



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE MASA
APLICANDO LA METODOLOGÍA MORA-VAHRSON EN LA PARROQUIA
CUTCHIL, CANTÓN SÍGSIG**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: PAOLA ESTEFANÍA JIMÉNEZ BENAVIDEZ

TUTORA: ING. ESTEFANÍA CARIDAD AVILÉS SACOTO, PhD.

Cuenca - Ecuador

2022

1

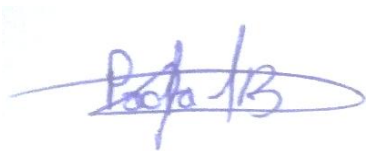
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Paola Estefanía Jiménez Benavidez con documento de identificación N° 0106940596, manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 04 de agosto del 2022

Atentamente,



Paola Estefanía Jiménez Benavidez

0106940596

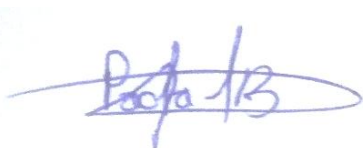
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Paola Estefanía Jiménez Benavidez con documento de identificación N° 0106940596, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: “Evaluación de la susceptibilidad a deslizamiento de masa aplicando la metodología Mora-Vahrson en la parroquia Cutchil, cantón Sígsig”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 04 de agosto del 2022

Atentamente,



Paola Estefanía Jiménez Benavidez

0106940596

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Estefanía Caridad Avilés Sacoto con documento de identificación N° 0104551395, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO DE MASA APLICANDO LA METODOLOGÍA MORA-VAHRSON EN LA PARROQUIA CATCHIL, CANTÓN SÍGSIG, realizado por Paola Estefanía Jiménez Benavidez con documento de identificación N° 0106940596, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 04 agosto del 2022

Atentamente,



Ing. Estefanía Caridad Avilés Sacoto, PhD.

0104551395

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios pues es quien está siempre a mi lado dándome fuerzas para seguir adelante, a mis padres Ángel y Narcisa que por su trabajo y sacrificio he logrado llegar hasta aquí, a mi hermana Priscila por siempre estar conmigo aconsejándome, guiándome y sobre todo su apoyo moral, a mi hermano Iván por regalarme a mis dos grandes amores, a mis primas Yadira, Verónica, a mis tíos Florinda y Vicente quienes han sido parte fundamental en este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos eternos a Dios que me acompañó a lo largo de mi vida, llenando mis pasos de mucha sabiduría, por regalarme a mi hermosa familia quienes me han acompañado y guiado con buenos valores y sobre todo el respeto a los demás, quienes me regalan los mejores consejos para ser quien soy. A mis docentes quienes desde muy pequeña hasta hoy me han regalado parte de sus conocimientos, agradezco de manera especial a la Ingeniera Estefanía Avilés por los conocimientos brindados y sobre todo la paciencia en este largo caminar.

Resumen

El presente trabajo estuvo encaminado a determinar mediante el uso de sistemas de información geográfica la susceptibilidad a deslizamientos de la Parroquia Cutchil. Para esta evaluación se realizó el análisis de susceptibilidad a deslizamiento con la metodología Mora y Vaharon que utiliza factores condicionantes referentes a la geología, geomorfología, grado de pendiente y cobertura vegetal, y factores desencadenantes con referencia a la sismicidad y las precipitaciones. Para la ejecución de mapas y el análisis del grado de susceptibilidad a deslizamiento se empleó el programa de sistemas de información geográfica Arc Map 10.6, obteniéndose como resultado de la metodología Mora Vahrson, que en el área de estudio la mayor parte geológica, corresponde a las formaciones Volcánicos Pisayambo, con una geomorfología predominante de relieve escarpado, siendo una zona media de intensidad sísmica y precipitaciones máximas diarias representadas en rangos de 10-12 mm, además los resultados del mapa de susceptibilidad a deslizamiento, muestran que la misma es de “Muy Alta” con un porcentaje representado en un 43,28 % del total, con una extensión territorial de 6.688,37 ha.

Para el análisis de vulnerabilidad de las zonas susceptibles a deslizamientos, se evaluaron 4 factores: humano, físico, preparación y socioeconómico, en donde se estableció como metodología la ejecución de encuestas a 72 personas de la parroquia de Cutchil determinadas mediante un muestreo estratificado, mayores de 18 años, quienes son representantes de los sectores propensos a deslizamientos o a su vez a personas más cercanas a los deslizamientos históricos registrados en la parroquia.

Cabe indicar que en la zona de estudio no existe un correcto manejo de la problemática presente con respecto a la susceptibilidad a deslizamiento, por lo cual se planteó una propuesta de gestión territorial, en base a los resultados obtenidos de la evaluación.

Palabras Clave: Susceptibilidad, deslizamientos, Sistemas de Información Geográfico, Mora y Vahrson.

Abstract

The present work was aimed at determining the landslide susceptibility of the Cutchil Parish through the use of geographic information systems. For this evaluation, a landslide susceptibility analysis was carried out using the Mora and Vaharon methodology, which uses conditioning factors related to geology, geomorphology, degree of slope and vegetation cover, and triggering factors related to seismicity and precipitation. For the execution of maps and the analysis of the degree of susceptibility to landslides, the geographic information systems program Arc Map 10. 6, obtaining as a result of the Mora Vahrson methodology, that in the study area most of the geological part corresponds to the Pisayambo Volcanic formations, with a predominant geomorphology of steep relief, being an average zone of seismic intensity and maximum daily rainfall represented in ranges of 10-12 mm, also the results of the landslide susceptibility map, show that it is "Very High" with a percentage represented in 43.28 % of the total, with a territorial extension of 6. 6,688.37 ha.

For the vulnerability analysis of the areas susceptible to landslides, four factors were evaluated: human, physical, preparedness and socioeconomic, where the methodology used was the execution of surveys of 72 people in the parish of Cutchil, determined by stratified sampling, over 18 years of age, who are representatives of the sectors prone to landslides or people closest to the historical landslides recorded in the parish.

