2.5. Medidas de intervención

2.5.1. Medidas de respuesta

Las medidas de respuesta ante una amenaza, como un deslizamiento, abarcan un conjunto de acciones que van desde la identificación de áreas de alto riesgo hasta la capacitación de la población en la respuesta ante emergencias, pasando por la implementación de medidas de protección, la planificación de rutas de evacuación y la preparación de kits de emergencia (Hernández & Rivas, 2002). Estas medidas deben estar respaldadas por una evaluación rigurosa del riesgo, actualizada constantemente, para garantizar su eficacia y pertinencia en situaciones específicas, y su implementación debe llevarse a cabo de manera coordinada con las autoridades y la comunidad afectada, con el objetivo de maximizar su impacto y minimizar los daños (Hernández & Rivas, 2002)

2.5.1.1. Temporal

De acuerdo a (Agency, 2013), las medidas de respuesta pueden variar según el tiempo y la temporada en la que se presenten las amenazas de deslizamiento. Por ejemplo,

durante la temporada de invierno, es común que se presenten lluvias intensas que aumenten el riesgo de deslizamiento. Algunas medidas de respuesta que se pueden implementar en esta temporada son:

1. Monitoreo constante de las condiciones climáticas: para estar alerta ante la presencia de lluvias intensas y poder tomar medidas preventivas de manera oportuna.
2. Revisión y mantenimiento de las estructuras de contención: como muros de contención, barreras, entre otros, para asegurarse de que estén en óptimas condiciones y puedan resistir el impacto de los deslizamientos.
3. Desarrollo de planes de evacuación: en caso de que se presente una emergencia, es importante contar con un plan de evacuación previamente establecido para actuar de manera rápida y segura.
4. Control de la vegetación: la vegetación puede actuar como un factor que aumente el riesgo de deslizamiento, por lo que es importante realizar un control adecuado de la misma.

Según (Agency, 2013), durante la temporada de verano, aunque las lluvias son menos frecuentes, también se pueden presentar deslizamientos debido a otros factores como la actividad sísmica. Algunas medidas de respuesta que se pueden implementar en esta temporada son:

1. Evaluación de riesgos: realizar evaluaciones periódicas para identificar zonas de alto riesgo y tomar medidas preventivas.
2. Fortalecimiento de la infraestructura: para asegurarse de que las carreteras, puentes y otras estructuras estén en óptimas condiciones y puedan resistir la actividad sísmica.
3. Capacitación y sensibilización: para informar a la población sobre las medidas preventivas que deben tomar en caso de una emergencia.
4. Monitoreo constante: de las condiciones geológicas y climáticas para anticiparse a posibles deslizamientos.

Es importante tener en cuenta que estas medidas son solo ejemplos y que la elección de las medidas de respuesta adecuadas dependerá del contexto específico de la

investigación o de la situación de la amenaza de deslizamiento. Las referencias bibliográficas dependerán del contexto específico de la investigación y de la información que se esté utilizando (Agency, 2013).

2.5.2. Medidas de intervención ante los deslizamientos

2.5.2.1. Medidas Preventivas

Las medidas preventivas, según (Varnes, 1993), forman parte esencial de una adecuada Gestión del Riesgo y tienen como objetivo principal minimizar al máximo las consecuencias de eventos adversos que puedan afectar a la comunidad, causando impactos significativos en la vida humana, bienes, servicios y el entorno local. En particular, las medidas preventivas de deslizamiento se implementan con el propósito de evitar, prevenir o reducir los riesgos de deslizamientos, adaptándose a las necesidades y niveles de desarrollo previstos en una determinada área, contribuyendo así a una planificación efectiva y segura de proyectos de desarrollo.

Algunas medidas preventivas incluyen evitar construir en faldas y orillas de barrancos, proteger los bosques, no talar árboles, no botar basura a los ríos ni quebradas, sembrar plantas nativas para evitar la erosión, estudiar rutas alternativas para evacuación, no construir cerca de laderas empinadas, bordes de montañas, canales de drenaje o lo largo de valles de erosión natural, consultar con un profesional para obtener consejos sobre medidas preventivas apropiadas para su hogar o negocio, proteger su propiedad mediante la plantación de cubierta vegetal en pendientes y la construcción de muros de contención, estar alerta a los signos de un cambio inminente, como deformaciones o grietas en el suelo (Ministerio de Gobierno, 2018).

2.5.2.2. Medidas de Mitigación

Las medidas de mitigación son un conjunto de estrategias, acciones y técnicas que se implementan con el objetivo de reducir o minimizar los impactos negativos de una amenaza o riesgo, ya sea en el medio ambiente, la infraestructura, la salud pública u otros ámbitos. Estas medidas abarcan acciones preventivas, correctivas y de recuperación, buscando disminuir la vulnerabilidad de las comunidades y la infraestructura frente a las amenazas. Esto incluye desde la implementación de sistemas de alerta temprana hasta la construcción de infraestructuras resistentes a eventos extremos, así como la creación de planes de emergencia y la capacitación de la población para la gestión de situaciones de riesgo (Fema, 2021).

En resumen, las medidas de mitigación son un conjunto de acciones planificadas y estructuradas que buscan reducir los impactos negativos de las amenazas y riesgos, y que son fundamentales para garantizar la seguridad y la protección de las personas y la infraestructura (Fema, 2021).

2.6. Marco legal

Constitución de la República

Sesión Novena. - Gestión de Riesgos: Art. 389.- La gestión de riesgos es una responsabilidad del Estado, cuyo objetivo es proteger a las personas y la naturaleza a través de acciones de prevención, mitigación y recuperación. Esto busca mejorar las condiciones económicas, sociales y ambientales, reduciendo así la vulnerabilidad de la población. Para lograr esto, se establecen unidades de gestión de riesgos que forman parte del sistema nacional de gestión de riesgos. Estas unidades deben ser implementadas en instituciones públicas y privadas, siguiendo los lineamientos establecidos por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (Gestión de Riesgos Ecuador, 2018).

Art. 390.- Este artículo establece un principio de responsabilidad compartida en la gestión de riesgos, donde las instituciones locales tienen la responsabilidad primaria pero pueden recibir apoyo de instituciones de mayor alcance en caso de necesidad (Gestión de Riesgos Ecuador, 2018).

Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD)

Art. 140.- Establece que la gestión de riesgos debe ser llevada a cabo de manera recurrente y articulada a través de políticas y planes establecidos por el organismo nacional correspondiente. Estas políticas y planes deben incluir acciones de prevención, mitigación, reconstrucción y transferencia del riesgo, con el objetivo de contrarrestar las amenazas naturales y causadas por el hombre (Cootad, 2014).

Ley de Seguridad Pública y del Estado

Art. 11, de la Prevención. – Establece que las entidades del estado tienen la responsabilidad de prevenir y proteger la convivencia y seguridad ciudadana. Para lograr esto, se establecerá un Plan Nacional de Seguridad Integral que designará a las instituciones públicas y privadas encargadas de implementar medidas de prevención y protección, de acuerdo a las prioridades y tipos de riesgos existentes (Seguridad Pública, 2014).

Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo

Art. 11.- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales tienen la responsabilidad de definir la gestión y uso del suelo en su territorio. Además, deben identificar y manejar los riesgos naturales y causados por el ser humano a nivel cantonal y distrital, con el objetivo de promover la seguridad y la calidad ambiental. También se les exige trabajar en mejorar la accesibilidad del medio urbano y rural, así como fomentar la cohesión social. Para lograr esto, deben establecer las garantías necesarias para que la población pueda acceder a servicios básicos, movilidad y espacios públicos (Territorial, 2018).

2.7. Glosario

De acuerdo a (SGR, 2018), expresa los siguientes términos:

1. Deslizamiento: movimiento en masa de una porción de terreno por una pendiente.
2. Pendiente: inclinación del terreno.
3. Geología: estudio de la composición y estructura de la Tierra.
4. Permeabilidad: capacidad de un material para permitir el paso de líquidos.
5. Lluvia intensa: precipitación de agua de alta intensidad.
6. Saturación del suelo: condición en la que el suelo está completamente lleno de agua.
7. Actividad sísmica: movimientos de la Tierra que se producen en la corteza terrestre.
8. Equilibrio natural: estado de equilibrio en el que los procesos naturales se desarrollan sin interferencias humanas significativas.
9. Deforestación: proceso de eliminación de árboles y bosques.
10. Urbanización: proceso de crecimiento de áreas urbanas mediante la construcción de edificios y otras infraestructuras.
11. Minería: extracción de minerales y otros recursos del subsuelo.
12. Acciones humanas: actividades realizadas por el ser humano que pueden afectar el medio ambiente y el equilibrio natural del terreno.
13. Riesgo: posibilidad de que un evento peligroso ocurra y cause daños.
14. Comunidad: conjunto de personas que viven en una misma área geográfica y comparten intereses y objetivos comunes.
15. Afectaciones: daños o perjuicios causados por un evento peligroso como un deslizamiento, que pueden afectar la vida y la propiedad de las personas.

Capítulo III

3. Marco Metodológico

3.1. Nivel de Investigación

En el estudio de caso se pretende establecer medidas de intervención de respuesta ante la amenaza de deslizamientos para la parroquia Pungalá para lo cual se utiliza varios tipos de investigación que se detalla a continuación.

3.1.1. *Investigación mixta*

Tiene un enfoque cualitativo en donde hemos analizado o describimos los factores; pendiente, uso, suelo, precipitación, vías y ríos, así como, en la identificación de elementos expuestos y medidas de intervención ante los deslizamientos; en la parte cuantitativa a través de las fórmulas que se utilizan de la Lógica Fuzzy y Saaty para correlacionar y determinar el nivel de susceptibilidad de deslizamientos.

3.1.2. *Investigación bibliográfica*

La investigación puede ser documental, cuando se utiliza información ya existente en documentos y registros, o de campo, cuando se obtiene información directamente en la zona de estudio.

3.2. Diseño

Diseño no experimental se basa en la observación y recopilación de datos existentes para analizar la situación actual y proponer medidas de intervención. Esto implica la recolección de información sobre el área amenazada de deslizamiento, como características geológicas, topográficas y climáticas, así como la recopilación de datos históricos de deslizamientos previos, se realizó en su entorno natural.

Una vez recopilada esta información, se pueden identificar patrones y tendencias que podrían indicar la probabilidad de deslizamientos futuros. Con base en estos hallazgos, se pueden proponer medidas de intervención.

3.3. Tipo de estudio por su tiempo

El tipo de estudio que se llevaría a cabo en este caso sería un estudio transversal. Un estudio transversal implica la recolección de datos en un solo punto en el tiempo, en este caso, se evaluarían la susceptibilidad a la amenaza, elementos expuestos y las medidas de intervención de respuesta a deslizamientos en un momento específico.

3.4. Universo y Muestreo

En el área de investigación, se contabilizan un total de 1921 familias, lo que equivale a un conjunto poblacional de 7686 individuos que residen en el núcleo parroquial de Pungalá.(Pungalá, 2016) Por consiguiente, este grupo constituye el universo que se considerará en el presente estudio. Dada la extensión significativa de este universo, se ha tomado la decisión de emplear una muestra representativa.

La muestra se seleccionará con un enfoque intencional por conveniencia. Esta elección se justifica debido a la diversidad de características que conforman el universo en estudio y a la naturaleza mixta del estudio que abarca tanto datos cuantitativos como cualitativos. Esta muestra representativa permitirá obtener una visión precisa de las condiciones y percepciones que prevalecen en la población de manera eficiente y efectiva.

Este tipo de muestreo también conocido como “muestreo por conveniencia”, no es aleatorio, razón por la que se desconoce la probabilidad de selección de cada unidad o elemento de universo. Esto hace que este método de extracción de muestras no tenga la credibilidad de que goza el muestreo probabilístico.se caracteriza por que el investigador selección a la muestra siguiendo algunos criterios identificados para fines del estudio.

Entre estos tipos de muestreo se citan el “intencional o deliberado” y los “accidentales o por comodidad”. En los primeros el investigador decide, según los objetivos, los elementos que integraran la muestra, considerando aquellas unidades supuestamente “típicas” de la población que se desea conocer. En este caso el investigador conoce la población y las características que pueden ser utilizadas para seleccionar la muestra (Canales et al., 1994).

Para el estudio cualitativo sobre las percepciones y experiencias de los pobladores y directivos de la parroquia respecto a la amenaza de deslizamiento, el universo está compuesto por todos los habitantes de la comunidad y los miembros del equipo directivo.

La muestra se seleccionará de manera intencional, considerando la diversidad de perspectivas y experiencias en relación con la amenaza de deslizamiento. Para ello, se identificarán los grupos de interés y se aplicará una selección por conveniencia. La muestra estará compuesta por un total de 30 participantes, incluyendo habitantes de diferentes edades, géneros y roles en la comunidad (por ejemplo, agricultores, comerciantes, estudiantes, líderes comunitarios, etc.), así como miembros del equipo directivo de la parroquia.

Es importante mencionar que, debido a que se trata de un estudio cualitativo, la muestra no pretende ser representativa estadísticamente de la población, sino que se seleccionará para lograr una comprensión en profundidad de las percepciones y experiencias de los participantes en relación con la amenaza de deslizamiento.

Una forma común de seleccionar la muestra en un estudio cualitativo es a través del muestreo intencional o selectivo. Este método implica seleccionar a los participantes basándose en criterios específicos que se consideran relevantes para el estudio. Por ejemplo, en un estudio sobre las percepciones de los habitantes de una comunidad, los

participantes podrían ser seleccionados en función de su lugar de residencia y el tiempo que han vivido con la comunidad.

También debemos indicar que Roberto Hernández Sampieri recomienda en dependencia del tipo de trabajo cualitativo la siguiente tabla:

Tabla 2
Número recomendado de muestra

Tipos de estudio	Tamaño mínimo de muestra de estudio
Etnográfico cultural	Una comunidad o grupo, 30-50 casos que la conformen. Si es menor el grupo, incluir a todos los individuos o el mayor número posible
Etnográfico básico	Doce participantes homogéneos. Si la unidad de análisis es observaciones, 100-200 unidades
Fenomenológico	Diez Casos
Teoría fundamentada, entrevistas o personas bajo observación	De 20 a 30 casos
Historia de la vida familiar	Toda la familia, cada miembro es un caso
Bibliográfica	El sujeto de estudio (si vive) y el mayor número de personas vinculadas a él, incluyendo críticos.
Estudio de casos	De 6 a 10. Si son en profundidad, tres a cinco
Grupos de enfoque	7 a 10 casos por grupo, al mano un grupo por tipo de población. Si el grupo es menor, incluir a todos los individuos o el mayor número posible. Para Generar teoría, tres a seis grupos.

Nota: Se evidencia la sugerencia del tamaño de muestra, tomado de (Hernández-Sampieri, 2018)

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos para el estudio de caso se dividen en fuentes primarias y secundarias.

3.5.1. Fuentes primarias

Incluyen mediciones y observaciones directas en la zona de estudio.

3.5.2. Fuentes secundarias

Incluyen mediciones y observaciones directas en la zona de estudio y la encuesta realizada a las autoridades.

3.6. Técnicas de procedimientos y análisis de datos para cada uno de los objetivos específicos

Para le objetivo uno

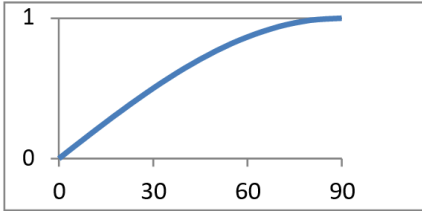
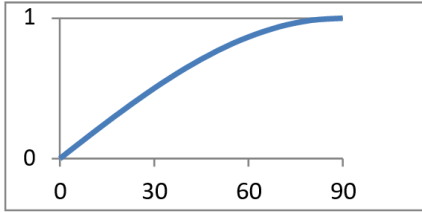
La información se basa en fuentes secundarias establecidas de los GADS, con la colaboración de shapes de mapas para la aplicación de la metodología la Lógica Fuzzy o Difusa que es un método basado en la teoría de conjuntos que permite imitar el comportamiento de la lógica humana. Esto nos permitirá definir qué elementos no están correctamente caracterizados como el uso de suelo, tipo de suelo, clasificación de la cobertura vegetal y tipo de vegetación (Andocilla, 2012).

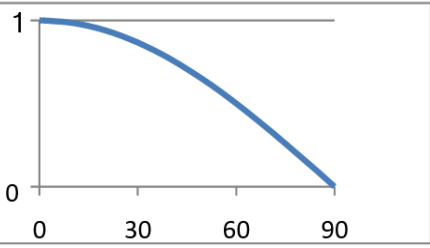
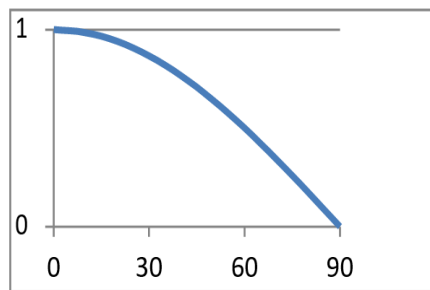
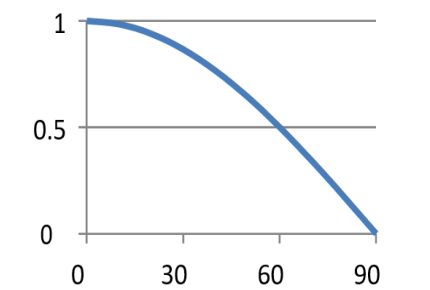
Procesamiento. - para el desarrollo de este objetivo se utiliza sistemas de software y hardware (SIG), para su respectivo análisis y Operalización de variables que se utilizan en la metodología Lógica Fuzzy (Difusa).

❖ Análisis de las variables

Tabla 3

Análisis de Variables Lógica Fuzzy

Variable	Descripción	Caso Fuzzy
Pendientes (pend)	La variable pendiente existe una relación directamente proporcional, es decir que mientras a mayor grado de pendiente exista, mayor será la probabilidad de ocurrencia de grandes o pequeños deslizamientos (Andocilla, 2012)	 <p>Lógica Fuzzy Pendientes</p>
Precipitación (precip)	La variable precipitación existe una relación directamente proporcional, es decir, que la influencia del agua lluvia en el terreno, provoca inestabilidad, por la tanto la ocurrencia de deslizamientos (Andocilla, 2012)	 <p>Lógica Fuzzy Precipitación</p>

Influencia de Cobertura Vegetal (vegetal)	<p>La presencia de cobertura vegetal indica que mientras mayor sea la cantidad de la misma en el terreno, existirá menos grado de ocurrencia de deslizamientos, así mismo la ausencia de esta, da lugar a la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos en mayor grado (Andocilla, 2012)</p>	 <p>Lógica Fuzzy Influencia de Cobertura Vegetal</p>
Vías (Vías)	<p>La presencia de vías han influenciado en la inestabilidad del terreno, lo que provoca pequeños o grandes deslizamientos, es decir que mientras más corta sea la distancia de una vía en relación al terreno, mayor es la probabilidad de que se produzca dicho fenómeno y viceversa (Andocilla, 2012)</p>	 <p>Lógica Fuzzy Vias</p>
Red Hídrica (Ríos)	<p>La presencia de cobertura vegetal indica que mientras mayor sea la cantidad de la misma en el terreno, existirá menos grado de ocurrencia de deslizamientos, así mismo la ausencia de esta, da lugar a la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos en mayor grado (Andocilla, 2012)</p>	 <p>Lógica Fuzzy Rios</p>

Nota: Análisis de las variables Lógica Fuzzy, adaptado de (Llumipanta, 2018)

A continuación, se presenta una tabla con el resumen del análisis previo de pertenencia de cada variable a cada función de Lógica Fuzzy, en ella se puede visualizar al caso de Lógica Fuzzy y la función que se aplica en cada una de las variables y su vez el rango al que pertenece.

Tabla 4*Pertenencia de la variable a cada función de Lógica Fuzzy*

VARIABLE	RANGO	FUNCION
Pend	$0 - \pi/2$	Seno
Vegetal	$1 - \pi/2$	Seno
Precip	$0 - \pi/2$	Seno
Vías_dist	$0 - \pi/2$	Coseno
Ríos_dist	$0 - \pi/2$	Coseno

Nota: Variables y su función, adaptado de (Llumipanta, 2018).

❖ Operacionalización de las variables Metodología Lógica Fuzzy (Difusa)

En este enfoque, al igual que en otras técnicas de evaluación multicriterio, se manejan diversas variables que poseen distintas escalas de medida y se representan en diferentes formatos cartográficos (ya sea en formato ráster o vector). Por lo tanto, es esencial normalizar las capas de entrada mediante el uso de lógica Fuzzy, que asigna a cada elemento un valor de pertenencia (o membresía) a un conjunto determinado. (Llumipanta, 2018).

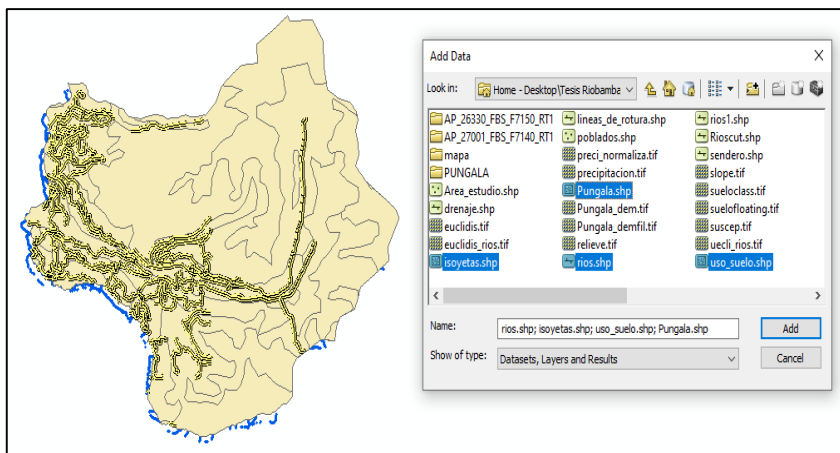
Las funciones sinusoidales o cosinusoidales se ajustan bastante bien a este tipo de representaciones, es por esto que utilizaremos ecuaciones en función de **seno de alfa** y **coseno de alfa** donde alfa estará en función del fenómeno o variable que se desea modelar o representar (Castelo, 2014).

Según lo indicado por Llumipanta en su estudio de 2018, este proyecto se lleva a cabo empleando el programa ArcGIS 10.5 y haciendo uso de las técnicas de Lógica Difusa y el método de Saaty. En el entorno de ArcMap, se inicia el proceso cargando todas las capas requeridas para llevar a cabo la tarea.

Las coberturas necesarias son:

- Vías.
- Ríos.
- Isoyetas.
- Uso y cobertura del suelo.
- Modelo digital de elevación.

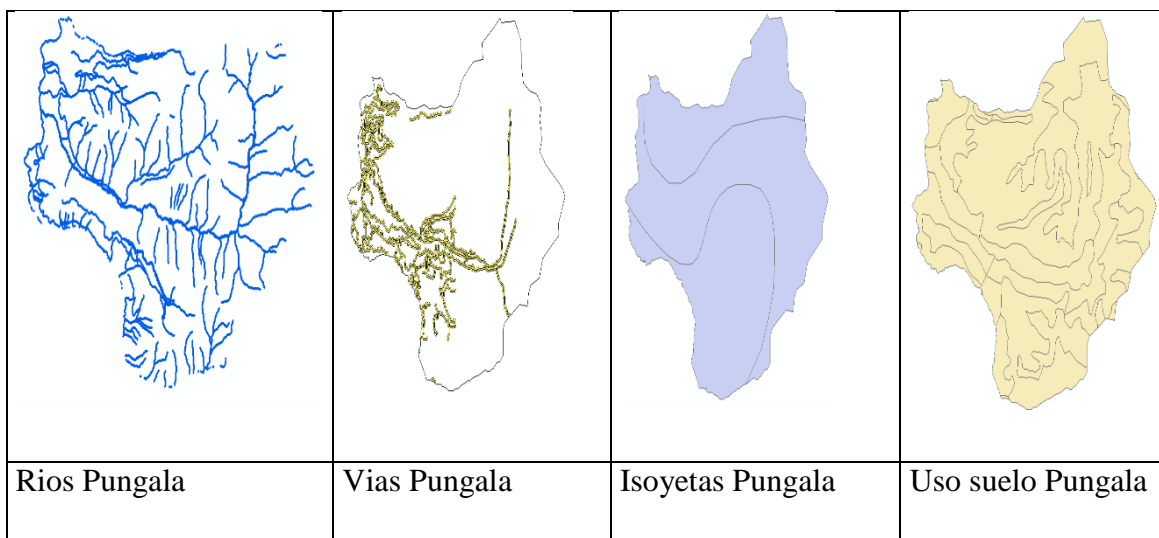
Figura 6
Las coberturas



Nota: Coberturas de la parroquia Pungalá.

Efectuado este proceso, se obtendrán los siguientes productos,

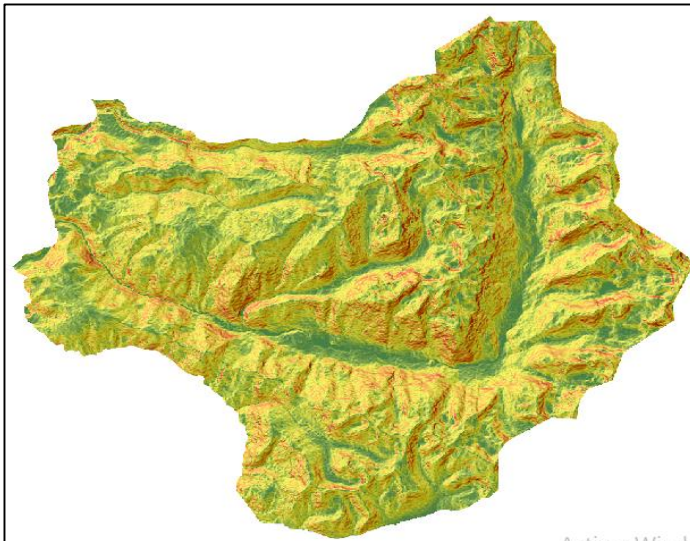
Figura 7
Productos



Nota: Coberturas de la parroquia Pungalá

Estas coberturas se presentan en un formato vectorial y se recortan en función del límite del área de estudio, en este caso, que coincide con la parroquia Pungalá, con el objetivo de ahorrar recursos computacionales. Por otro lado, el modelo digital de elevación, que se encuentra en un formato ráster, será convertido en un mapa de pendientes y también se recortará de acuerdo con el área de interés, que es la parroquia Pungalá.

Figura 8
Pendientes



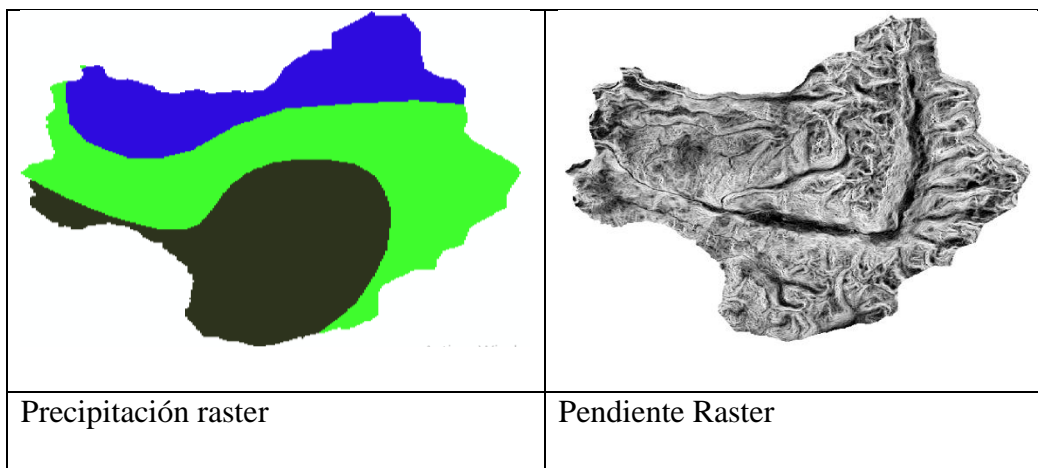
Nota: Pendientes de la parroquia Pungalá

Las mencionadas coberturas serán convertidas a un formato de ráster.

- Luego, se llevará a cabo la conversión de las variables a formato ráster. Comenzando con la variable de precipitación, se utiliza la herramienta Arc Toolbox, Conversion Tools, To Raster, Feature to Raster.(Llumipanta, 2018)

Obteniéndolo el siguiente producto:

Figura 9
Precipitación y pendientes raster



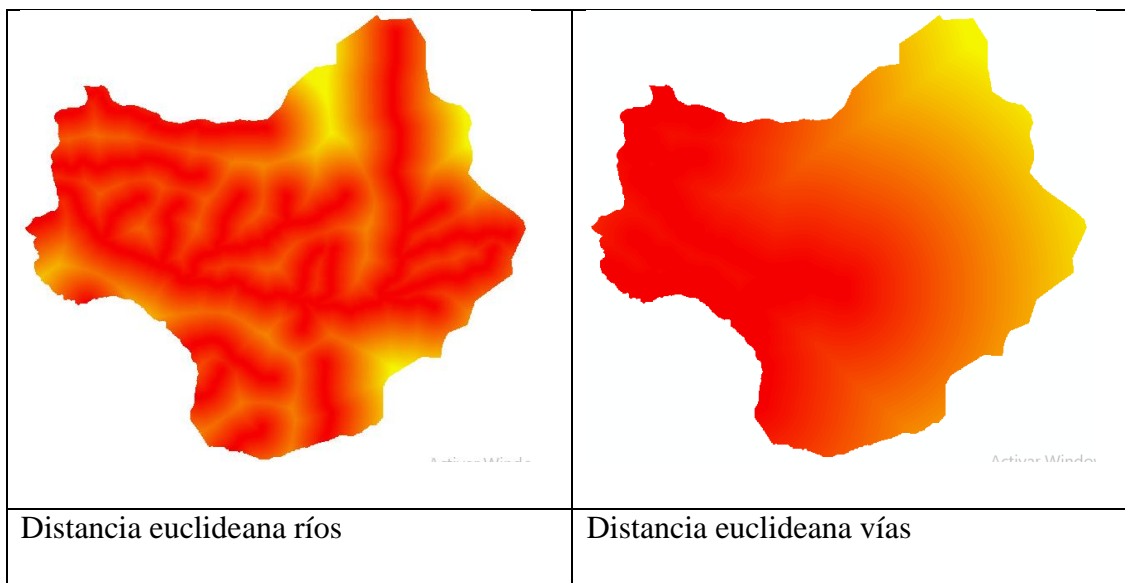
Nota: Precipitación y pendientes rastes de la parroquia Pungalá

En los pasos previos, se nota que dos de las cinco variables, es decir, pendientes y precipitación, ya están en formato ráster. Por lo tanto, se procede a transformar las variables restantes en ese mismo formato.

- Para las variables ríos y vías se usa la herramienta Euclidean Distance que se encuentra en Arc Toolbox, Spatial Analyst Tools, Distance, Euclidean Distance (Llumipanta, 2018)

Se obtiene productos similares a los que se observa a continuación:

Figura 10
Distancia

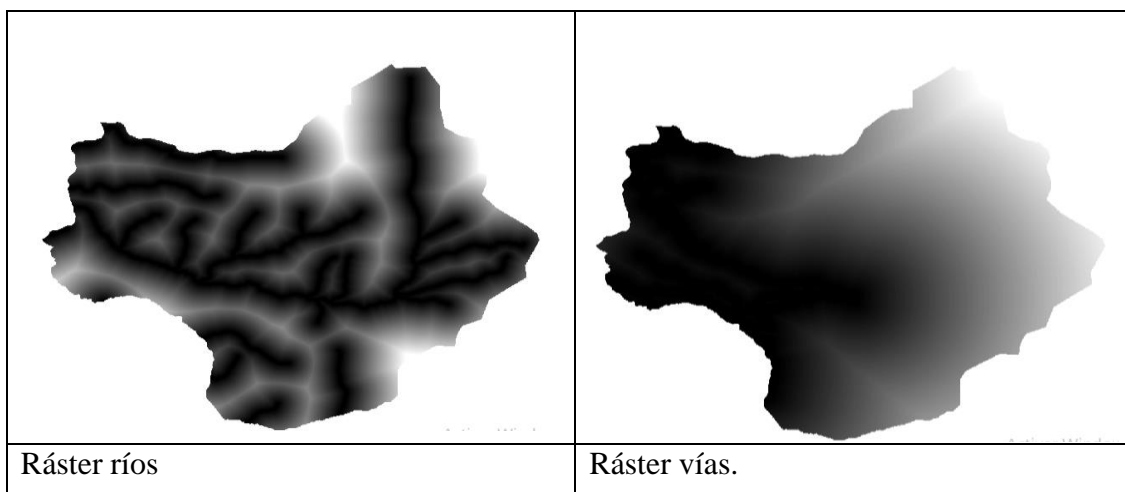


Nota: Distancias euclidianas de ríos y vías de la parroquia Pungalá

- Los elementos adquiridos previamente, vías y ríos, pueden ser exportados ejecutando el siguiente procedimiento, **Windows, Image Analysis**.

Obteniendo productos como los que se observan a continuación:

Figura 11
Exportar vías y ríos.



Nota: Vías y ríos raster de la parroquia Pungalá

- Se introduce un nuevo campo en la tabla de atributos para representar la variable de uso y cobertura del suelo. En este campo, se asignan valores numéricos según el juicio del operador, en este caso, utilizando una escala del 1 al 5 para cada uno de los atributos. Estos valores numéricos se emplearán posteriormente en el análisis multicriterio. Para llevar a cabo este proceso, se accede a la tabla de atributos correspondiente a la cobertura del suelo.

Tabla 5

Clasificación cuantitativa de uso y cobertura del suelo

uso_suelo						
FID	Shape *	descripcio	cobertura	uso	area ha	Peso
0	Polygon	50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO CULTIVADO	AGROPECUARIAS	AGROPECUARIO MIXTO	1978,929	5
1	Polygon	50% CULTIVOS DE CICLO CORTO - 50% PASTO NATURAL	AGROPECUARIAS	AGROPECUARIO MIXTO	2702,615	5
2	Polygon	CULTIVOS DE CICLO CORTO EN AREAS EN PROCESO DE EROSION	AGROPECUARIAS	AGRICOLA	8370,621	5
7	Polygon	PASTO CULTIVADO	AGROPECUARIAS	PECUARIO	667,4395	3
8	Polygon	PASTO CULTIVADO	AGROPECUARIAS	PECUARIO	2833,590	4
9	Polygon	PASTO CULTIVADO	AGROPECUARIAS	PECUARIO	1292,431	3
10	Polygon	PASTO CULTIVADO	AGROPECUARIAS	PECUARIO	341,3884	2
11	Polygon	PASTO CULTIVADO	AGROPECUARIAS	PECUARIO	115,2813	4
12	Polygon	PASTO CULTIVADO	AGROPECUARIAS	PECUARIO	1659,564	4
3	Polygon	NIEVE Y HIELO	ERIALES (OTRAS AREAS)	TIERRAS IMPRODUCTIVAS	1940,178	4
4	Polygon	NIEVE Y HIELO	ERIALES (OTRAS AREAS)	TIERRAS IMPRODUCTIVAS	2647,552	3
5	Polygon	NIEVE Y HIELO	ERIALES (OTRAS AREAS)	TIERRAS IMPRODUCTIVAS	15408,23	2
6	Polygon	NIEVE Y HIELO	ERIALES (OTRAS AREAS)	TIERRAS IMPRODUCTIVAS	101,4675	4
13	Polygon	PARAMO	VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	CONSERVACION Y PROTECCION	22934,06	1
14	Polygon	PARAMO	VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	CONSERVACION Y PROTECCION	4992,270	1
15	Polygon	70% PARAMO / 30% VEGETACION ARBUSTIVA	VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	CONSERVACION Y PROTECCION	591,4167	2
16	Polygon	VEGETACION ARBUSTIVA	VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	CONSERVACION Y PROTECCION	791,1018	2
17	Polygon	70% VEGETACION ARBUSTIVA / 30% CULTIVOS DE CICLO CORTO	VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	CONSERVACION Y PROTECCION	434,3868	2
18	Polygon	70% VEGETACION ARBUSTIVA / 30% PARAMO	VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	CONSERVACION Y PROTECCION	2263,299	2

Nota: Clasificación y ponderación del uso suelo de la parroquia Pungalá

Dentro de la metodología propuesta, se llevará a cabo la aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP) de Saaty, que permitirá asignar un valor ponderado que represente la relevancia de la variable en cuestión dentro del estudio planteado. A continuación, se presenta la matriz de Saaty que contiene los pesos resultantes para cada variable. (Llumipanta, 2018).