It should be noted that in the study area there is no proper management of the present problem with respect to landslide susceptibility, so a proposal for territorial management was proposed, based on the results obtained from the evaluation.

Keywords: Susceptibility, landslides, Geographic Information Systems, Mora and Vahrson.

Índice de contenido

1. Introducción	1
2. Marco legal.....	15
2.1. Herramientas legales	15
Constitución de la república del Ecuador.....	15
Código Orgánico del Ambiente	¡Error! Marcador no definido.
Título III. PLANEAMIENTO DEL USO Y DE LA GESTIÓN DEL SUELO	16
3. Marco Teórico	17
3.1. Deslizamiento de masa.....	17
3.2. Susceptibilidad a deslizamientos.....	18
3.3. Factor geológico.....	18
3.4. Cobertura Vegetal	18
3.5. Sismos	19
3.6. Precipitación.....	19
3.7. Sistemas de Información Geográfico	19
3.8. Metodología de Mora-Vahrson para la determinación de deslizamientos de tierra	19
4. Materiales y métodos	20
5. Metodología	22
5.1. Delimitación del área de estudio.....	22
5.2. Metodología Mora-Vahrson	23
5.2.2. Susceptibilidad por factores desencadenantes	24
6. Resultados	28
6.1. Susceptibilidad por factores condicionantes	28
6.1.1. Factor Geológico	28

6.1.2.	Factor Geomorfológico.....	30
6.1.3.	Factor Pendiente	31
7.1.1.	Factor de Cobertura vegetal.....	33
7.2.	Susceptibilidad por factores desencadenantes	34
7.2.1.	Factor de Sismicidad	35
7.2.2.	Factor de Precipitaciones.....	36
	Mapa de Precipitación de la parroquia Cutchil	36
7.3.	Susceptibilidad a deslizamiento.....	37
7.4.	Verificación y validación de deslizamientos y hundimientos históricos registrados 39	
7.5.	Análisis de Vulnerabilidad de las zonas susceptibles a deslizamientos	44
8.	Discusión.....	63
9.	CONCLUSIONES	64
10.	Recomendaciones	65
11.	Propuestas de gestión Territorial	56
11.1.	METODOLOGÍA.....	57
11.1.1.	Definición de la propuesta	57
11.1.2.	Beneficiarios de la propuesta de proyecto denominado mitigación de deslizamientos en la parroquia Cutchil.....	57
11.1.3.	Propuesta de gestión territorial de la parroquia Cutchil	58
11.1.4.	Zonas de protección absoluta	59
11.1.5.	Zona Pecuaria	59
11.1.6.	Zona Agropecuaria	60
11.1.7.	Áreas urbanas de expansión destinadas al desarrollo urbanístico	60
11.1.8.	RECOMENDACIONES	63
12.	Bibliografía.....	67

13. Anexos.....	72
-----------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1: Porcentaje de los parámetros.....	25
Tabla 2: Parámetros de calificación de la susceptibilidad a deslizamientos	26
Tabla 3: Caracterización de pendientes	32
Tabla 4: Deslizamientos históricos de la parroquia Cutchil.....	39
Tabla 5: División Política de la parroquia Cutchil	44
Tabla 6: Niveles de confianza	45
Tabla 7: Desviación Típica.....	46
Tabla 8: Acciones propuestas.....	61
Tabla 9: Base de datos de personas encuestadas	79

Índice de Figuras

Figura 1: Tipos de movimientos de masa.....	17
Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología.....	21
Figura 3: Mapa de delimitación de la parroquia Cutchil.....	23
Figura 4: Diagrama de flujo del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.....	26
Figura 5: Distribución de formaciones Geológicas	29
Figura 6: Mapa Geológico de la parroquia de Cutchil	29
Figura 7: Distribución Geomorfológica en la parroquia de Cutchil.....	30
Figura 8: Mapa Geomorfológico de la parroquia de Cutchil	31
Figura 9: Rango de Pendientes correspondientes a la parroquia de Cutchil	32
Figura 10: Mapa de Pendientes de la parroquia Cutchil.....	33
Figura 11: Cobertura vegetal de la parroquia Cutchil	34

Figura 12: Mapa de cobertura vegetal del suelo.....	34
Figura 13: Distribución de intensidad sísmica	35
Figura 14: Mapa de Intensidad Sísmica de la parroquia de Cutchil.....	35
Figura 15: Distribución de la precipitación de Cutchil	36
Figura 16: Mapa de precipitación de la parroquia Cutchil.....	37
Figura 17: Distribución de la susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia Cutchil.....	38
Figura 18: Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Cutchil.....	38
Figura 34: Noción de deslizamientos históricos en Cutchil	49
Figura 35: Conocimiento de la población de la Situación Actual sobre la susceptibilidad a deslizamientos	49
Figura 36: Afectación por deslizamientos	50
Figura 37: Obras de Inversión	51
Figura 38: Conformidad con el sistema de alcantarillado en la parroquia Cutchil	52
Figura 39: Participación ciudadana en capacitaciones	52
Figura 40: Medidas de conocimiento ya tomadas	53
Figura 41: Afectación económica a la parroquia.....	54
Figura 42: Campos Afectados en la economía	54
Figura 43: Medidas necesarias que consideran necesarias.....	55
Figura 44: Acciones Propuestas	56
Figura 45: Uso de suelo frente a la susceptibilidad presente en Cutchil	58
Figura 46: Zonas de protección absoluta.....	59
Figura 47: Zona Pecuaria.....	59
Figura 48: Zona Agropecuaria.....	60
Figura 49: Áreas urbanas de expansión destinadas al desarrollo urbanístico.....	60

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Índice de susceptibilidad	23
Ecuación 2: Factores condicionantes.....	24
Ecuación 3: Factores desencadenantes	24
Ecuación 4: Tamaño de la muestra buscado.....	44
Ecuación 5: Error de estimación.....	45
Ecuación 6: Desviación Típica.....	46
Ecuación 7: Varianza.....	46
Ecuación 8: Muestreo aleatorio	47

1. Introducción

En los últimos años, el ser humano ha desarrollado un cierto grado de vulnerabilidad en el proceso de desarrollo económico, aumentando los riesgos de las actividades sociales y económicas. Bajo estas condiciones ambientales geológicas, los deslizamientos constituyen peligros geológicos (Almaguer-Carmenates, Rodríguez-Díaz, del Rosario-Moradas, & Aguilar-Sánchez, 2014). La investigación muestra que, con el aumento en la era del cambio climático global y la intensidad de las actividades humanas, la frecuencia de los deslizamientos de tierra aumenta, y el desarrollo urbano, la construcción de infraestructura, representan una amenaza para el entorno geológico, lo que lleva a la reactivación de los antiguos deslizamientos. (Jiao, y otros, 2019)

La identificación y zonificación de amenazas es parte de la primera y más importante tarea en el contexto de la prevención y mitigación en la gestión de riesgos, aunque actualmente se proponen diversas técnicas para este fin, la tarea más difícil es la selección que permita obtener los resultados más precisos. (Suárez, Peraldo, Badilla, & Obando, 2009).

Por otra parte, se mencionó que los fenómenos naturales de movimientos a gran escala a lo largo de los Andes dependen, además de la topografía, la sismicidad, la meteorización y las fuertes lluvias, de las condiciones topográficas, geológicas y climáticas que prevalecen en varias partes de la macroforma. (Rodríguez, Tapia, & Albornoz, 2014)

A partir de estos eventos, este estudio tiene como objetivo comprender las principales causas de los deslizamientos, tomando como referencia de investigación la Parroquia de Cutchil, perteneciente al cantón Sígsig, en la provincia del Azuay, caracterizada por una superficie alta, que va de los 3.001 a los 3.400 metros sobre el nivel del mar, con suelos inestables, con problemas de deslizamientos y hundimientos en toda la superficie, probablemente debido a la gran elevación de la mayor parte de su terreno, que es afectado principalmente por sustancias erosivas como el agua y el viento. (Ordóñez & Sumba, 2011). Con este estudio, se busca identificar las áreas propensas a deslizamientos de tierra de la Parroquia de Cutchil para ayudar con la gestión territorial como una medida necesaria para beneficiar al sector vulnerable. Identificar la clasificación de amenazas, áreas de alto impacto ante deslizamientos y ante la ocurrencia de estos fenómenos, y generar información relevante para una mejor toma de decisiones en la planificación de proyectos estructurales.

Por lo tanto, utilizaremos la metodología de Mora-Vahrson como técnica para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos, combinando factores condicionantes y desencadenantes, y utilizando SIG como herramienta para obtener resultados.

2. Marco legal

2.1. Herramientas legales

Constitución de la república del Ecuador

TITULO II: CAPITULO SEGUNDO

Artículo. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.”

Sección novena

Gestión del riesgo

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley (Constitución del Ecuador, 2008).

LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

ASAMBLEA NACIONAL

EL PLENO: CONSIDERANDO

Artículo 415.- “De la Carta Fundamental dispone que el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados deberán adoptar políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso de suelo, que permitan regular el crecimiento

urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes” (LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO, 2016).

Título III. PLANEAMIENTO DEL USO Y DE LA GESTIÓN DEL SUELO

Capítulo I. SUELO

Sección I. CLASIFICACIÓN Y SUB CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Artículo 16.- “Suelo. El suelo es el soporte físico de las actividades que la población lleva a cabo en búsqueda de su desarrollo integral sostenible y en el que se materializan las decisiones y estrategias territoriales, de acuerdo con las dimensiones social, económica, cultural y ambiental”.

Artículo 17.- “Clases de suelo. En los planes de uso y gestión de suelo, todo el suelo se clasificará en urbano y rural en consideración a sus características actuales. La clasificación del suelo es independiente de la asignación político-administrativa de la parroquia como urbana o rural”.

Artículo 18.- “Suelo Urbano. El suelo urbano es el ocupado por asentamientos humanos concentrados que están dotados total o parcialmente de infraestructura básica y servicios públicos, y que constituye un sistema continuo e interrelacionado de espacios públicos y privados. Estos asentamientos humanos pueden ser de diferentes escalas e incluyen núcleos urbanos en suelo rural. Para el suelo urbano se establece la siguiente sub clasificación:

Suelo urbano consolidado. Es el suelo urbano que posee la totalidad de los servicios, equipamientos e infraestructuras necesarios, y que mayoritariamente se encuentra ocupado por la edificación.

Suelo urbano no consolidado. Es el suelo urbano que no posee la totalidad de los servicios, infraestructuras y equipamientos necesarios, y que requiere de un proceso para completar o mejorar su edificación o urbanización.

Suelo urbano de protección. Es el suelo urbano que, por sus especiales características biofísicas, culturales, sociales o paisajísticas, o por presentar factores de riesgo para los asentamientos humanos, debe ser protegido, y en el cual se restringirá la ocupación según la legislación nacional y local correspondiente. Para la declaratoria de suelo urbano de

protección, los planes de desarrollo y ordenamiento territorial municipales o metropolitanos acogerán lo previsto en la legislación nacional ambiental, patrimonial y de riesgos.

Para la delimitación del suelo urbano se considerará de forma obligatoria los parámetros sobre las condiciones básicas como gradientes, sistemas públicos de soporte, accesibilidad, densidad edificatoria, integración con la malla urbana y otros aspectos” (LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO, 2016).