Tabla 6***Pesos de variables resultantes de matriz de Saaty***

	A	B	C	D	E	VECTOR PROPIO
A	1	3	9	8	7	0,5468
B	1/3	1	7	6	3	0,2618
C	1/9	1/7	1	1/2	1/3	0,0384
D	1/8	1/6	2	1	1/2	0,0573
E	1/7	1/3	3	2	1	0,0957
CR	2,98%	< 10%				1,0000

Nota: Matriz Saaty adaptado de, (Llumipanta, 2018).

Las letras presentes en la matriz de Saaty representan las variables que fueron abordadas, tal como se detalla en la tabla a continuación.

Tabla 7***Representación de las variables en la matriz de Saaty***

Variable	Código
Pendiente	A
Isoyetas	B
Cobertura de vegetación	C
Vías	D
Ríos	E

Nota: Representación de las variables adaptado de, (Llumipanta, 2018).

Con el objetivo de estandarizar las variables, y considerando que cada factor tiene una escala de medida y una representación cartográfica (vectorial o ráster) diferente, se requirió utilizar la lógica Fuzzy para normalizar las capas de entrada antes de llevar a cabo un análisis multicriterio. Mediante esta técnica, se asigna a cada elemento un valor de membresía que refleja su grado de pertenencia al conjunto. La función de membresía adopta una forma sinusoidal que varía entre 0 y 1, representada por las curvas seno y coseno.

Para realizar la normalización de las variables, es esencial examinar las relaciones inversas o directamente proporcionales entre ellas, como se ilustra en la tabla siguiente.

Tabla 8

Representación de las variables en la matriz de Saaty

Relación de normalización	Variable
Directamente proporcional	Pendiente, cobertura vegetal, precipitación
Inversamente proporcional	Distancia a vías, ríos

Nota: Relación de normalización de las variables según la matriz de Saaty adaptado de (Llumipanta, 2018).

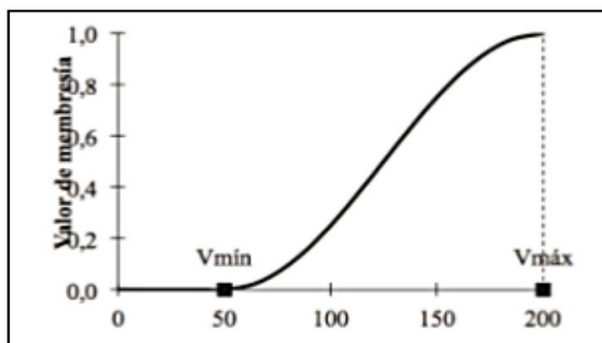
Si las variables muestran una relación de proporción directa, entonces al utilizar Raster Calculator, se introducirá la ecuación 1.

$$Sin = \frac{\pi}{2} * \frac{V_o - V_{min}}{V_{max} - V_{min}}$$

Dónde: V0: Valor original; Vmín: Valor mínimo y, Vmáx: Valor máximo.

Figura 12

Función de pertenencia curva Seno rango de 0 a $\pi/2$ radianes



Nota: Función seno, adaptado de (Llumipanta, 2018).

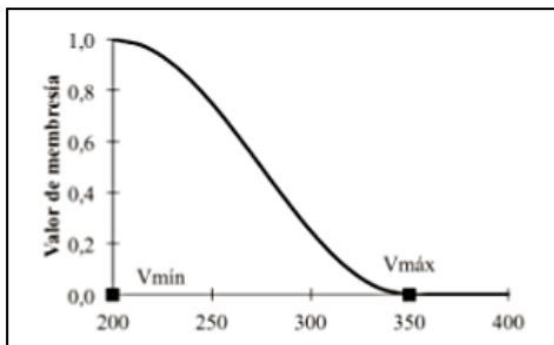
Mientras que si las variables son inversamente proporcionales se ingresará la ecuación 2:

$$\text{Cos} = \frac{\pi}{2} * \frac{V_o - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}$$

Dónde: V0: Valor original; Vmín: Valor mínimo y, Vmáx: Valor máximo.

Figura 13

Función de pertenencia curva Coseno rango de 0 a $\pi/2$ radianes



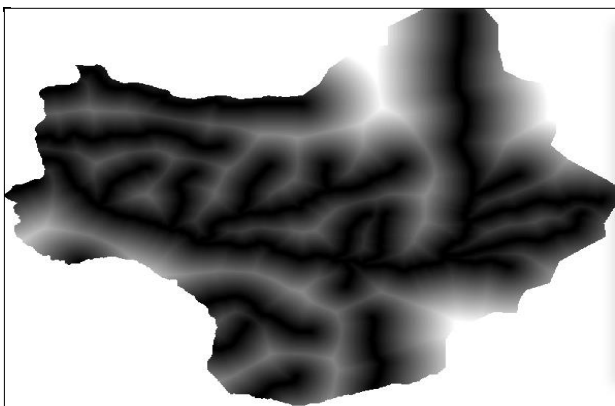
Nota: Función coseno, adaptado de (Llumipanta, 2018).

Proceso de normalización

Se utilizó la función del coseno en el proceso de normalización de la distancia a las carreteras, ya que esta variable está inversamente relacionada con la probabilidad de susceptibilidad. La normalización se llevó a cabo utilizando la herramienta ArcTool Box, dentro de Spatial Analyst Tools, específicamente en la función de Map Algebra, a través del Raster Calculator.

Figura14

Proceso normalización ríos.



Nota: Ríos de la parroquia Normalizados

El SQL correspondiente a ríos es:

$$\text{Cos}((3.1416 / 2) * (('eucli_rios.tif1' - 0) / (11555.7 - 0)))$$

En donde "eucli_rios.tif1", corresponde a V0, es decir, al valor original, mientras que 11555.7 corresponde al Vmax y 0 es el Vmin. Esta información es obtenida de los productos conseguidos durante la rasterización de ríos.

Mientras que el SQL correspondiente a vías es:

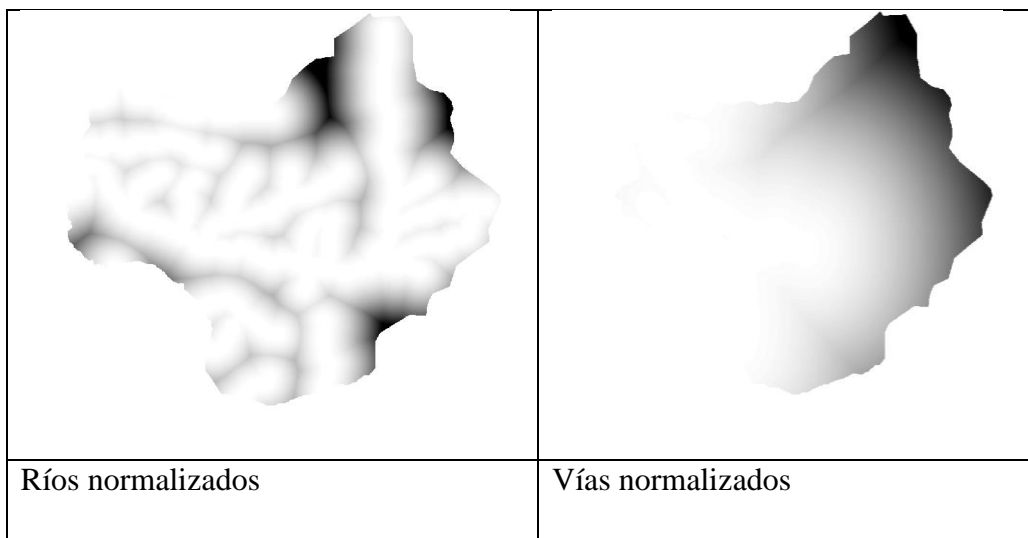
$$\text{Cos}((3.1416 / 2) * (('eucli_vias.tif1' - 0) / (39170.9 - 0)))$$

En donde "eucli_vias.tif1", corresponde a V0, es decir, al valor original, mientras que 39170.9 corresponde al Vmax y 0 es el Vmin. Esta información es obtenida de los productos conseguidos durante la rasterización de vías.

Como resultados obtenemos los siguientes productos.

Figura 15

Ríos y vías normalizados.



Nota: Ríos y Vías de la parroquia Normalizados

La relación entre la pendiente y la probabilidad de susceptibilidad a deslizamientos es directamente proporcional, lo que significa que a medida que la pendiente aumenta, también lo hace la probabilidad de deslizamientos. Por este motivo, se utiliza el seno para normalizar los datos. El procedimiento anterior se realiza de la misma manera.

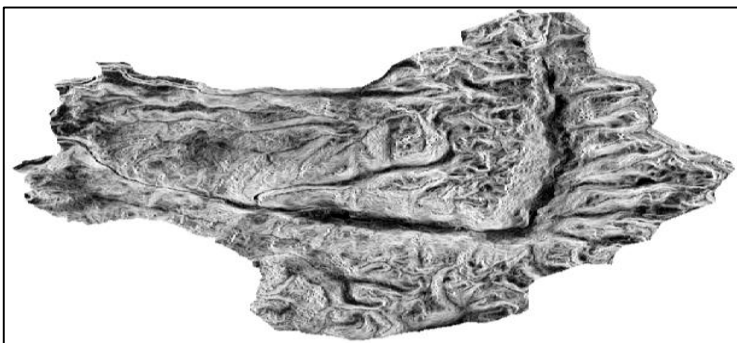
El SQL utilizado para pendientes es el siguiente:

Sin((3.1416 / 2) * (('slope.tif' - 0) / (64.5696 - 0)))

Obteniéndose el siguiente producto:

Figura 16

Pendientes normalizadas.



Nota: Pendiente de la parroquia Normalizados

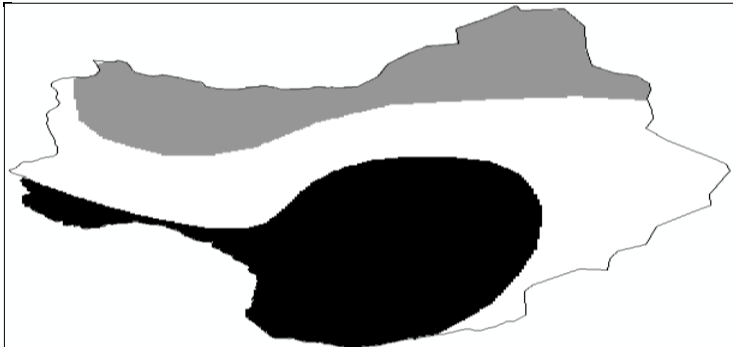
Se utilizó el mapa de isoyetas como base para calcular la precipitación, ya que esta variable está directamente relacionada. Sin embargo, dado que el mapa es de tipo Unsigned Integer, se requirió convertirlo a floating point para poder aplicar la función Seno. Esto se logró al agregar 0.5 al mapa mediante la herramienta Raster Calculator. Luego, se procedió a normalizar los datos, como se hizo previamente.

El SQL utilizado fue:

Sin((3.1416 / 2) * (('precipitac_float.tif' - 1.5) / (11.5 - 1.5)))

Obteniéndose el siguiente producto:

Figura17
Precipitación normalizada.



Nota: Precipitación de la parroquia Normalizados

Antes de normalizar el mapa de cobertura de uso y suelo, es esencial convertirlo en un formato de ráster, tal como se indicó previamente al mencionar la utilidad del campo peso añadido para su rasterización a través de la herramienta "Arc Toolbox, Conversion Tools, To Raster, Feature to Raster". La normalización de este mapa implica considerar si la variable es de tipo entero, en cuyo caso se le suma 0,5, siguiendo el mismo enfoque aplicado al mapa de isoyetas. Dado que la cobertura del suelo es una variable directamente proporcional, se utiliza la función seno como método de normalización.

El SQL utilizado es el siguiente:

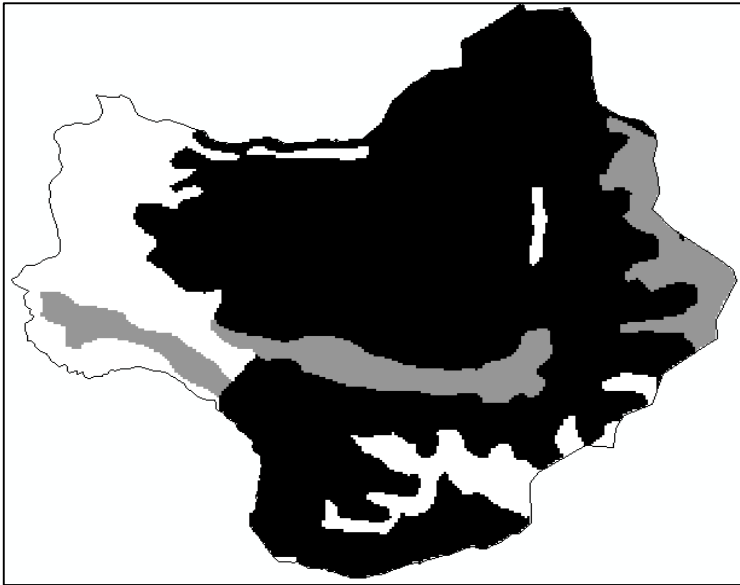
Sin((3.1416 / 2) * (('suelo_floa.tif' - 1.5) / (5.5 - 1.5)))

En el contexto de "suelo_floa.tif", V0 representa el valor original, mientras que 5.5 se refiere al Vmax, ya que se aumentó en 0.5 desde su valor inicial de 5 como el nuevo valor máximo. Asimismo, 1.5 representa el Vmin, ya que también se incrementó en 0.5 desde el valor mínimo original de 1.

Se obtiene el siguiente producto:

Figura18

Uso y cobertura del suelo normalizado.



Nota: Uso y cobertura de la parroquia Normalizados

Para llevar a cabo la suma difusa, se incorporaron los vectores característicos de todas las variables, los cuales fueron obtenidos mediante el método de Saaty. A continuación, se puede apreciar la acción ejecutada:

El **SQL** introducido en la herramienta Raster Calculator es la siguiente:

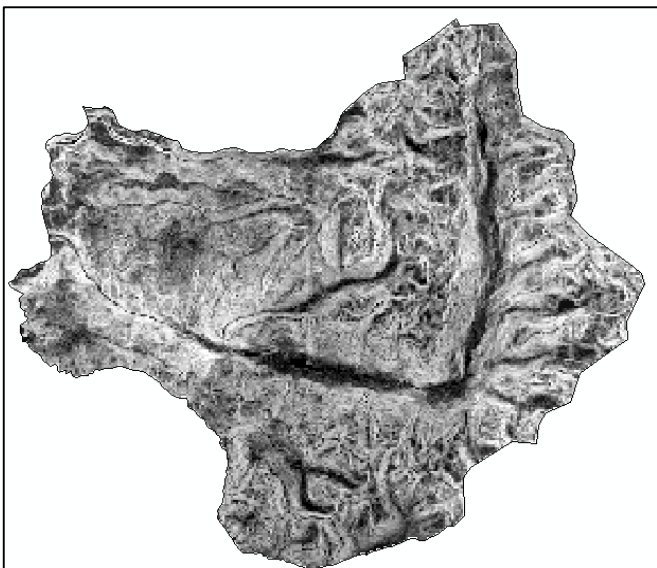
$$\text{"pediente_normali.tif"} * 0.5468 + \text{"precip_normal.tif"} * 0.2618 + \\ \text{"suelo_normaliz.tif"} * 0.0384 + \text{"vias_normal1.tif"} * 0.0573 + \text{"rios_norma.tif"} * 0.0957$$

Los productos resultantes se generan al multiplicar los valores por cada una de las coberturas normalizadas, los cuales son los vectores propios derivados de la matriz de Saaty.

El resultado obtenido es el siguiente:

Figura19

Suma difusa para la obtención de la susceptibilidad.



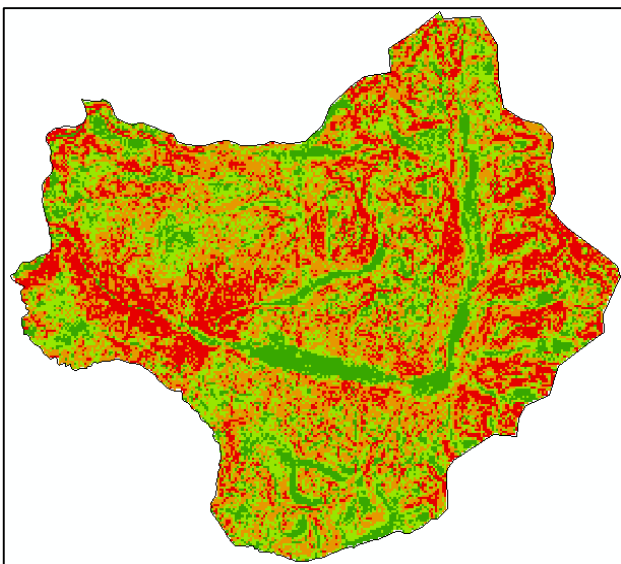
Nota: Susceptibilidad de la parroquia Normalizados

La susceptibilidad a deslizamiento es reclasificada mediante Arc Toolbox, Spatial Analyst Tools, Reclass, Reclassify.

El resultado de este proceso se observa en la figura siguiente:

Figura20

Reclasificación de la susceptibilidad.



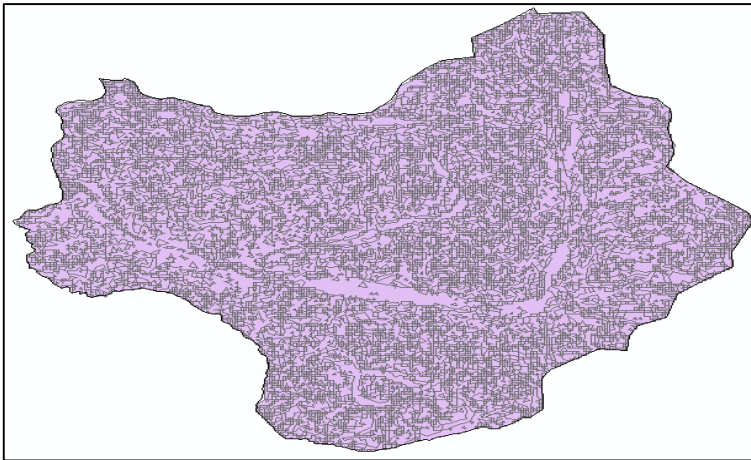
Nota: Reclasificación ante susceptibilidad de la parroquia.

Para determinar las áreas pertenecientes a cada categoría (Baja→verde oscuro, Media → verde claro, Alta→ anaranjado, Muy alta→rojo), se realiza el paso de ráster a polígono en Arc Toolbox, Conversion Tools, From Raster, Raster to Polygon.

Se obtiene el siguiente producto:

Figura21

Transformación Raster to Polygon.



Nota: Transformación a polígono de la parroquia.

En la tabla de atributos de esta nueva cobertura, incluir un campo llamado “Superficie” de tipo Float, haciendo clic derecho sobre el mismo y escoger Calculate Geometry.

Tabla 9
Obtención de la superficie

suscep					
	FID	Shape *	Id	gridcode	Superficie
▶	0	Polygon	1	2	2,53931
	1	Polygon	2	1	1,445
	2	Polygon	3	1	0,7225
	3	Polygon	4	1	0,462681
	4	Polygon	5	1	0,7225
	5	Polygon	6	4	0,7225
	6	Polygon	7	3	0,7225
	7	Polygon	8	3	2,1675
	8	Polygon	9	4	1,445
	9	Polygon	10	2	0,7225
	10	Polygon	11	2	1,18518
	11	Polygon	12	4	2,1675
	12	Polygon	13	3	3,6125
	13	Polygon	14	3	2,89
	14	Polygon	15	1	0,839674
	15	Polygon	16	2	1,04019
	16	Polygon	17	4	2,64446
	17	Polygon	18	3	1,445
	18	Polygon	19	1	3,6125
	19	Polygon	20	4	0,462681
	20	Polygon	21	2	0,7225
	21	Polygon	22	4	0,7225
	22	Polygon	23	2	2,89
	23	Polygon	24	1	0,986501
	24	Polygon	25	3	6,08948
	25	Polygon	26	2	0,7225
	26	Polygon	27	3	0,7225
	27	Polygon	28	4	10,3748
	28	Polygon	29	2	0,7225
	29	Polygon	30	1	2,89
	30	Polygon	31	2	0,7225
	31	Polygon	32	1	0,7225
	32	Polygon	33	3	1,445
	33	Polygon	34	4	2,1675
	34	Polygon	35	3	2,1675
	35	Polygon	36	2	0,7225
	36	Polygon	37	3	1,445
	37	Polygon	38	1	0,7225

Nota: Superficie en km de la parroquia.

Después, es necesario llevar a cabo un Summarize del campo GridCode, y también se debe sumar el campo creado “Superficie”.

Tabla10***Obtención del área por categoría***

Id	Suma Superficie
1	4340,92
2	7780,31
3	9978,71
4	6558,02

Nota: Área por categoría de la parroquia Pungalá

En la nueva tabla generada, se procede a agregar un campo adicional denominado "Porcentaje". Para realizar esta acción, se debe hacer clic derecho y seleccionar la opción "Field Calculator". En la ventana emergente que se despliega, se ingresa la fórmula o los valores necesarios para calcular el porcentaje deseado.

$$100 * [Sum_SUPERF]/414567,989$$

La última cifra corresponde a la suma total de la superficie en hectáreas:

Obteniéndose lo siguiente en el campo porcentaje, datos que corresponde al porcentaje de cada una de las cuatro categorías.

Tabla11***Porcentaje de superficie por categoría.***

Id	Suma Superficie	Porcentaje
1	4340,92	15
2	7780,31	27
3	9978,71	35
4	6558,02	23

Nota: Superficie de la parroquia Pungalá

Los datos obtenidos en el paso anterior se puede calificar a cada categoría de la siguiente manera:

Tabla12

Susceptibilidad de cada categoría.

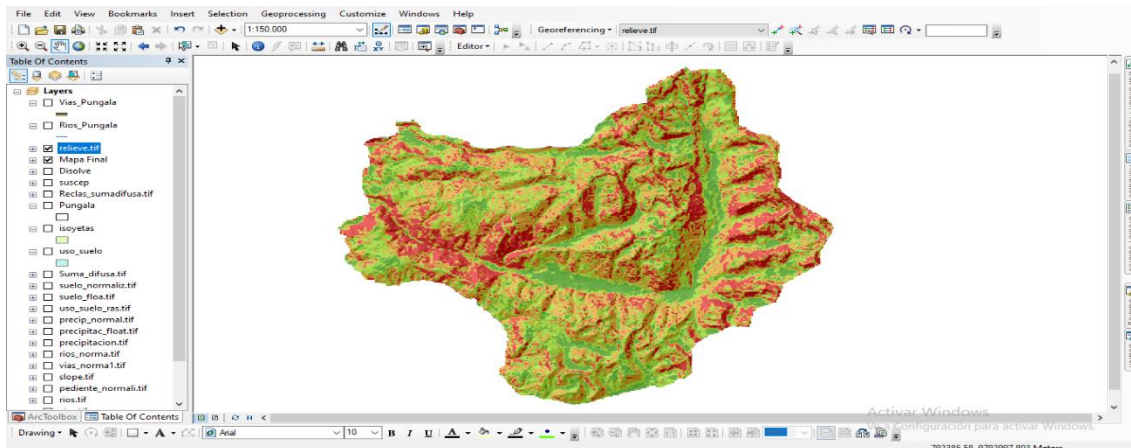
Id	Suma Superficie	Porcentaje	Descripción
1	4340,92	15	Susceptibilidad Baja
2	7780,31	27	Susceptibilidad Media
3	9978,71	35	Susceptibilidad Alta
4	6558,02	23	Susceptibilidad Muy Alta

Nota: Susceptibilidad por categoría de la parroquia Pungalá

En última instancia, se realiza una operación de "Dissolve" en el campo "gridcode" de la cobertura previamente mencionada como "Susceptibilidad", lo que resulta en lo siguiente:

Figura 22

Nivel de susceptibilidad de deslizamientos de la parroquia Pungalá



Nota: Mapa de susceptibilidad a deslizamiento

Tabla 13***Susceptibilidad de Deslizamientos***

Susceptibilidad	Baja
Susceptibilidad	Media
Susceptibilidad	Alta
Susceptibilidad	Muy Alta

Nota: Tabla de escala de susceptibilidad adaptado de, (Llumipanta, 2018).

Para el objetivo dos

Para el desarrollo de este objetivo se utiliza primero, sistemas de software y hardware (SIG) en la parroquia Pungalá, para identificar elementos expuestos; segundo aplicamos una encuesta para los dirigentes de las diferentes instituciones Públicas.

Procesamiento. - Se utilizó la herramienta (SIG) para realizar los mapas de los elementos expuestos y el procesador de texto Excel para la tabulación de la encuesta.

Para el objetivo tres

Se basa en la recopilación de información de fuentes secundarias en gestión de riesgos, medidas, amenaza, para mejorar la capacidad de respuesta de las personas de las diferentes instituciones.

Procesamiento. - Para el desarrollo de este objetivo de investigación se utilizó navegadores para revisión bibliográfica y el procesador de texto Word para la redacción de textos.

Capítulo IV

4. Resultados y Logros Alcanzados Según los Objetivos Planteados.

4.1. Objetivo 1

“Determinar las variables que, según Lógica Fuzzy (Difusa), intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos”

El número de parámetros o elementos seleccionados para este proyecto será controlado por la información disponible, el tiempo y el presupuesto, aplicando el método Lógica Fuzzy y Satty basada en el multicriterio con el fin de imitar el comportamiento de la lógica humana estos son:

- ✓ Inclinação del terreno (mapa de Pendientes)
- ✓ Textura de suelos (mapa de suelos)
- ✓ Precipitación anual (mapa de Isoyetas), factor desencadenante para determinar las aguas subterráneas.
- ✓ Vías
- ✓ Ríos

Con toda esta información se produjo a la aplicación de la metodología lógica fuzzy (Difusa) obteniendo como resultado un mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Pungalá a través de las variables denominadas:

❖ **Directamente proporcional**

Pendiente, cobertura vegetal, precipitación.

❖ **Inversamente proporcional**

Distancia a vías, ríos

A continuación, se describen los factores analizados para el presente estudio.

4.1.1. Inclinação del terreno (mapa de Pendientes)

Los resultados de la implementación de un modelo construido a través de la base topográfica, a la pendiente se le permitió separar unidades básicas del relieve (valles erosionales, crestas y laderas convexas, pie de laderas cóncavas, laderas rectilíneas y zonas

4.1.2. Textura de suelos (mapa de suelos)

La protección de la cubierta vegetal de Pungalá depende de su composición y puede proporcionar diferentes niveles de protección dependiendo de la morfología del suelo. Para ello, se ha aplicado una calificación según su clasificación utilizando la metodología de Satty para obtener un valor ponderado de la relación entre la cobertura vegetal y la susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

Tabla 15

Cobertura Vegetal

Cobertura Vegetal	Peso
Paramo	1
Nieve Y Hielo, pasto cultivado, 70% paramo / 30% vegetación arbustiva, vegetación arbustiva,70% vegetación arbustiva / 30% cultivos de ciclo corto,70% vegetación arbustiva / 30% paramo	2
Pasto Cultivado, Nieve y Hielo	3
Pasto Cultivado, Nieve y Hielo	4
50% cultivos de ciclo corto - 50% pasto cultivado,50% cultivos de ciclo corto - 50% pasto natural, Cultivos de ciclo corto en áreas en proceso de erosión	5

Nota: La cobertura vegetal de la parroquia

El área más relevante en Pungalá es la zona de paramo con un 38,75 % del área total y en segundo lugar se encuentra una de superficie de nieve y hielo representando, 20097,4 de hectáreas.

El 11,62 % de Pungalá representan cultivos de ciclo corto con proceso de erosión, mientras que con un área de 6909,7 ha está cubierta por pasto cultivado que también se podría definir

como zonas para ganadería, 3,75% son de cultivos de ciclo corto-pasto natural, y por último una Vegetación arbustiva que representa el 1,10% de la vegetación de la parroquia Pungalá.

Tabla

16

Uso de Suelo

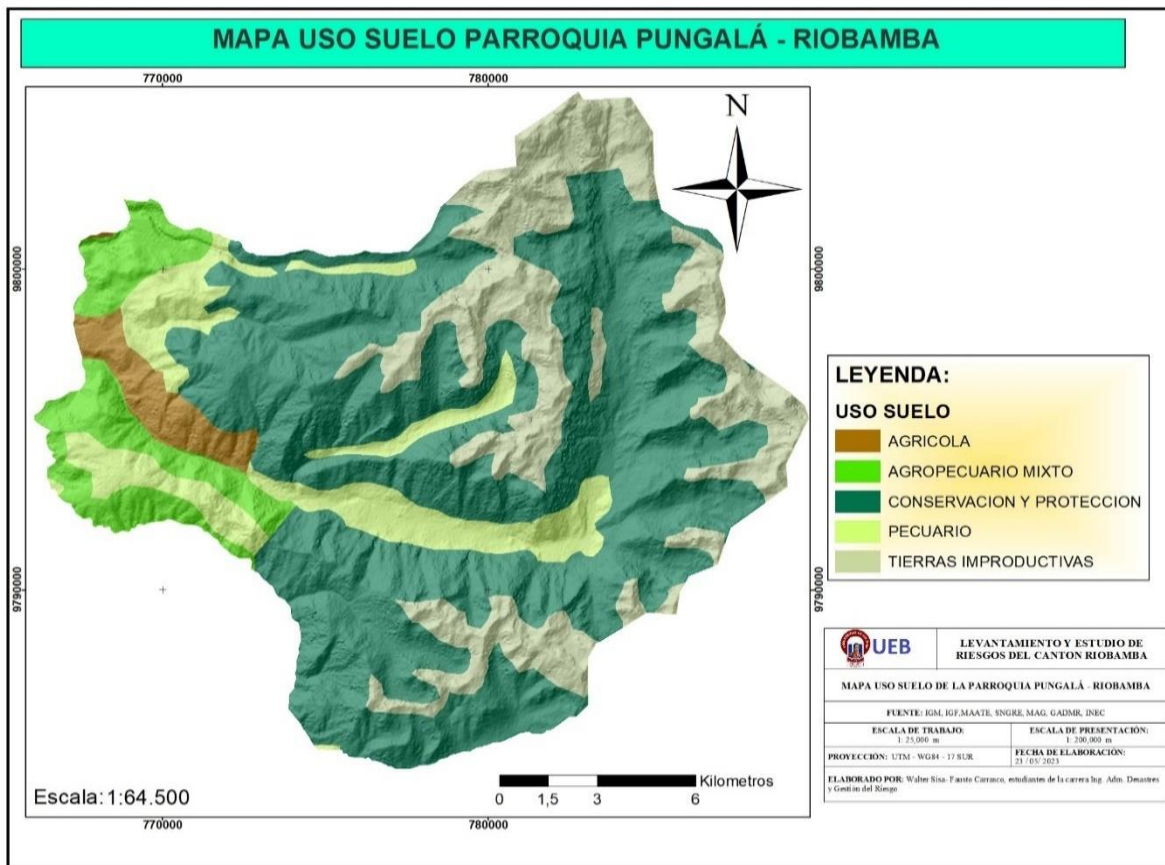
Descripción	Área (Ha)	%
50% cultivos de ciclo corto - 50% pasto cultivado	1978,9	2,75
50% cultivos de ciclo corto - 50% pasto natural	2702,6	3,75
70% paramo / 30% vegetación arbustiva	591,4	0,82
70% vegetación arbustiva / 30% cultivos de ciclo corto	434,4	0,60
70% vegetación arbustiva / 30% paramo	2263,3	3,14
Cultivos de ciclo corto en áreas en proceso de erosión	8370,6	11,62
Nieve y hielo	20097,4	27,89
Paramo	27926,3	38,75
Pasto cultivado	6909,7	9,59
Vegetación arbustiva	791,1	1,10
Total	72065,84	100%

Nota: Los datos de la tabla hacen notar el uso de suelo

La presencia de vegetación indica que es menos probable que ocurran deslizamientos de tierra con más vegetación en el suelo. De lo contrario, las posibilidades de deslizamientos de tierra también aumentan.

Mapa 3

Susceptibilidad a deslizamientos Uso suelo



Nota: Mapa de uso de suelo de la parroquia

4.1.3. Precipitación anual (mapa de Isoyetas)

En general, Pungalá tiene un clima regularmente frío con dos estaciones, húmedo y seco. Debido a su ubicación entre varios nevados, la parroquia recibe un afluente de vientos desde la cordillera, lo que genera una sensación térmica de frío. La altitud juega un papel preponderante, haciendo del frío de la zona una característica, y las precipitaciones son muy abundantes.

Las zonas de mayor precipitación se ubican en el noroeste, este y sur del área de estudio, con un máximo de 1500 mm, un mínimo de 750 mm y un promedio de 1000 mm de lluvia al año.

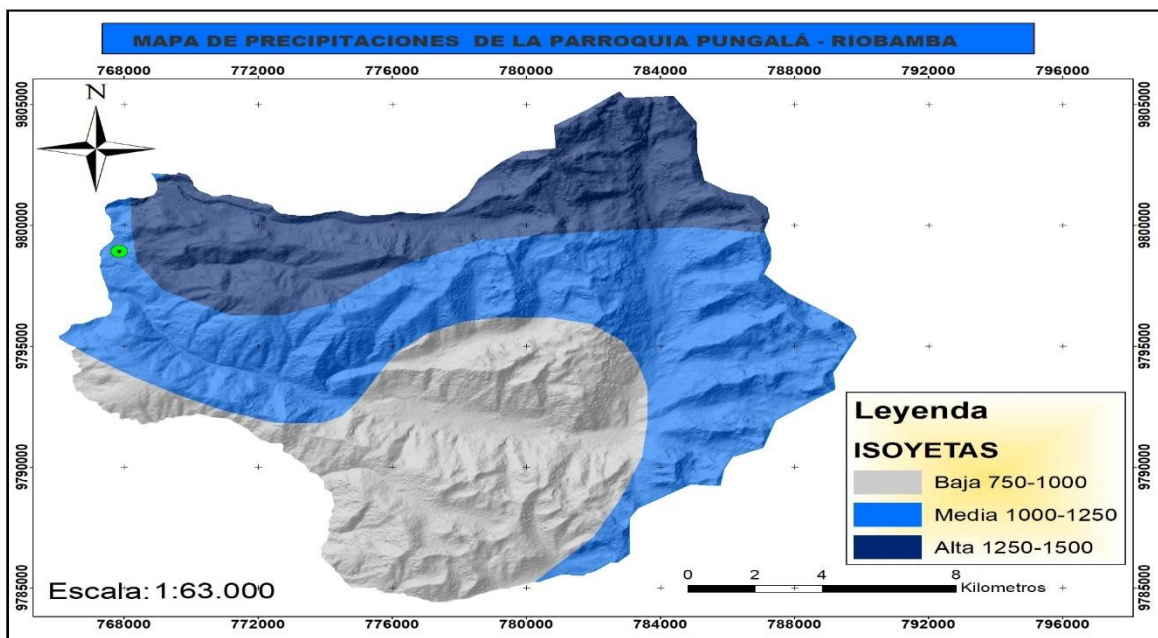
Tabla 17***Precipitación anual***

Precipitación mm	Calificativo
750-1000	Baja
1000- 1250	Media
1250 -1500	Alta

Nota: Intensidad de precipitación

Precipitaciones en Pungalá

Un factor que afecta en gran medida a la estabilidad de los taludes en Pungalá, ya que los deslizamientos de tierra a gran escala suelen producirse tras fuertes lluvias. Esto se debe a que la infiltración de agua en el suelo puede aumentar las fuerzas propensas a deslizamientos de tierra. Cuando el suelo se satura de agua, se vuelve menos estable.