3. Marco Teórico

3.1. Deslizamiento de masa

Un deslizamiento de tierra se define como el movimiento de masa, escombros o suelo por una pendiente bajo la influencia de la gravedad. La susceptibilidad a deslizamientos de tierra es el concepto de determinar la probabilidad de deslizamientos de tierra en un área en función de un conjunto de factores de control (es decir, geología, pendiente, uso del suelo, cobertura del suelo, etc.). La zonificación sensible a deslizamientos de tierra se ha implementado ampliamente en todo el mundo para delinear áreas propensas a deslizamientos de tierra utilizando sensores remotos y sistemas de información geográfica (Suárez J. , 1998). Los movimientos en masa tienen categorías y se clasifican de diferentes formas, de las cuales la clasificación más utilizada desde su creación hasta la actualidad es la de "Hutchinson", que reconoce ocho grupos de movimientos en masa, tales como, movimientos de rebote, creep, hundimiento, deslizamiento, fragmentación, zozobra, caída. (Montero Olarte, 2017)

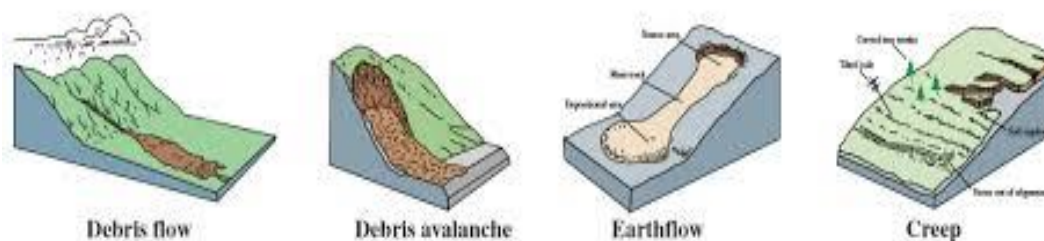


Figura 1: *Tipos de movimientos de masa*

Fuente: (BARRIOS, 2017)

3.2. Susceptibilidad a deslizamientos

Los niveles de susceptibilidad son distribuciones geoespaciales que funcionan según conceptos estructurales, topográficos, geométricos, estadísticos, matemáticos y físicos, representados por objetos espaciales y mapas. Por lo tanto, los estudios de sensibilidad pueden determinar dónde y cuándo ocurren los deslizamientos, convirtiéndose en un factor importante en la toma de decisiones en la gestión territorial (Osorio, 2019)

La sensibilidad de los suelos al movimiento depende del estado del medio físico y elementos que son esenciales en la ocurrencia, como la geología, la pendiente, la topografía, el uso del suelo y otros criterios en un gran número de terrenos y superficies. Estas son posibilidades de la tendencia del suelo a deslizarse. (Navarro Vidal, 2012)

3.3. Factor geológico

Los factores geológicos que se deben considerar al evaluar las amenazas de deslizamientos de tierra son aquellos que controlan e influyen en los cambios geotérmicos profundos en función de la temperatura geotérmica y la conductividad térmica litológica. (Yang, Han, & Li, 2020)

3.4. Cobertura Vegetal

La vegetación es la variabilidad de especies de plantas en un lugar, y es un elemento indicador del estado o condición en que se mantiene y se encuentra un ecosistema. Además del uso antropogénico del ambiente biofísico de un área, la cobertura vegetal y el uso de la tierra constituyen una colección de plantas nativas e introducidas. La cubierta vegetal es una de las manifestaciones más importantes del paisaje natural y cultural de un territorio (Velázquez, Duran, Larrazábal, López, & Medina, 2010). Por otro lado, se refiere a los diferentes tipos de vegetación que existen en un área determinada debido a la influencia del clima, la topografía, las condiciones del suelo y las características socioeconómicas y culturales de la población local. Esto incluye todo lo que ocupa el espacio de la superficie terrestre, formando ecosistemas y su comprensión. Esto es crucial para la planificación territorial a la hora de definir, mapear e identificar unidades ecológicas, áreas de riesgo, sostenibilidad económica, intervención humana en los espacios naturales, especialmente por su impacto en la formación y evolución del suelo. (GEOTRIE SAS, 2019).

3.5. Pendiente del terreno

La pendiente del terreno es un factor importante ya que, controla o interfiere con la sensibilidad ambiental. La pendiente está relacionada con la morfología y la dinámica del suelo. Existen varias formas para clasificarlos o estratificarlos según su geometría, es decir, la pendiente constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el suelo (Orozco, 2010).

3.6. Sismos

Los terremotos están relacionados con la amenaza sísmica, que se define como la probabilidad de que ocurra un movimiento de cierta intensidad en un área dentro de un período de tiempo específico, causando daños en el sitio del epicentro. (Benito Oterino, 2013).

3.7. Precipitación

La presencia de precipitaciones en un lugar y espacio tiene un efecto directo sobre la humedad del suelo, por lo que un aumento de las precipitaciones se traducirá a, una mayor retención y filtración de las mismas, dando como resultado un aumento de la humedad del suelo. Incremento la inseguridad y probabilidad de resquebrajadura de las pendientes (Valverde, 2010)

3.8. Sistemas de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica se define como una herramienta de sistema que permite el almacenamiento de datos espaciales para la consulta, manipulación y representación de datos espaciales en el campo de la investigación cartográfica. GIS está representado por una vista de mapa mundial respaldada por un espacio absoluto proporcionado por un sistema de coordenadas cartesianas obtenidas de un sistema de proyección. Los SIG son una herramienta fundamental para la realización de estudios de planificación territorial o evaluación de impacto ambiental. (Sarría, 2006)

3.9. Metodología de Mora-Vahrson para la determinación de deslizamientos de tierra

La metodología de Mora-Vahrson es un técnica para determinar la susceptibilidad a deslizamientos, la cual se basa en la combinación de parámetros obtenidos de observaciones

y mediciones de indicadores morfodinámicos, los cuales están determinados por el índice de influencia para cada área, y que pueden ser utilizados en un sistema de información geográfica (SIG), ya que los procesos de mapeo de peligros y susceptibilidad a deslizamientos de tierra se pueden automatizar, dado la creciente disponibilidad de conjuntos de datos GIS espaciales de alta resolución, sensores remotos y computadoras con capacidades de procesamiento grandes y rápidas, minimizando así la carga de trabajo. Sonker, Tripathi, & Singh, (2021). Para obtener un mapa de potencial a deslizamientos se considera el indicador morfodinámico (geomórfico), que es la sensibilidad esencial a los deslizamientos, determinada por una combinación de factores de pendiente, factores litológicos, factores que representan las condiciones de humedad relativa del suelo y factores desencadenantes como los factores sísmicos e intensidad de precipitación (lluvia) (Mora & Vahrson, 1994).