Mapa 4***Precipitaciones***

Nota: Hace notar las zonas de mayor precipitación

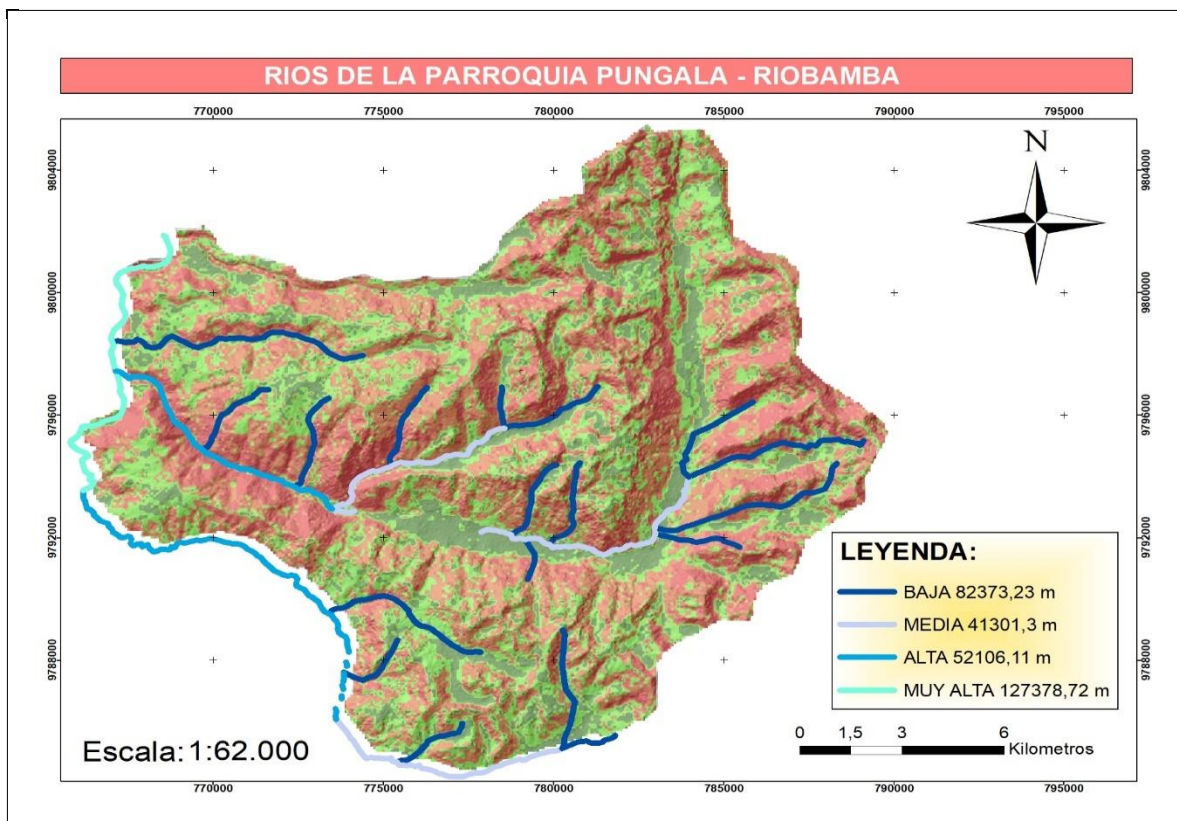
4.1.4. Ríos (Mapa de ríos)

La parroquia de Pungalá cuenta con una red hidrográfica que parte de los ríos Daldal por el norte, los ríos Guarguallá y Cebadas por el sur, el río Chambo por el oeste y el río Alao por el oeste, discurriendo de este a oeste. Cabe destacar la importancia de los ríos Maguazo, Ishpi y Zanampala, pues son utilizados para riego (Ambiental et al., 2018).

El río Guarguallá alimenta el proyecto de riego más importante de la provincia de Chimborazo, llamado Guarguallá-Licto, al otro lado se encuentran el río Alao y el río Maguazo, alimentan el caudal para la producción de energía en la central hidroeléctrica de Alao (Ambiental et al., 2018).

Mapa 5

Red Hídrica



Nota: Indica la red hídrica de la parroquia

Tabla 18***Ríos de la Parroquia Pungalá***

Nombre	Distancia (Km)
Rio Alao	55,97
Rio Chambo	12,43
Rio Daldal	9,5
Rio Ishpi	10,68
Rio Maguazo	4,63
Rio Shaygua	4,34
Rio Zanampala	7,1

Nota: Indica los cuerpos de agua de la zona

4.1.5. Vías (Mapa de Vías)

La parroquia de Pungalá se encuentra comunicada con la cabecera cantonal Riobamba, por medio de la vía de Licto que es asfaltada, pero en su mayor parte deteriorada; para comunicarse con sus comunidades posee una vía de tercer orden. El sistema vial de la parroquia está constituido por dos ejes principales: la carretera Pungalá Alao y la carretera de Pungalapamba - Puruhay - Etén. En primer eje vial, con una longitud de 15 km, se caracteriza por ser una vía demasiado estrecha, muy peligrosa con constantes deslizamientos de tierra, encontrándose actualmente deplorables, pese a que los tramos son lastrados. El otro eje principal es con características similares, debido al mal mantenimiento de las vías y a las excesivas lluvias. Las vías llegan al centro de todas las comunidades encontrándose a penas un 30% lastrada, dificultando el acceso en épocas de invierno.

Tabla 19
Tipología vial

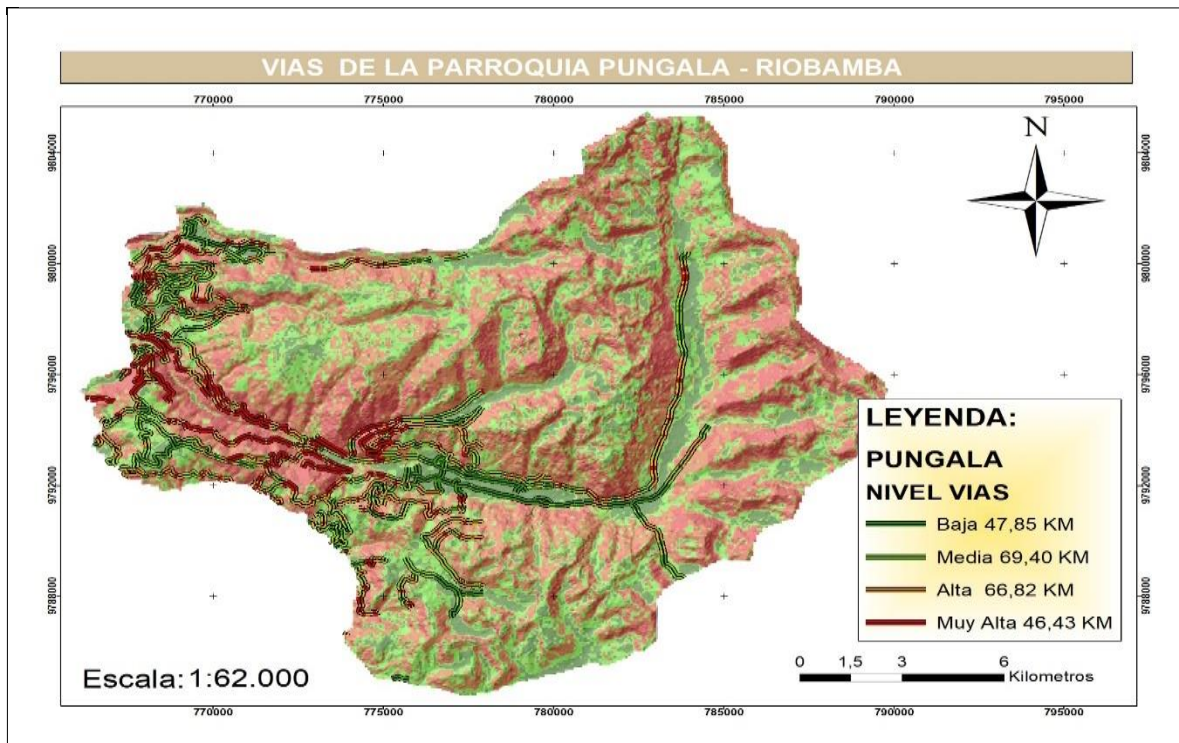
Tipo	Longitud (m)
Autopista	4034,1
Camino de Verano	59429,0
Carretera sin Pavimentar Angosta	6637,1
Carretera sin Pavimentar dos o más vías	84989,0
Sendero o Vereda	71892,6
Vía en Área Urbana	5800,0

Nota: tipo de vías de acceso de la parroquia Pungalá.

En la comunidad de Pungalá siendo nuestro lugar de estudio representan una susceptibilidad media en las vías debido a que se encuentran inmersas a pendientes, y también a fuertes precipitaciones lo que puede ocurrir el cierre total de ingreso a la comunidad.

Mapa 6

Vías



Nota: Vías de acceso dentro de la parroquia Pungalá

4.1.6. Susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Pungalá

Tabla 20

Nivel de susceptibilidad

Nivel de Susceptibilidad		Superficie (m2)	Porcentaje %
Susceptibilidad	Baja	4340,93	15
Susceptibilidad	Media	7780,32	27
Susceptibilidad	Alta	9978,71	35
Susceptibilidad	Muy Alta	6558,02	23
Total		28657,98	100

Nota: Susceptibilidad de la parroquia Pungalá por hectáreas.

Tabla 21***Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos***

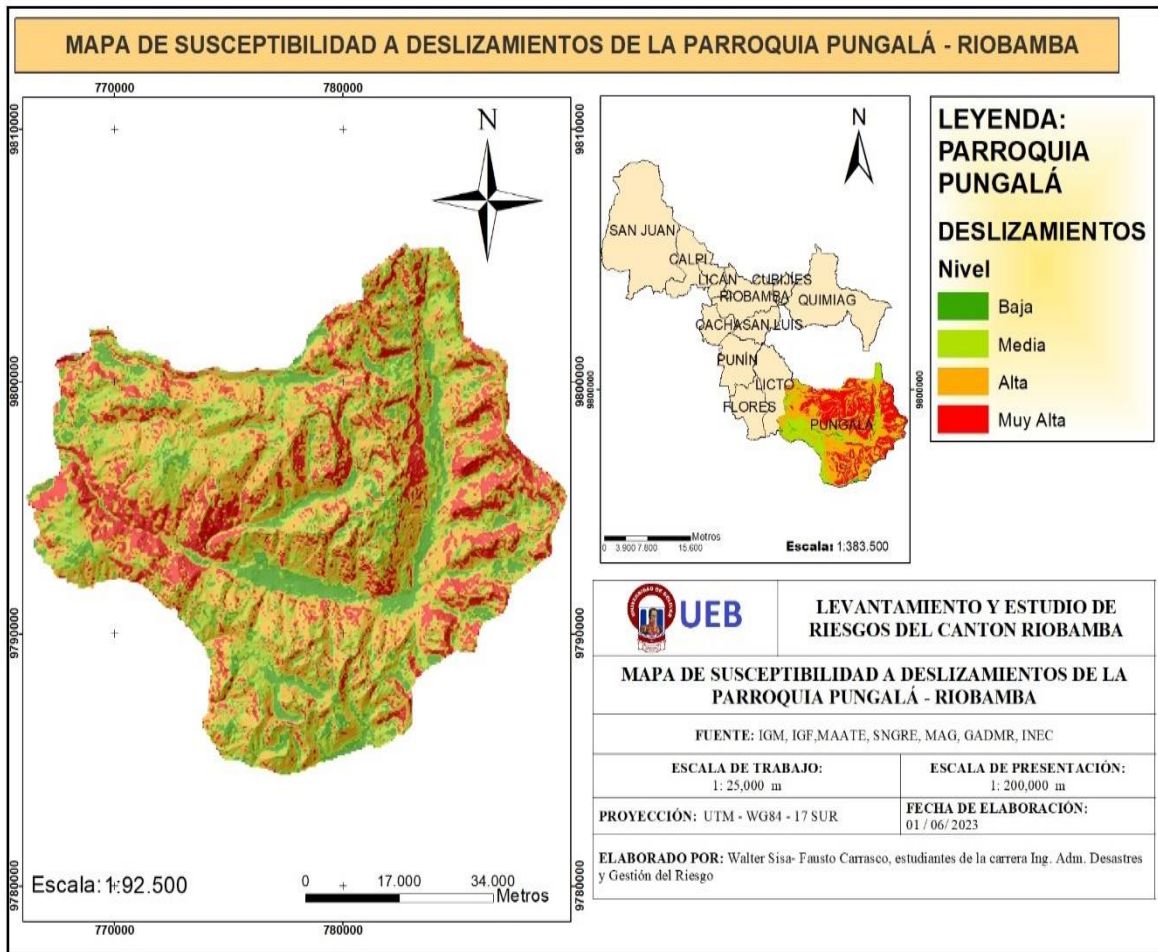
Grado de susceptibilidad	Criterio
Muy alta	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran
Media	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos. Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Nota: Criterios de susceptibilidad en la parroquia Pungalá adaptado de (G. de gestión de Riesgos, 2016).

Con el modelo aplicado “Lógica Fuzzy o Difusa “se observa una escala de tonos en el modelo (rojo = muy alta, naranja = alta, verde limón = media, verde = baja, con zonas susceptibles a deslizamientos). De esta forma, el gráfico muestra que el modelo se acerca más a la realidad.

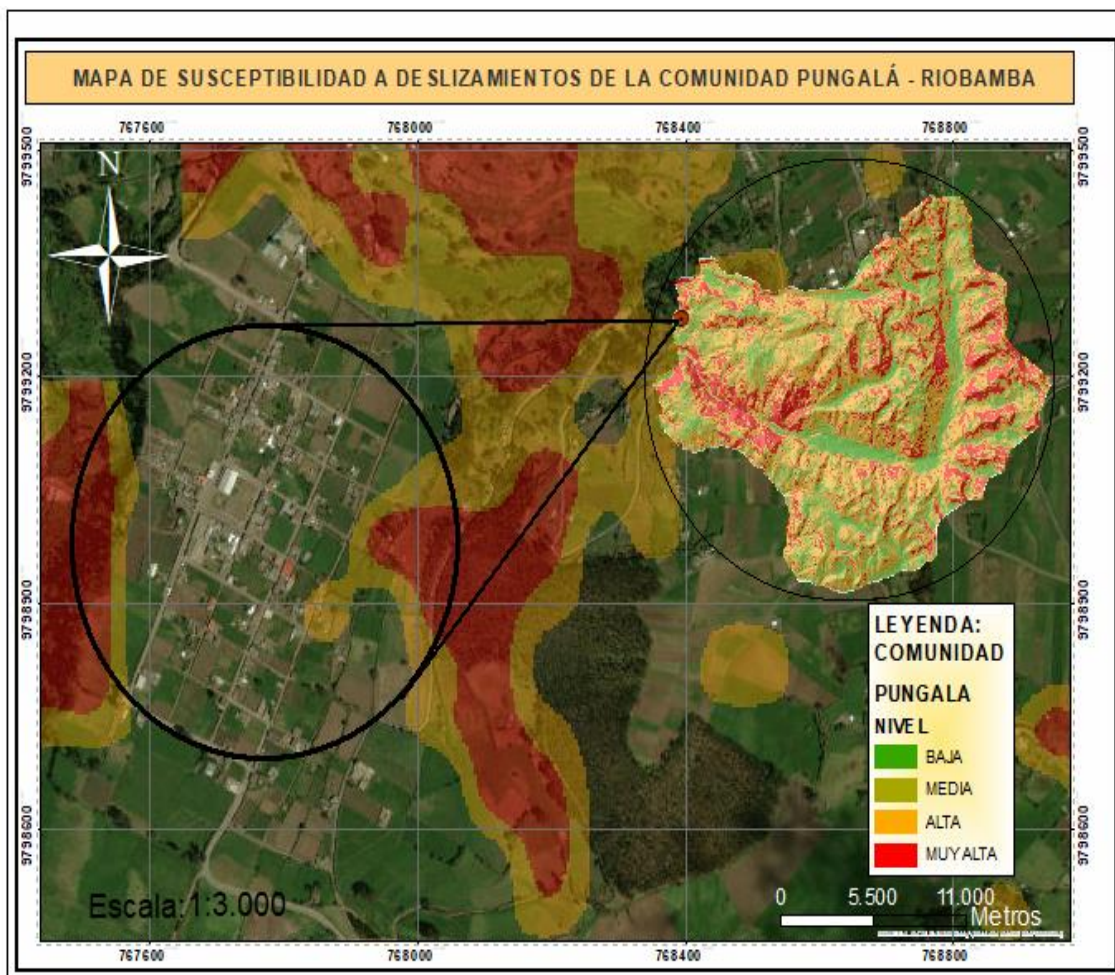
Mapa7

Susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Pungalá



Nota: El mapa señala las zonas de susceptibilidad

En el mapa de la comunidad Pungalá predominan las pendientes altas (35%) y muy altas (23%) lo que le hace más susceptibles a sufrir deslizamientos, las zonas identificadas en el mapa como mayor susceptibilidad pudieron ser verificadas con visitas a campo con la utilización de mapas del Municipio de Riobamba que sirven como base para realizar estos modelamientos que nos dan información importante.

Mapa 8**Afectación**

Nota: Se puede observar la afectación en la parroquia.

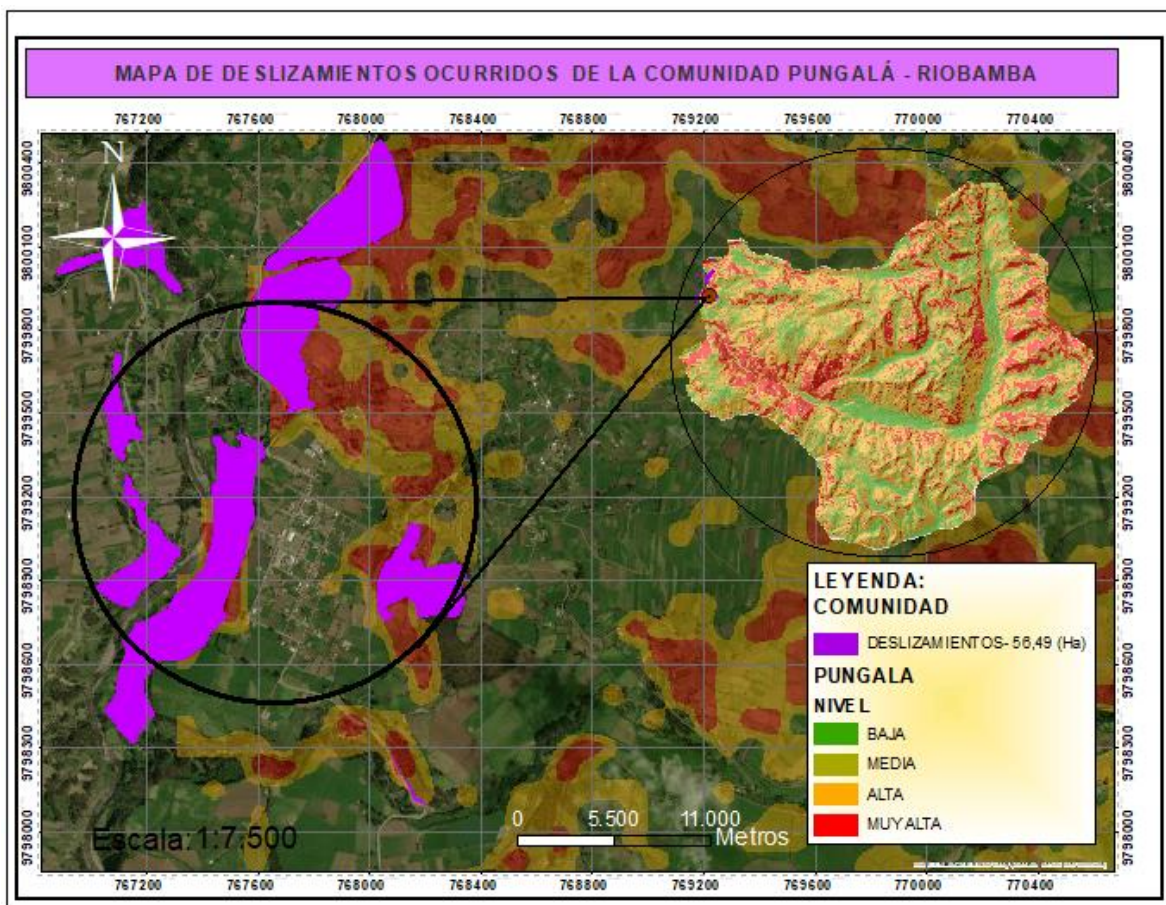
4.2. Objetivo 2

“Identificar elementos expuestos y las medidas de intervención ante los deslizamientos desarrollados en la parroquia Pungalá”

Se evidencia en el mapa un área de 56.49 (Ha) de la comunidad de Pungalá que los deslizamientos no son recientes debido a que ya tiene su reseña histórica, eso se debe a fuertes precipitaciones, inestabilidad de taludes y un alto grado de pendientes, se llega a finiquitar que mediante los datos obtenidos por medio de los GADS municipal, parroquial y población que la amenaza es recurrente.