4. Materiales y métodos

Existen diferentes metodologías o métodos para conocer o identificar las zonas con susceptibilidad a deslizamientos, entre ellos están los métodos conocidos teóricamente como el heurístico y el estadístico.

El método heurístico utiliza la cartografía de los movimientos en masa y su contenido geomorfológico para realizar su estudio y clasificar su susceptibilidad, ya que los autores manifiestan que el estudio de movimientos de masa y su contexto geomorfológico son el principal elemento para la determinación de amenazas (Segura, Badilla, & Obando, 2011).

Otra de las metodologías utilizadas y la cual utilizaremos en este estudio, es la de Mora-Vahrson, que utiliza una combinación cualitativa de mapas, mediante la composición de varios factores y parámetros, los cuales se detectan en la medición de indicadores morfodinámicos y su distribución espacio-temporal. (Segura et al., 2011). Es decir, estos parámetros nos permiten determinar la inestabilidad de la tierra, la humedad del suelo y el grado de pendiente de la pendiente, provocadas por factores pasivos y factores activos como las lluvias, las cuales alteran el equilibrio del suelo.

Por tanto, para la respectiva investigación, se ha desarrollado un diagrama de flujo, para detallar y facilitar el procedimiento a seguir para la obtención de los resultados como se detalla en la Figura 2.

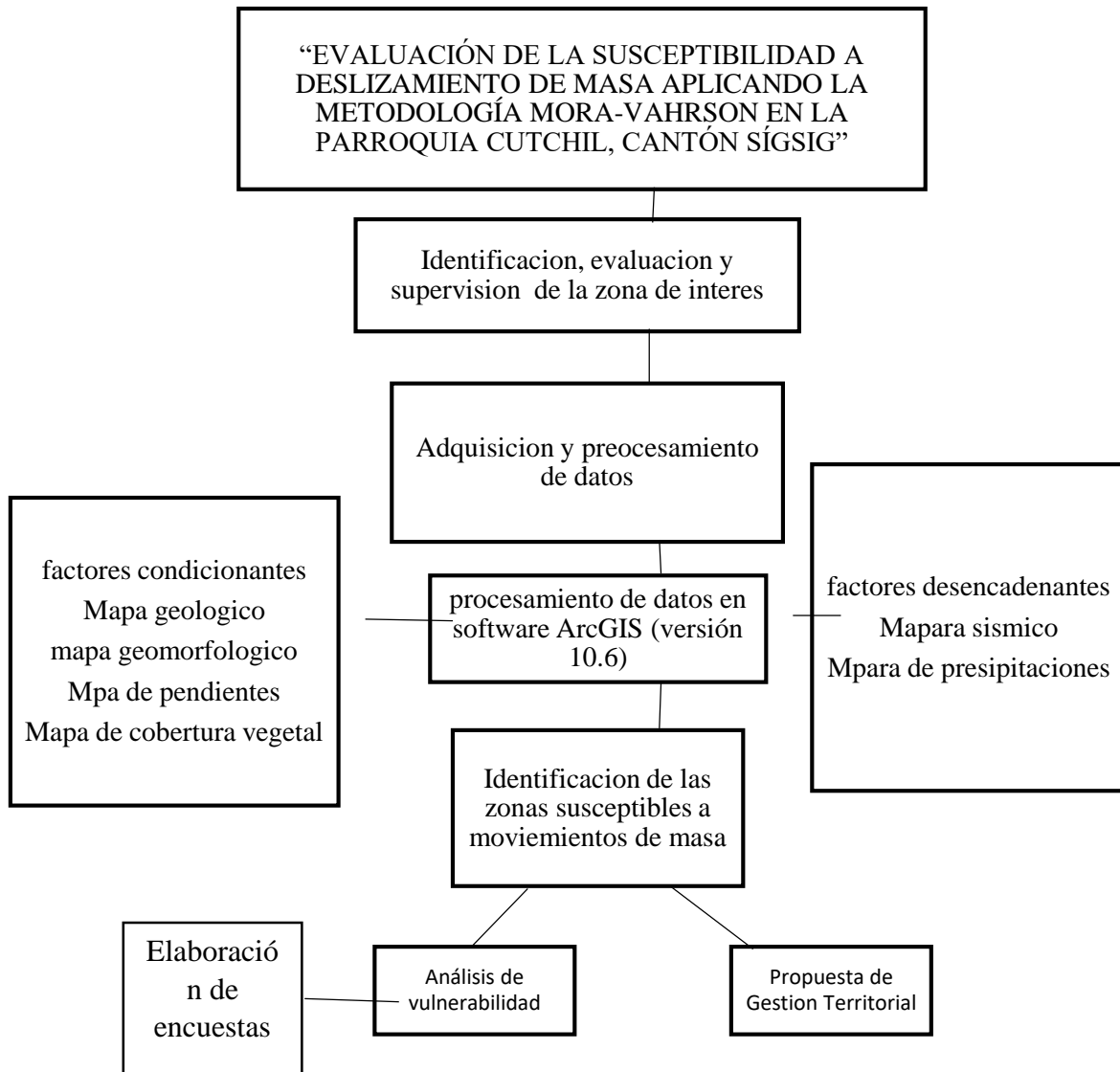


Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología

Fuente: Elaboración Propia.

5. Metodología

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la Parroquia de Cutchil se elaboró utilizando el método de Mora y Vahrson (1994) utilizando la base de datos IERSE proporcionada por el Instituto de Estudios del Régimen Seccional del Ecuador, se utilizaron los programas ArcGIS en particular la versión 10.6, para su definición, modelado, análisis y presentación. El software ArcMap, utilizando herramientas de selección y extracción, generó el ShapeFile resultante, posteriormente se ajustó el sistema de coordenadas al área UTM (Universal Transverse Mercator) 17 S y datum WGS84 (World Geodesic System 1984).

5.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio se ubica en la parroquia Cutchil perteneciente al cantón Sigsig, en la parte sureste del cantón. La parroquia se ve como una puerta hacia el oriente, gracias a la entrada de la vía Sigsig-Gualaquiza, se extiende sobre un área de unos 138.9 kilómetros cuadrados, o el 21.1% del territorio del cantón, bordea el contorno al norte y al sur limitando con la parroquia de Gima, al este con las parroquias de Chigüinda y Bermejos pertenecientes al cantón de Gualaquiza, y al oeste con la parroquia de Ludo. El área de la parroquia de Cutchil está formada por tierras altas entre los 3.001 y 3.400 metros sobre el nivel del mar. (Ordóñez & Sumba, 2011)

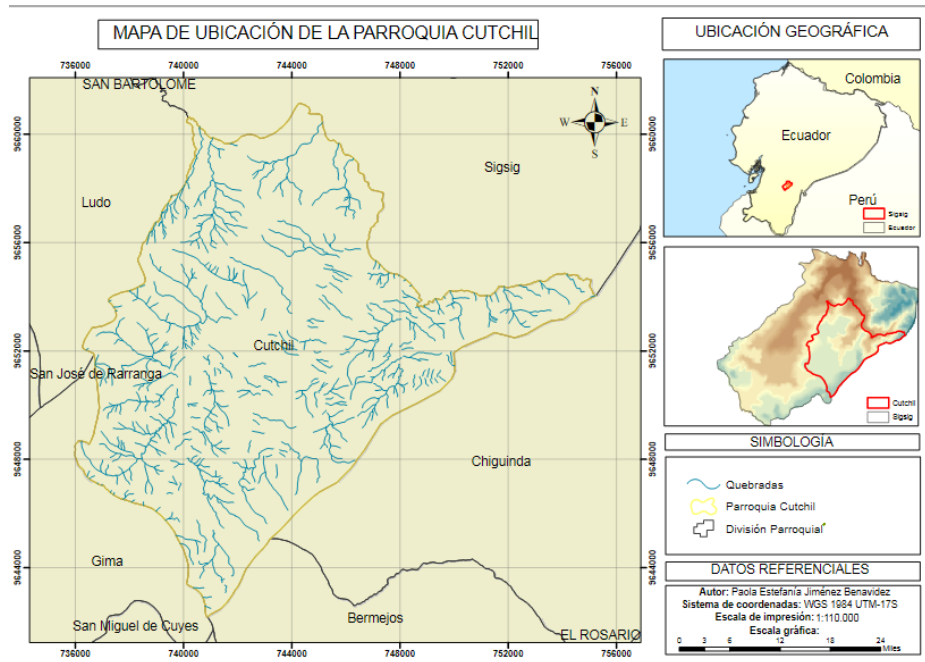


Figura 3: Mapa de delimitación de la parroquia Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Metodología Mora-Vahrson

El método se basa en la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos establecida por Mora-Vahrson, en la que se aplica una combinación de parámetros, desarrollados a partir del proceso cartográfico del sistema en el que se basa este estudio, obtenidos a partir de la observación y adquisición de la base de datos proporcionada por Instituto de Estudios del Régimen Seccional del Ecuador IESE.

Después de evaluar y supervisar el área de estudio, se prepararon los materiales pertinentes, se realizó una evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra y se mapearon utilizando la geología, la forma del terreno, la pendiente y la cubierta vegetal y otros factores condicionales, y haga referencia a los factores desencadenantes, la actividad sísmica y la lluvia.

5.2.1. Susceptibilidad por factores condicionantes

Se desarrolló el mapa de zonificación de las áreas propensas a deslizamientos, con base en las ecuaciones que se detallan a continuación:

Ecuación 1: Índice de susceptibilidad

$$S = Fc + Fd$$

Donde:

S: Índice de susceptibilidad

Fc: Factores condicionantes

Fd: Factores desencadenantes

El factor condicionante (Fc) se determinó mediante la Ecuación 2, donde se realizaron mapas de geología, geomorfología, cobertura vegetal y mapas de pendiente del área de estudio, el cual se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 2: Factores condicionantes

$$Fc = (geo * 0.3) + (gmor * 0.2) + (cbve * 0.2) + (pen * 0.3)$$

Donde:

Fc: Factores condicionantes

geo: Geología

gmor: Geomorfología

cbve: Cobertura

pen: Pendiente

5.2.2. Susceptibilidad por factores desencadenantes

Los parámetros correspondientes a los factores desencadenantes consisten en sismicidad e intensidad de lluvia.

Ecuación 3: Factores desencadenantes

$$Fd = (sis * 0.3) + (pre * 0.7)$$

Donde:

Fd: Factores desencadenantes

sis: Sismicidad

pre: Precipitación

Fuente: (López, Zuluaga, Gómez, & Tapia, 2020)

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad se consideraron parámetros relacionados con los porcentajes recomendados por los métodos de Mora y Vahson descritos en la Tabla 1.

Tabla 1: Porcentaje de los parámetros

Tipo	Parámetro	Porcentual (%)
Condicionantes	Geología	30
	Geomorfología	20
	Pendiente	30
	Cobertura Vegetal	20
Desencadenantes	Precipitación	70
	Fallas Geológicas (Sismicidad)	30

Fuente: (Mora & Vahrson, 1994)

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos se elaboró utilizando el siguiente esquema que se muestra en la Figura 4.