Mapa 9

Deslizamientos ocurridos en la comunidad



Nota: Deslizamientos ocurridos en la parroquia.

4.2.1. Sistemas de drenaje de la parroquia

Infraestructura de Drenaje Existente: Es importante evaluar la infraestructura de drenaje actual en Pungalá. Esto incluiría identificar los sistemas de alcantarillado, canales de drenaje, zanjas, sumideros y cualquier otra infraestructura relacionada con el drenaje de aguas pluviales. Se deben verificar su estado de mantenimiento y si están funcionando eficazmente.

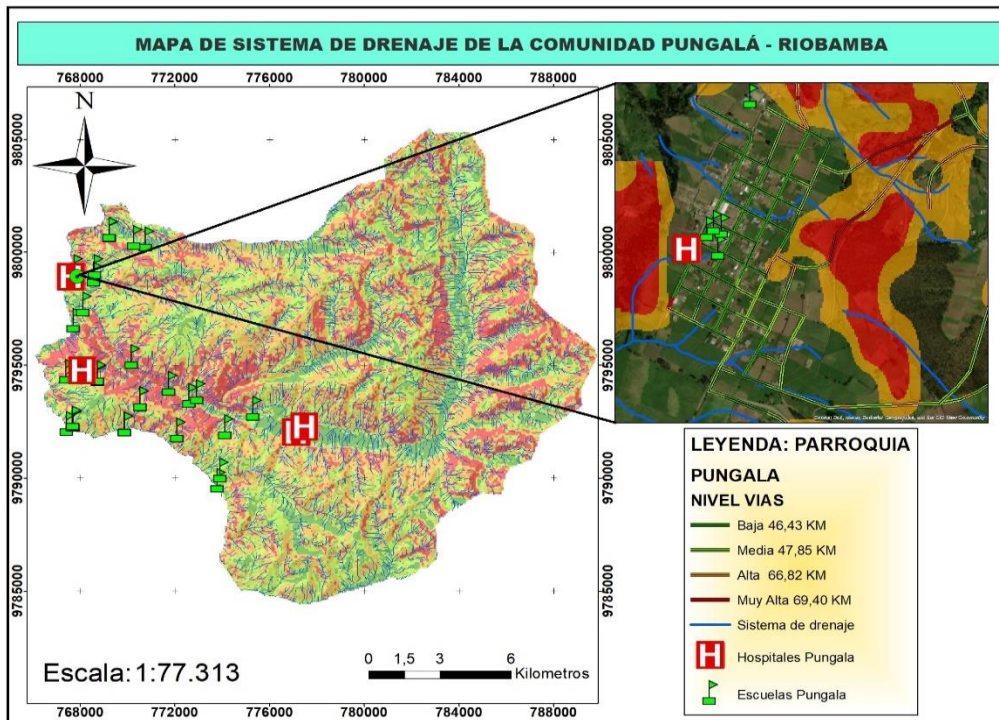
Capacidad y Diseño del Sistema de Drenaje: ¿El sistema de drenaje actual tiene la capacidad adecuada para gestionar las aguas pluviales durante las lluvias intensas? Se debe evaluar si el diseño del sistema es suficiente para evitar inundaciones y problemas relacionados con el exceso de agua.

Mantenimiento y Limpieza: Un aspecto crucial es determinar si se están llevando a cabo tareas regulares de mantenimiento y limpieza de los sistemas de drenaje. La acumulación de escombros y sedimentos puede obstruir el flujo de agua y reducir la eficacia del sistema.

Participación Comunitaria: La responsabilidad del sistema de drenaje no debe recaer únicamente en el gobierno. Se debe fomentar la participación activa de la comunidad en la conservación y el cuidado de los sistemas de drenaje. Esto podría incluir campañas de concientización y programas de voluntariado para mantener limpios los sistemas de drenaje.

Mapa 10

Sistema de Drenaje



Nota: Se evidencia el sistema de drenaje del centro de la parroquia

4.2.2. Líneas de rotura de la parroquia

Una línea de rotura hace referencia a las superficies de rotura observada durante un deslizamiento de tierra.

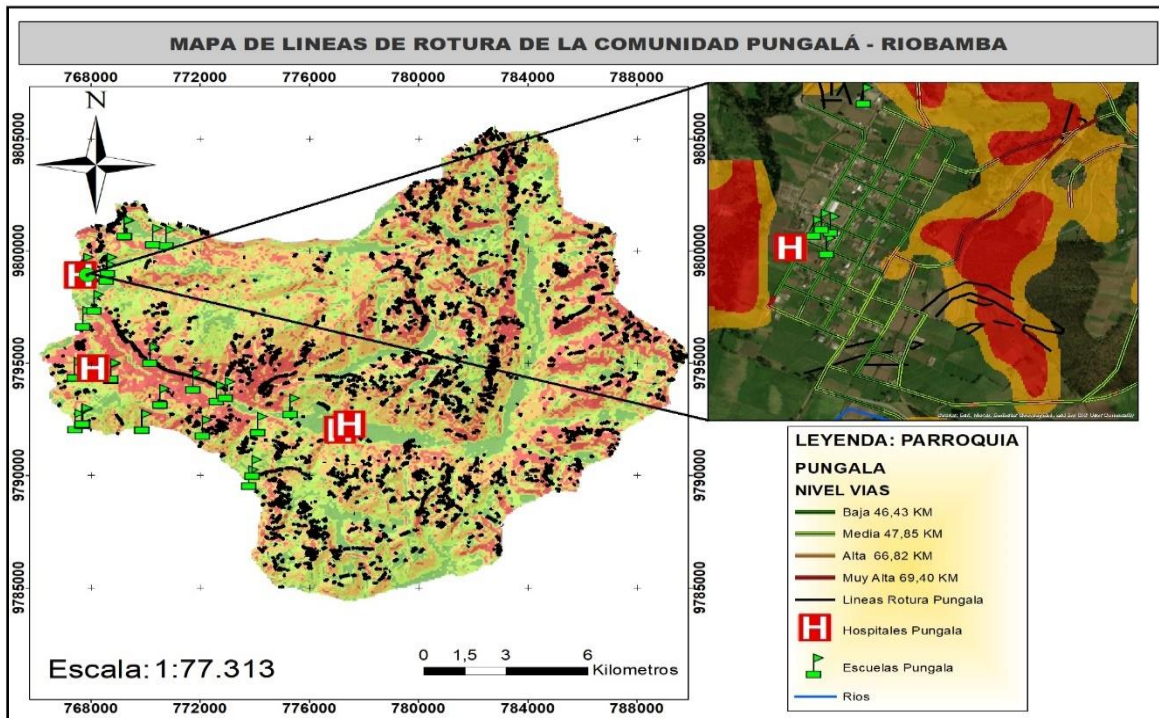
Pungalá podría estar en riesgo de este tipo de deslizamientos si la topografía local presenta características topográficas cóncavas o si hay zonas donde las capas de suelo o roca tienen una inclinación que favorece este tipo de movimiento.

Las causas comunes de este tipo de deslizamientos incluyen la saturación del suelo debido a lluvias intensas, la erosión, la actividad sísmica u otras perturbaciones.

Este ejemplo muestra cómo la superficie se adapta a los quiebres y cambios de pendiente que representan líneas de rotura, valles, pies y cabezas de taludes, calles y más.

Mapa 11

Líneas de Rotura



Nota: Se observa las líneas de rotura del centro de la parroquia

4.2.3. Elementos expuestos de la parroquia Pungalá

Vías

Existen vías con muy alta susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia con una longitud de 46,43 km, siendo estas vías un factor inversamente proporcional, que podrían ocasionar deslizamientos de acuerdo al grado de inclinación de una pendiente, o también por la infiltración de fuertes precipitaciones.

Tabla 22**Vías**

Nivel	Km
Baja	46,43
Media	47,85
Alta	66,82
Muy alta	69,40

Nota: Vías de la parroquia (Nivel de susceptibilidad)

Instituciones educativas

El número total de escuelas son 48, de las cuales 8 instituciones están en estado de susceptibilidad alta y con un porcentaje de 2,08% se obtiene 1 institución con una susceptibilidad muy alta a deslizamientos.

En algunos casos, puede ser necesario reubicar el centro de formación. En otros casos, hay refuerzos estructurales y sistemas de alerta por cambios climáticos y de suelo.

Cada caso tiene sus propias características y debe ser tratado como tal. Esto imposibilita la adopción de medidas preventivas y pone en peligro la integridad e incluso la vida de estudiantes, docentes, padres de familia y trabajadores del sector educativo.

Tabla 23**Instituciones educativas**

Nivel	N	%
Baja	23	16,67
Media	16	47,92
Alta	8	33,33
Muy alta	1	2,08
Total	48	100

Nota: instituciones educativas de la parroquia Pungalá.

Centros de salud

Un total de 4 centros de atención en salud se encuentran emplazados dentro del territorio parroquial de Pungalá con susceptibilidad baja a deslizamientos, en la comunidad de Pungalá existe un subcentro del cual el personal de salud no cuenta con el conocimiento de gestión de riesgos.

Tabla 24

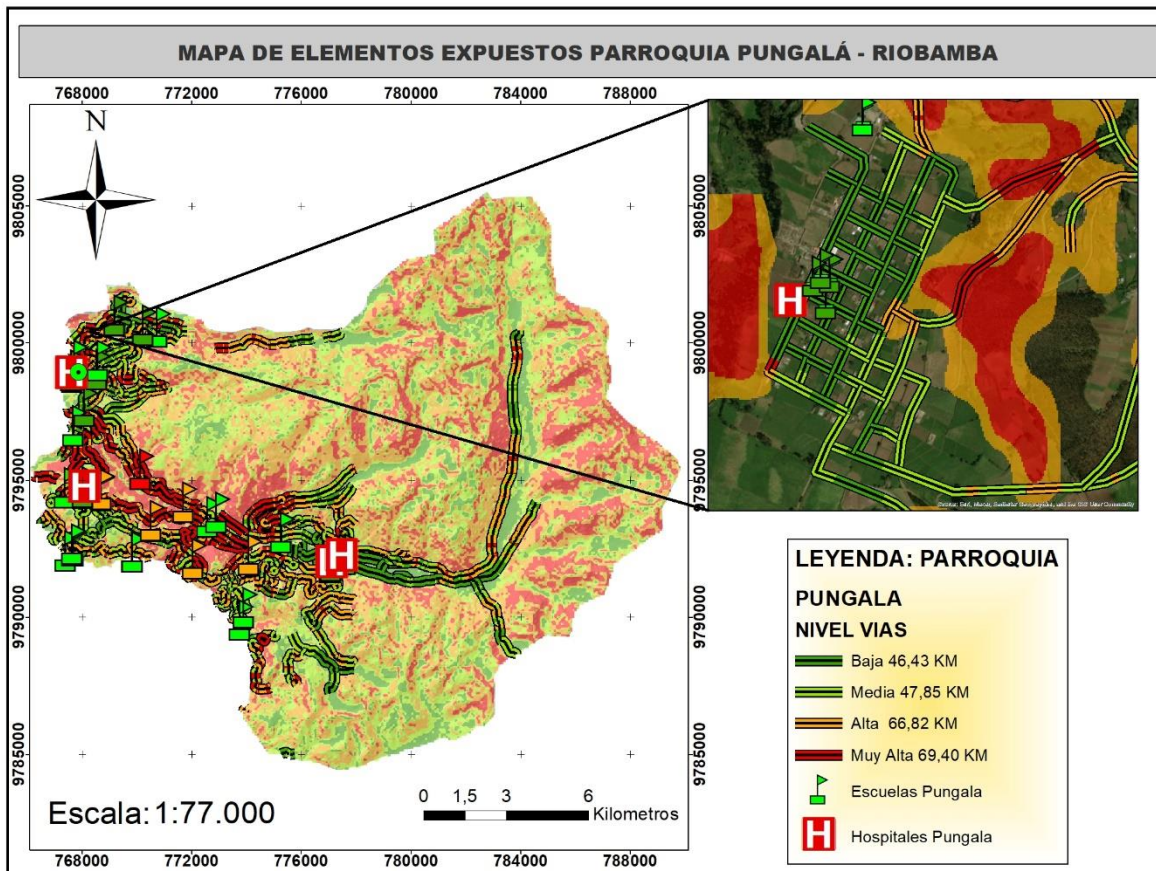
Centros de salud

Comunidad	Nombre de la institución	Forma de administración			Tipo de institución			Nivel
		Pública MSP	IES S	Privado	Subcentro de salud	Dispensario comunal	Consultorio privado	
Alao Llactapamba	Puesto de salud	✓			✓			Baja
Pungalá	Sub centro de salud Pungalá	✓			✓			Baja
Puruhay San Gerardo	Puesto de Salud Puruhay San Gerardo	✓			✓			Baja
San Antonio de Alao	Dispensario del Seguro Social Campesino		✓			✓		Baja

Nota: Centro de salud de la Parroquia.

Mapa 12

Elementos Expuestos de la parroquia



Nota: Se puede observar los elementos expuestos de la parroquia

4.2.4. Encuesta de percepción al personal de instituciones sobre medidas de intervención ante deslizamientos en la parroquia Pungalá”

Análisis

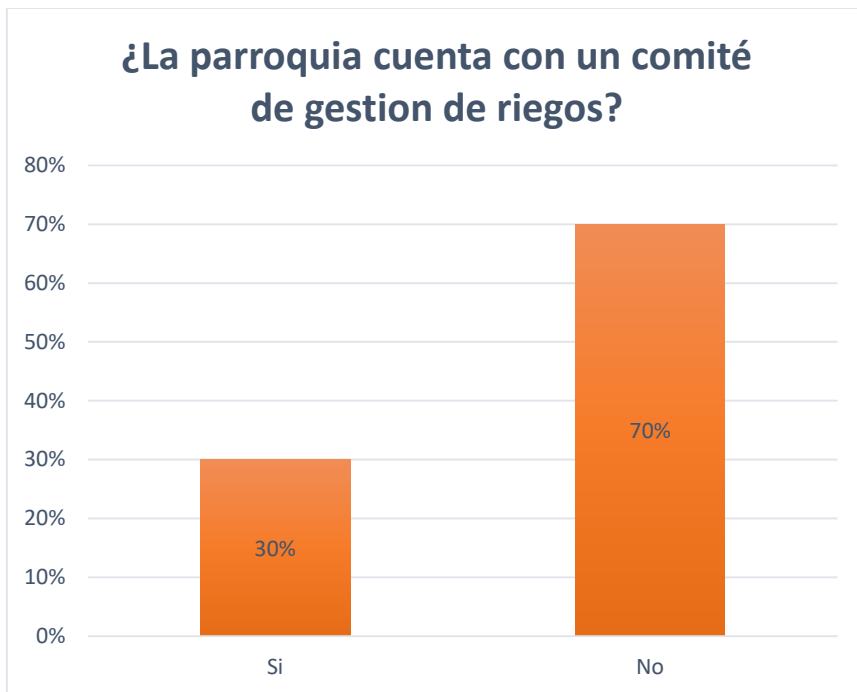
Esta información demuestra que una proporción significativa de las personas encuestadas mencionan que no cuentan con un comité de Gestión de Riesgos asociados con los deslizamientos. Esto puede ser preocupante, porque los deslizamientos pueden representar una amenaza grave para la seguridad de las personas.

Tabla 25

Comité de gestion de riesgos

Respuestas	Frecuencia	%
Si	9	30%
No	21	70%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población.

Grafico 1

Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

El gráfico dos revela que la mayoría de las personas encuestadas no cuentan con medidas de respuesta ante la amenaza de deslizamiento. Esto resalta la necesidad de aumentar la conciencia y la preparación para hacer frente a esta amenaza.

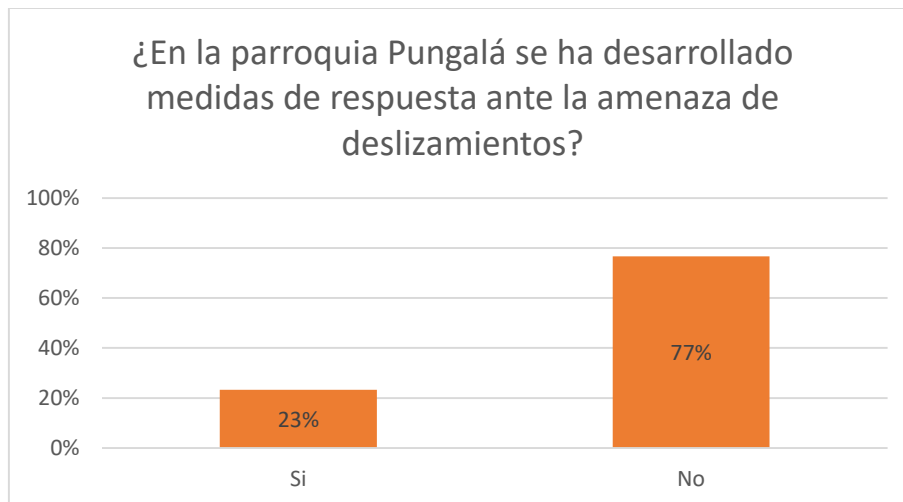
Tabla 26

Se ha desarrollado medidas de respuesta

Respuestas	Frecuencia	%
Si	7	23%
No	23	77%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 2



Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

Aunque existe un porcentaje menor de la población que tiene conocimiento sobre las medidas de intervención, es necesario trabajar en la difusión de esta información para alcanzar a aquellos que aún no están familiarizados con el tema. La educación y la concientización son clave para lograr una mayor participación y acción en la parroquia.