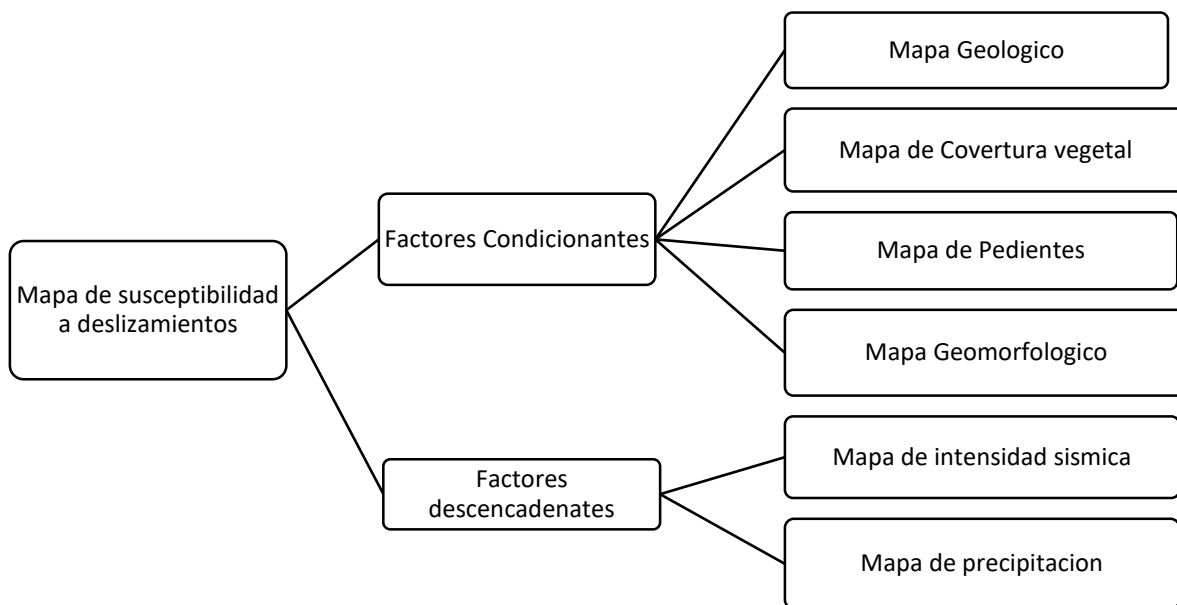


Figura 4: Diagrama de flujo del mapa de susceptibilidad a deslizamientos

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3. Calificación de Susceptibilidad a deslizamientos

Para indicar la susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Cutchil se consideraron los siguientes parámetros determinados en el método de Mora y Vahrson detallados en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros de calificación de la susceptibilidad a deslizamientos

Clase	Calificativo de susceptibilidad deslizamientos	de Características a
I	Muy baja	Sectores estables, no se requieren medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales,

		centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc.
II	Baja	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado.
III	Moderada	No se recomienda la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, reforestación, entre otros. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendable para usos agropecuario.
IV	Alta	Probabilidad de deslizamiento alta (< 50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Para su utilización se deben realizar estudios estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.

Fuente: (Mora & Vahrson, 1994)

6. Resultados

Para los estudios de susceptibilidad a deslizamientos, se realizó un análisis del mapa generado por los factores condicionantes y desencadenantes directamente relacionados con el comportamiento de la unidad geológica en estudio. Los factores condicionales utilizados fueron la geología, la topografía, la pendiente y la cobertura vegetal, así como los desencadenantes de la actividad sísmica y la precipitación.

6.1. Susceptibilidad por factores condicionantes

Los parámetros que corresponden a estos factores condicionantes están compuestos de la siguiente manera:

- Factor Geológico
- Factor Geomorfológico
- Factor Cobertura Vegetal
- Factor Pendiente

6.1.1. Factor Geológico

Para los factores geológicos del área de estudio, de acuerdo a los parámetros que muestran las estadísticas generadas a partir del mapa geológico, la mayor parte del territorio incluyendo la Parroquia de Cutchil está conformado por la unidad geológica volcánica Pisayambo con una superficie de 74.705.318.543 kilómetros cuadrados aproximadamente (7.470,5 hectáreas), esta unidad se caracteriza por presentar gruesas brechas, aglomerados, toba, lava basáltica y andesita, inmediatamente siguiendo el territorio de esta unidad se encuentra la unidad geológica Chigüinda, la cual se caracteriza por formaciones rocosas, seguida por la geológica formación de la Unidad Tres Lagunas, con una extensión territorial de 29.136.069,648 kilómetros cuadrados (2.913,59 hectáreas), caracterizada por una geología metagranítica con auges de cuarzo, gneis amarillos con sericita. Por último, la Unidad Alao-Paute con una extensión territorial de 10.813.523,896 kilómetros cuadrados (1.081,3 ha), esta unidad se caracteriza por poseer tipos de roca tales como los esquistos verdes micáceos, filitas verdes grafíticas, metavolcánicos verdes.