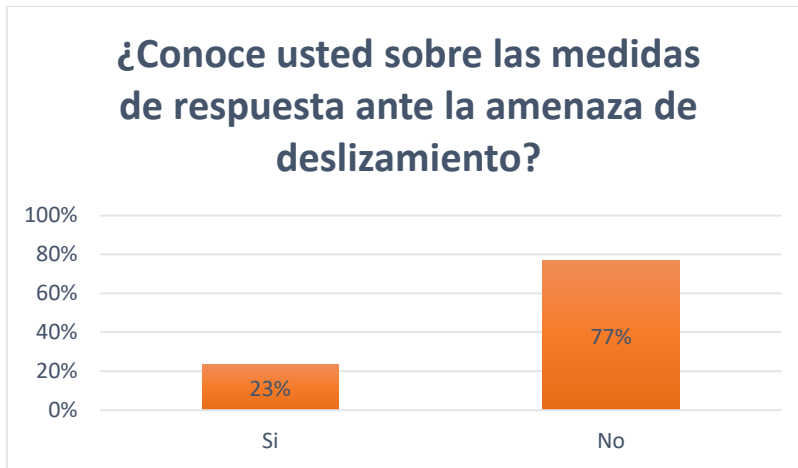
Tabla 27

Conoce sobre las medidas de respuesta

Respuestas	Frecuencia	%
Si	7	23%
No	23	77%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 3



Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

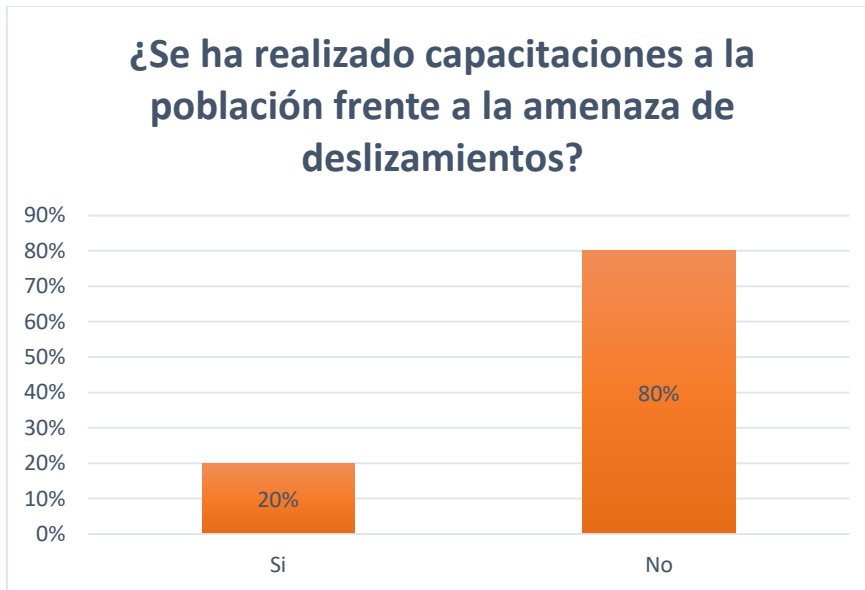
El 80% de los encuestados menciona que no se ha tocado el tema de las capacitaciones en la parroquia. Esto indica que la mayoría de las personas no han tenido la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos o habilidades a través de charlas o programas de formación.

Tabla 28

Capacitación a la población

Respuestas	Frecuencia	%
Si	6	20%
No	24	80%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 4

Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

Este resultado nos indica que la mayoría de la población de la parroquia no ha tenido la oportunidad de participar en actividades de simulación o simulacros. Esta falta de participación puede tener diversas implicaciones, como una menor preparación ante situaciones de emergencia o una menor conciencia sobre la importancia de estar preparados para enfrentar eventos adversos.

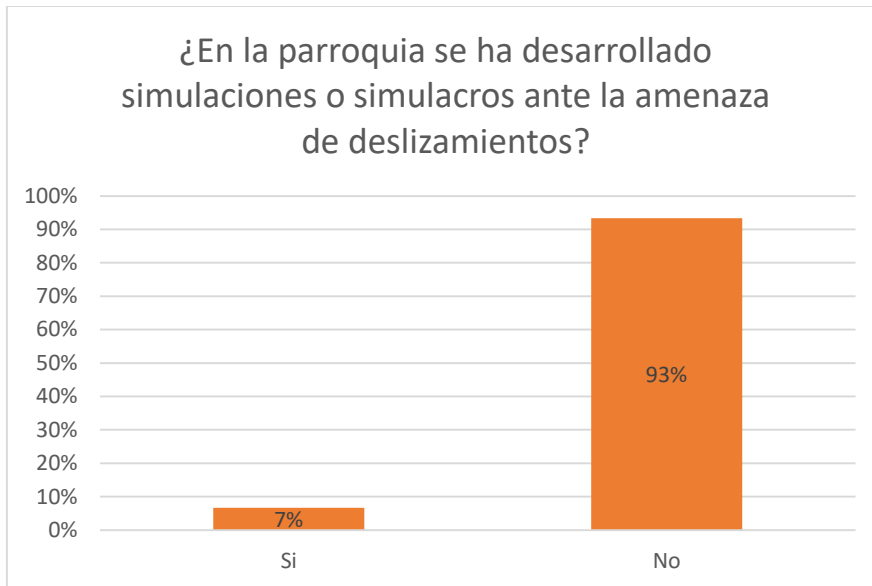
Tabla 29

Simulación o Simulacros

Respuestas	Frecuencia	%
Si	2	7%
No	28	93%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 5



Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

El siguiente grafico indica que la mayoría de las personas encuestadas no han tomado medidas para identificar lugares seguros en caso de un evento peligroso. Esto puede ser preocupante, porque contar con lugares seguros puede ser crucial para la seguridad y bienestar en situaciones de peligro.

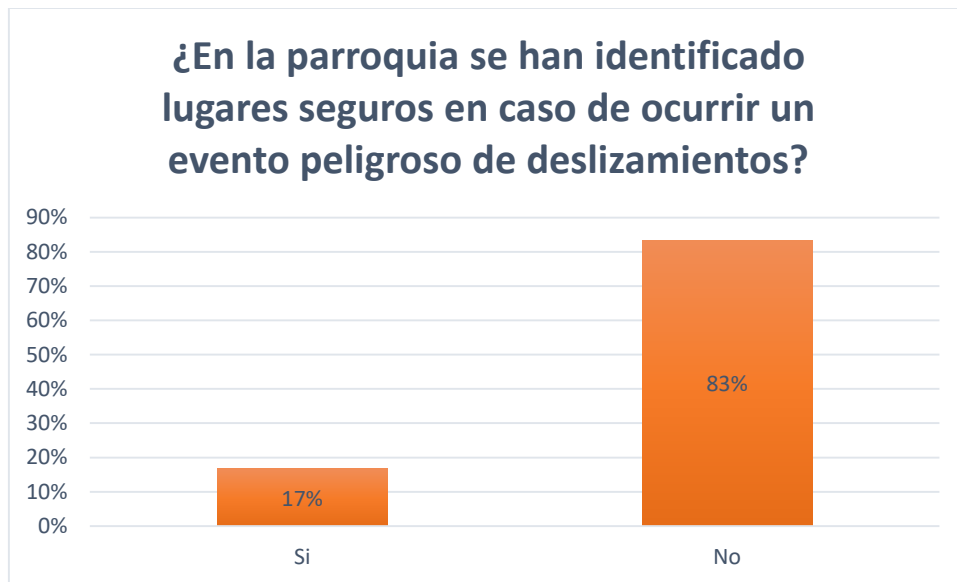
Tabla 30

Lugares seguros

Respuestas	Frecuencia	%
Si	5	17%
No	25	83%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 6



Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

El gráfico siete indica que la gran mayoría de la parroquia no cuenta con un sistema de alerta temprana, representando el 90% de las respuestas. Este resultado puede ser preocupante, porque contar con un sistema de alerta temprana es importante para prevenir y responder de manera efectiva a posibles situaciones de emergencia o desastres naturales.

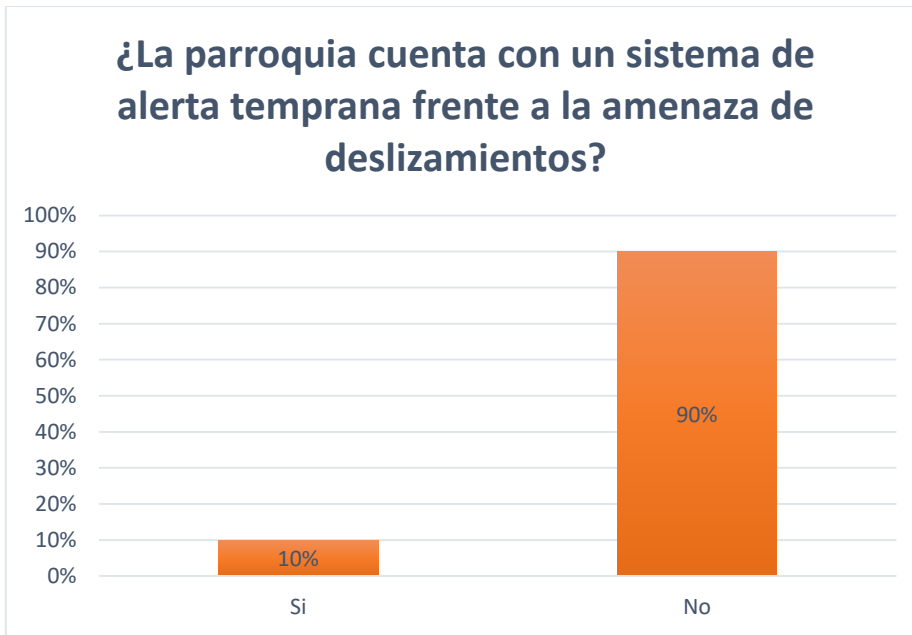
Tabla 31

Sistema de Alerta

Respuestas	Frecuencia	%
Si	3	10%
No	27	90%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 7



Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

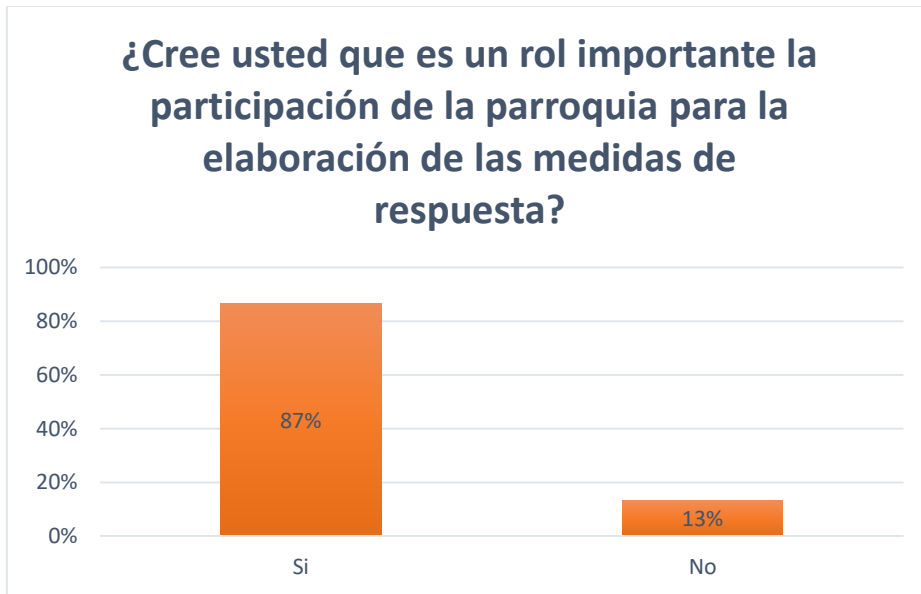
Que la mayoría de las personas considera importante la participación de la comunidad en la elaboración de medidas, lo que destaca la necesidad de promover espacios de participación ciudadana y democracia participativa.

Tabla 32

Participación de la parroquia

Respuestas	Frecuencia	%
Si	26	87%
No	4	13%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 8

Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

Los datos del gráfico nueve indican que la mayoría de la parroquia no ha realizado estudios de estabilización de taludes y sitios críticos. Es importante destacar que la realización de estos estudios es fundamental para identificar posibles riesgos y tomar medidas o acciones que son necesarias para evitar deslizamientos o colapsos.

Tabla 33***Estudio de taludes y sitios críticos***

Respuestas	Frecuencia	%
Si	2	7%
No	28	93%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 9

Nota: Encuesta realizada a la población

Análisis

El gráfico diez revela que la mayoría de la parroquia encuestada no ha tenido la oportunidad de participar en proyectos de reforestación y protección natural, pero existe un porcentaje minoritario que sí ha tenido esta experiencia. Es necesario promover más iniciativas en esta área y concienciar a la población sobre su importancia.

Tabla 34

Reforestación y protección natural

Respuestas	Frecuencia	%
Si	4	13%
No	26	87%
Total	30	100%

Nota: Encuesta realizada a la población

Grafico 10

Nota: Encuesta realizada a la población

4.3. Objetivo 3

“Proponer medidas de intervención ante la amenaza de deslizamientos para una respuesta eficiente en la parroquia Pungalá”

Tras revisar los resultados obtenidos de la investigación acerca de la gestión de riesgos en la parroquia Pungalá, es posible formular las siguientes recomendaciones concretas con el objetivo de potenciar la gestión de riesgos en el futuro:

Para fortalecer la coordinación entre las instituciones gubernamentales y la comunidad en la parroquia Pungalá, se podrían realizar las siguientes acciones:

Medidas	Acciones	Actividades	Meta	Responsable	Tiempo estimado
Establecer canales de comunicación efectivos entre las instituciones gubernamentales y la comunidad.	Identificación y establecimiento de los canales de comunicación.	Se debe realizar un diagnóstico para identificar cuáles son los canales de comunicación existentes entre las instituciones gubernamentales y la comunidad, así como sus fortalezas y debilidades. Con base en ello, se deben establecer canales de comunicaciones claras y efectivos que permitan una comunicación fluida y oportuna entre ambas partes.	Lograr una comunicación fluida y efectiva entre la comunidad y las instituciones gubernamentales, para la toma de decisiones participativa y la implementación adecuada de medidas de prevención y respuesta.	Autoridades locales y organizaciones comunitarias	6 meses
Aumentar el presupuesto destinado a la implementación de medidas de prevención y respuesta.	Realizar un análisis de las necesidades.	Se debe llevar a cabo un análisis detallado de las necesidades de la parroquia Pungalá en términos de medidas de prevención y respuesta. Este análisis puede incluir una evaluación de los riesgos existentes y potenciales, la identificación de las áreas más vulnerables y la evaluación de la efectividad de las medidas existentes.	Aumentar en un 30% el presupuesto destinado a la implementación de medidas de prevención y respuesta ante desastres en la parroquia Pungalá, para garantizar la efectividad y sostenibilidad de las medidas implementadas.	Autoridades locales.	1 año
	Establecer alianzas y colaboraciones.	Se pueden establecer alianzas y colaboraciones con otras instituciones y organizaciones para compartir recursos y conocimientos y para maximizar el impacto de las medidas implementadas. Estas			

Medidas	Acciones	Actividades	Meta	Responsable	Tiempo estimado
		alianzas pueden incluir a otras parroquias, gobiernos locales, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas.			
	Monitoreo y evaluación.	Se debe llevar a cabo un monitoreo y evaluación constante de las medidas implementadas, para asegurar que sean efectivas y sostenibles en el largo plazo. Esto permitirá ajustar las medidas según sea necesario y asegurar que se estén alcanzando los objetivos de prevención y respuesta a desastres en la parroquia Pungalá.			
Para fomentar la participación activa de la comunidad en la gestión del riesgo y la prevención de desastres en la parroquia Pungalá, se pueden realizar las siguientes acciones.	Promover la capacitación.	Se deben organizar talleres, charlas y capacitaciones sobre gestión del riesgo y prevención de desastres, dirigidas a la población local. Estas capacitaciones pueden ser impartidas por expertos en la materia y deben ser accesibles para todos los miembros de la comunidad.	Capacitar al 80% de la población en temas de gestión del riesgo y prevención de desastres, con el fin de fomentar la participación activa de la comunidad en la identificación de riesgos, la toma de decisiones y la implementación de medidas de prevención y respuesta.	Organizaciones comunitarias y autoridades locales	1 año
	Sensibilizar a la población.	Es importante sensibilizar a la población sobre la importancia de la gestión del riesgo y la prevención de desastres. Esto puede lograrse a través de campañas de concientización en medios de comunicación locales, redes sociales, carteles informativos y otras estrategias de comunicación.			
	Establecer comités locales de gestión del riesgo.	Se pueden establecer comités locales de gestión del riesgo conformados por miembros de la comunidad, líderes locales y representantes de las instituciones gubernamentales. Estos comités pueden trabajar en la identificación de riesgos, la planificación y ejecución de medidas de prevención y respuesta ante desastres.			

Medidas	Acciones	Actividades	Meta	Responsable	Tiempo estimado
	Involucrar a la población en la toma de decisiones	Es importante que la población participe activamente en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del riesgo y la prevención de desastres. Para ello, se pueden organizar consultas populares, foros comunitarios y otros espacios de diálogo y participación ciudadana.			
	Reconocer y valorar el conocimiento local.	La población local suele tener conocimientos y experiencias valiosas sobre los riesgos y las formas de prevenirlos. Es importante reconocer y valorar este conocimiento local, involucrando a la población en la identificación de riesgos y en la implementación de medidas de prevención y respuesta.			
Para fortalecer la vigilancia y monitoreo de las zonas de riesgo en la parroquia Pungalá se pueden seguir los siguientes pasos:	Identificar las zonas de riesgo.	Se debe llevar a cabo un análisis detallado de las zonas de la parroquia que presenten mayores riesgos de desastres naturales, como deslizamientos, inundaciones, sismos, entre otros.	Establecer sistemas de vigilancia y monitoreo en las zonas de riesgo identificadas en la parroquia Pungalá, con el fin de identificar oportunamente cualquier situación que pueda poner en peligro la vida y los bienes de la población.	Autoridades locales y expertos en gestión del riesgo	1 año
	Establecer protocolos de alerta temprana.	Se deben establecer protocolos claros y efectivos de alerta temprana en caso de que se detecten situaciones de riesgo. Estos protocolos deben definir las medidas a tomar para minimizar el impacto del evento y proteger la vida y los bienes de la población.			
	Establecer un sistema de monitoreo.	Una vez identificadas las zonas de riesgo, se debe establecer un sistema de monitoreo que permita identificar cualquier cambio en las condiciones que puedan representar un riesgo para la población. Este sistema puede incluir la instalación de			

Medidas	Acciones	Actividades	Meta	Responsable	Tiempo estimado
		sensores, cámaras de vigilancia, estaciones meteorológicas, entre otros.			
	Capacitar a la población.	Es importante que la población esté capacitada y tenga conocimiento sobre los sistemas de monitoreo y alerta temprana, para que puedan tomar medidas preventivas de forma oportuna.			
	Establecer un sistema de respuesta.	Por último, se debe establecer un sistema de respuesta que permita la actuación rápida y efectiva en caso de que se presente un evento de riesgo. Este sistema debe incluir la movilización de recursos y la coordinación entre las instituciones gubernamentales y la comunidad.			
Desarrollar planes de contingencia claros y efectivos para responder ante situaciones de emergencia y desastres.	Identificar los riesgos.	Se debe realizar un análisis de los posibles riesgos a los que está expuesta la parroquia, tales como deslizamientos, inundaciones, sismos, entre otros.	Desarrollar planes de contingencia claros y efectivos para responder ante situaciones de emergencia y desastres en la parroquia Pungalá, y socializarlos periódicamente con la comunidad.		6 meses
	Establecer roles y responsabilidades.	Se deben definir claramente los roles y responsabilidades de las diferentes instituciones y actores involucrados en la implementación de los planes de contingencia.			
	Definir las medidas de prevención.	Con base en la identificación de los riesgos, se deben definir las medidas de prevención necesarias para reducir los efectos de los desastres en la parroquia.			
	Capacitar y entrenar al personal involucrado.	Es importante capacitar y entrenar al personal involucrado en la implementación de los planes de contingencia, incluyendo a las autoridades locales, el personal de emergencia, la comunidad y otros actores relevantes.		Autoridades locales y expertos en gestión del riesgo	

Medidas	Acciones	Actividades	Meta	Responsable	Tiempo estimado
	Diseñar los planes de contingencia.	Los planes de contingencia deben ser diseñados en función de los riesgos identificados y las medidas de prevención definidas. Deben incluir procedimientos claros y detallados para la evacuación, el rescate, la atención médica, el suministro de alimentos y agua, entre otros aspectos.			
	Socializar los planes de contingencia.	Los planes de contingencia deben ser socializados con la comunidad de manera clara y sencilla, de forma que puedan entender las medidas a tomar en caso de una emergencia o desastre.			
	Actualizar y evaluar los planes de contingencia.	Los planes de contingencia deben ser actualizados y evaluados periódicamente para asegurarse de que siguen siendo efectivos y adecuados a los riesgos y necesidades de la parroquia Pungalá.			

Nota: medidas propuestas para la comunidad de Pungalá

En resumen, estas recomendaciones específicas buscan mejorar la gestión del riesgo en la parroquia Pungalá, garantizando una mayor participación de la comunidad, mayor inversión en medidas de prevención y respuesta, y una mayor coordinación entre las instituciones gubernamentales y la población.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La ocurrencia de deslizamientos de tierra en la parroquia de Pungalá influyen varios factores geográficos y climáticos, como la pendiente siendo la más significativa en cuanto a la frecuencia de los desprendimientos, que se producen en el 57,71%, la alta pluviosidad también es un factor relevante, ya que se da con fuertes precipitación con 1250-1500 mm por año, la altitud y el tipo de suelo estos factores también pueden interactuar para aumentar el riesgo de desprendimientos en la zona, el nivel a susceptibilidad de la parroquia es alta con el porcentaje de 35% representado con una área 9978,71 metros cuadrados, por lo tanto, la parroquia Pungalá está en una zona de riesgo muy alta.
- La mayoría de los elementos expuestos (vías, unidades educativas y unidades de salud) están a nivel medio y no están tomando medidas de intervención ante la amenaza de deslizamiento. Esto indica una falta de conciencia y preparación por parte de las personas y las autoridades responsables. Además, es necesario promover la educación y la conciencia sobre los peligros de los deslizamientos y la importancia de la prevención, solo a través de una acción conjunta y coordinada.
- La reducción de los efectos de los deslizamientos en el área de estudio requiere de un enfoque integral que considere las condiciones de exposición a la amenaza y los elementos expuestos, por tal razón, se ha elaborado una propuesta de medidas para la implementación de actividades o medidas específicas y la asignación de responsables,

se podrá intervenir de manera efectiva y proteger a la población y sus bienes frente a esta problemática.

5.2. Recomendaciones

- La parroquia Pungalá necesita ser capacitada sobre los deslizamientos que presenta un alto porcentaje de riesgo, ya que estos ocurren en temporadas de lluvia cada año, además la intervención de un profesional en el área, que de énfasis a los resultados obtenidos.
- Para poder reducir de forma correcta la amenaza de deslizamiento en nuestra parroquia, las autoridades e instituciones locales deben trabajar de manera mutua en beneficio de la población.
- Socializar las medidas de intervención de respuesta de nuestro estudio caso a la población en las capacitaciones que desarrolle el personal que conforma el (GAD) parroquial con la finalidad de mejorar su respuesta.

Bibliografía

- Agency, E. P. (2013). *Monitoreo constante de las condiciones climaticas*.
<https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/moisture-control.pdf>
- Ambiental, I., Edith Chagñay Lema Paola Renata Ricaurte Pulgar, V., & Patricio Santillán, I. (2018). *Plan de protección de las micro cuencas maguazo y bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba*.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4607/1/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0005.pdf>
- Andocilla, L. (2012). *Implementacion Del Algoritmo De Logica Fuzzy Aplicado a La Determinacion Del Grado De Susceptibilidad a Deslizamientos En El Area Monjas-Ferroviaria-La Magdalena-Itchimbia Del Distrito Metropolitano De Quito*. 26–26.
- Arroyo, R., Bernal, E., & Sandoval, E. (2006). *Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico*.
[https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4514/1/Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4514/1/Técnicas%20de%20mitigaci3n%20para%20el%20control%20de%20deslizamientos%20en%20taludes%20y%20su%20aplicaci3n%20a%20un%20caso%20espec3fico.pdf)
- Ayala, N. C. P., & Collahuazo, O. V. G. (2014). Evaluación y zonificación de susceptibilidad y amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa en el cantón Pallatanga. In *Evaluación Y Zonificación De Susceptibilidad Y Amenazas/Peligros Por Fenómenos De Remoción En Masa En El Cantón Pallatanga, Escala 1:50.000* (Vol. 1). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2261>
- Basallo, Y., Sanchez, N., & Estrada, V. (2012). La lógica difusa para la evaluación del riesgo de seguridad informática a bases de datos. *International Journal on Soft Computing*, 3(2), 1–21. <https://doi.org/10.5121/IJSC.2012.3201>
- Botía Blaya, J. A., Valdés, M., & Valdés Vela, V. (2008). *Sistemas Difusos Lógica difusa y sistemas difusos aplicados al análisis inteligente de datos*.
https://webs.um.es/juanbot/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=clase_tia5.pdf
- Canales, F. H., Alvarado, E. L., & Pineda, E. B. (1994). Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud. *Metodología de La Investigación*, 232.
- Cantonal, P. (2017). *Plan estratégico de desarrollo cantonal Riobamba 2025*.
<https://www.epemapar.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/plandesarrollocantonal.pdf>
- Carlos, D. D. (2011). *Evaluación del Riesgo de Inundación, Sistemas de Alerta Temprana y*

- Diseño de Procesos de Lógica Humanitaria.*
[https://www.imta.gob.mx/potamologia/images/potamologia/presentaciones-v-seminario/Jueves/3 Inundaciones_Potamologia_Cdiaz_et_al_Qro_22072015_final.pdf](https://www.imta.gob.mx/potamologia/images/potamologia/presentaciones-v-seminario/Jueves/3%20Inundaciones_Potamologia_Cdiaz_et_al_Qro_22072015_final.pdf)
- Castello, M. E. P. (2015). *Evaluación de riesgos en el sector de la construcción un estudio integral en una empresa.* 1–114.
[http://dspace.umh.es/jspui/bitstream/11000/2188/1/TFM Prieto Castelló%2C Mirian Ester.pdf](http://dspace.umh.es/jspui/bitstream/11000/2188/1/TFM%20Prieto%20Castelló%20Mirian%20Ester.pdf)
- Castello, C. A. J. (2014). Determinación de la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos aplicando lógica fuzzy vs mora vahrsen, en el área monjas – Itchimbía – Panecillo, del distrito metropolitano de Quito, (dmq) y simulación en 3d. In *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 85, Issue 1).
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8471/1/T-ESPE-047846.pdf>
- Cootad. (2014). *Competencia servicio de incendios a favor gobiernos descentralizados.* 1–8. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Documento_Resolución-10-CNC.pdf
- Ecuador, M. de T. del. (2023). *Chimborazo.*
- El Comercio. (2018). *Deslizamiento de tierra afecta la vía Alausí-Guamote.*
- El Universo. (2021). *Deslizamiento de tierra deja varados a vehículos en vía Riobamba-Guaranda.*
- Esteves, C. R. (2011). *Cuaderno técnico n° 03.* 37–39.
<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1744/doc1744-contenido.pdf>
- Fema. (2021). *Planificación de mitigación de riesgos para comunidades locales.*
https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_local-planning-factsheet_spanish.pdf
- Gestión de Riesgos Ecuador, S. (2018). *Resolución Nro. SGR-105-2018.*
<https://www.refworld.org/es/pdffid/5b75e01a4.pdf>
- Gonzalez, J. F. V., & Rodríguez, J. S. C. (2020). *Reconocimiento, digitalización y caracterización visual en campo de deslizamientos en laderas o taludes. Estudio de caso Aguazul - Casanare cuenca Únete.*
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1565&context=ing_civil
- Guzmán, N., & Morales, W. (2013). *La gestión del riesgo por deslizamientos de laderas en*

ele estado de Veracruz, durante el 2013. <http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/5/2014/08/Libro-Gestion-del-Riesgo-por-Deslizamiento-de-Laderas.pdf>

Hernández-Sampieri, R. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cantitativa, Cualitativa y Mixta* (McGrawHill (ed.); Sexta Edic).

Hernández, W., & Rivas, C. (2002). *Guía para la gestión local de riesgo por deslizamientos planificación.*

<https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0171/doc0171.pdf>

Isabel Escudero, Wilian Alcoser, Roxana Mariño, Mayra Espinoza, & Janeth Jara. (2020, May 12). *Diagnóstico socioeconómico de la parroquia Pungalá.*

<http://ceaa.esPOCH.edu.ec:8080/revista.perfiles/faces/Articulos/Perfiles24Art4.pdf>

Jaramillo, G. A. G. (2012). *Aplicación de sig para el manejo de riesgos naturales en el área urbano de la ciudad de Loja.*

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1997/1/104402.pdf>

Jose Luis Cala Estupiñan. (2015). *Metodología para la aplicación de la lógica 'fuzzy' en la asignación y cuantificación de riesgos en proyectos de infraestructura social bajo la modalidad de APP.* 1–14.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17755/u714234.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lee, K. L., & Duncan, J. (1974). *Deslizamiento del 25 de abril de 1974 en el río Mantaro, Perú.* Consejo Nacional de Investigación.

León, M., de Lameda, B. L., Lameda, C., Chacon, J. G., Martínez, M. S., Rojas, J., Contreras -Velásquez, J., Graterol -Rivas, M., Wilches Durán, S., Aguirre, M., Vera, M., Cerda, M., Garicano, C., Hernández, J. D., Arias, V., Graterol, R., Chacín, M., & Bermúdez, V. (2016). Aplicación de lógica difusa y algoritmos genéticos para clasificación de tratamientos contra enfermedades neoplásicas malignas. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 35(2), 36–41.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-02642016000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Llumipanta, N. A. E. (2018). *Lección N° 4 Tema : Cálculo de amenaza , vulnerabilidad y*

- riesgos en el entorno SIG . Facilitador : Neptalí Armando Echeverría Llumipanta.*
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *Estudio de vivienda y asentamientos humanos de la Provincia de Chimborazo.*
- Ministerio de Gobierno, P. (2018). *Medidas preventivas.*
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2020). *MTOP informa sobre deslizamiento en la vía Penipe-Guaranda. Recuperado de.*
- Monica Zurita. (2016). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la zona 1, Parroquia Pungala, Provincia de Chimborazo.*
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5431/1/23T0565.pdf>
- Moreno, M. (2021). *Técnica de lógica difusa para la gestión de riesgos en proyectos ágiles de desarrollo de software.* 1–152.
https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/7073/T_MIS_559.pdf?sequence=1
- Ortiz, R., & Marrero, J. M. (2004). *Volcanico direccion general de proteccion civil y emergencias.* 1–103. <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/VLC-Guia-Riesgo-Volcanico.pdf>
- Parroquial, P. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Pungalá 2019 – 2023.* https://www.edicioneslegales-informacionadicional.com/webmaster/directorio/EE_230324-0808.pdf
- Pungalá, G. (2016). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la zona 1, parroquia Pungalá, provincia de Chimborazo.*
- Riesgos, E. de. (2021). *Evaluación de Riesgos Laborales.* 1–13.
https://www.insst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d
- Riesgos, G. de gestión de. (2016). *Guía de gestión de riesgos.*
https://www.mintic.gov.co/gestionti/615/articles-5482_G7_Gestion_Riesgos.pdf
- Rodriguez, S. S. (2012). *Metodología para la gestión del riesgo en proyectos.* 1–263.
https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/10357/52572_20120921SergioSebastianRodriguez.pdf
- Sarría, F. A. (n.d.). *Sistemas de Información Geográfica.* Retrieved June 17, 2023, from <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

- Sastre Olmos, P. (2010). *Sistemas de Información Geográfica (SIG): Técnicas básicas para estudios de biodiversidad*.
- Seguridad Publica. (2014). *Ley de seguridad pública y del estado*.
https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic5_ecu_panel5_sercopeco_1.3._ley_seg_pública.pdf
- SGR. (2018). *Secretaria de Gestion de Riegos* . <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-TÉRMINOS-DE-GESTIÓN-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf>
- Suarez, J. (n.d.). (PDF) *Deslizamientos - Solución [Jaime Suarez] | Ronald Villarreal Hinojosa - Academia.edu*. Retrieved June 14, 2023, from https://www.academia.edu/25354094/Deslizamientos_Solución_Jaime_Suarez_
- Territorial, O. (2018, March). *Ley organica de ordenamiento territorial, uso y gestion del suelo*. https://www.bivica.org/files/ley-organica-ordenamiento-territorial_Ecuador.pdf
- Theler, G. (2007). *PROYECTO INTEGRADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA NUCLEAR Controladores basados en lógica difusa y loops de convección natural caóticos*. 1–171. <https://core.ac.uk/download/pdf/35119945.pdf>
- Unidas, N. (2014). *Manual para la Evaluación de Desastres*. 2–322.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35894/1/S2013806_es.pdf
- Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica*.
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5540850/mod_resource/content/1/Livro_2.pdf
- Varnes, D. J. (1993). *Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra*.
- Vercher Gonzalez, E. (2015). *Revista Oficial de la Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*. 1–108. <https://www.seio.es/beio/BEIOVol31Num1.pdf>
- Yu-Ru, S. (2004). Convexity and Upper Semicontinuity of Fuzzy Sets. *Computers and Mathematics with Applications*, 48, 117–129.
<https://doi.org/10.1016/j.camwa.2003.10.004>
- Zeas Domínguez, R. (1999). El Deslizamiento de la Josefina “Tragedia Nacional.” *Galileo*, 1, 12.
- Zeas, F. M. S., & Orellana, D. A. M. (2018). *Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos por medio de sistemas de información geográfico, en la parroquia Bulán, cantón Paute*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21610/1/UPS->

CT009501.pdf

Anexos



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTION DEL RIESGO

TRABAJO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Le agradecemos por participar en esta encuesta diseñada para comprender mejor las percepciones y experiencias de la amenaza de deslizamiento en su comunidad. Sus respuestas son esenciales para identificar áreas de preocupación y mejorar las medidas de gestión de riesgos.

Por favor, tenga en cuenta que toda la información proporcionada es confidencial y será utilizada únicamente con fines de investigación. Sus respuestas serán procesadas de manera anónima y no se asociarán con su identidad.

Le pedimos responder de manera honesta y completa. La información que brinde contribuirá significativamente a nuestra comprensión de la problemática en Pungalá y nos permitirá tomar medidas más efectivas para garantizar la seguridad y el bienestar de sus habitantes.

Anexo 2:
Seguimiento de tutoría

Fotografía N° 1	Fotografía N° 2
	
Fotografía N° 4	
	
<p>Descripción: Conversatorio con el Dr. Moisés Arreguín al ser el tutor de titulación designado se procedió a su revisión para sus respectivos cambios y modificaciones.</p>	
Anexo 3: Levantamiento de muestra de tierra para el respectivo análisis	
Fotografía N° 5	Fotografía N° 6
	
Fotografía N° 7	



Descripción: Sustracción de la muestra del tipo de suelo para su respectivo análisis.

Anexo 4: Visita a las diferentes áreas publicas

Fotografía N° 8



Fotografía N° 9



Descripción: Dialogo sobre la falta de medidas de respuesta con el jefe de area de Gestion de riesgos del Gad Municipal Riobamba

Fotografía N° 10



Fotografía N° 11



Descripción: Visita al area tecnica de gestion de riesgos en el Gad parroquial Pungalá, donde se hablo sobre el tema y su nesecidad ante la población.

Fotografía N° 12**Fotografía N° 13**

Descripción: Primer encuentro con la directora de la unidad educativa y su delegada en el area de riesgos donde hablamos sobre la amenaza.

Fotografía N° 14**Fotografía N° 15**

Descripción: Entrevista con la jefa del sub centro de salud Pungalá

Anexo 5: Encuesta realizada a la población

Fotografía N° 16 	Fotografía N° 17 
Fotografía N° 18 	Fotografía N° 19 
Descripción: Encuestas realizadas a los moradores del sector	