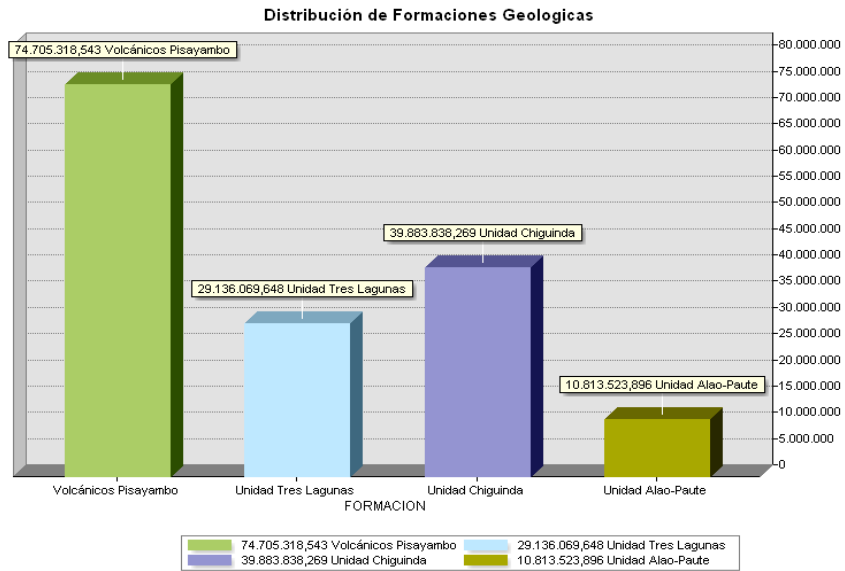


Figura 5: *Distribución de formaciones Geológicas*

Fuente: Elaboración Propia

Mapa Geológico de la parroquia Cutchil

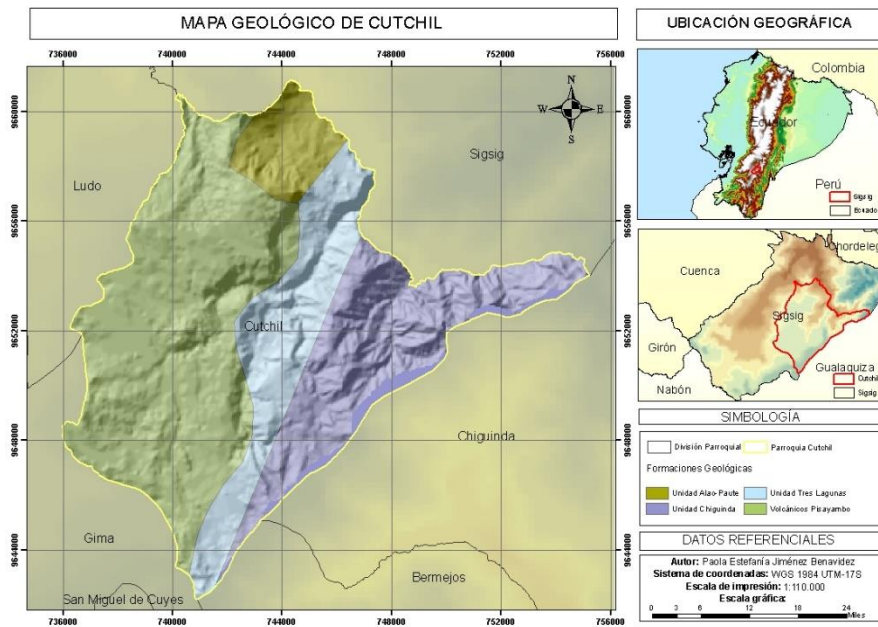


Figura 6: *Mapa Geológico de la parroquia de Cutchil*

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2. Factor Geomorfológico

En cuanto a la geomorfología del área de estudio se determinó que predomina el relieve escarpado con una superficie de 95.887.432,58 m² (9.588,7 hectáreas) o el 61,19 % del territorio, seguido de la presencia de colinas medianas con una superficie de aproximadamente 35.866.627,57 m² (3.586,6 hectáreas), lo que representa el 22,89% del área de estudio, por otro lado, la presencia de relieves montañosos es de aproximadamente 11.534.552,5 metros cuadrados (1.153,4 hectáreas), con una tasa de extensión territorial del 7,36%, dentro de la extensión geomorfológica de la región, hay 12.584.640,25 metros cuadrados (1.258,40 hectáreas) de vertientes convexas representadas en un porcentaje del de 8,03%. Las vertientes cóncavas, también determinada dentro del rango geomórfico, tiene una superficie de 456.214,676 metros cuadrados (45,6 hectáreas), con un porcentaje de 0,29 %,

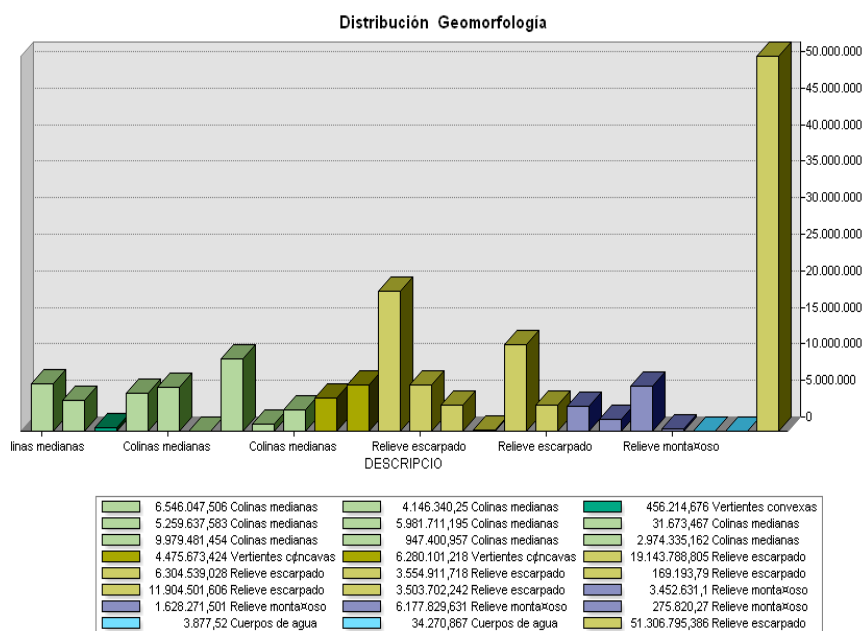


Figura 7: Distribución Geomorfológica en la parroquia de Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

Mapa Geomorfológico de la parroquia Cutchil

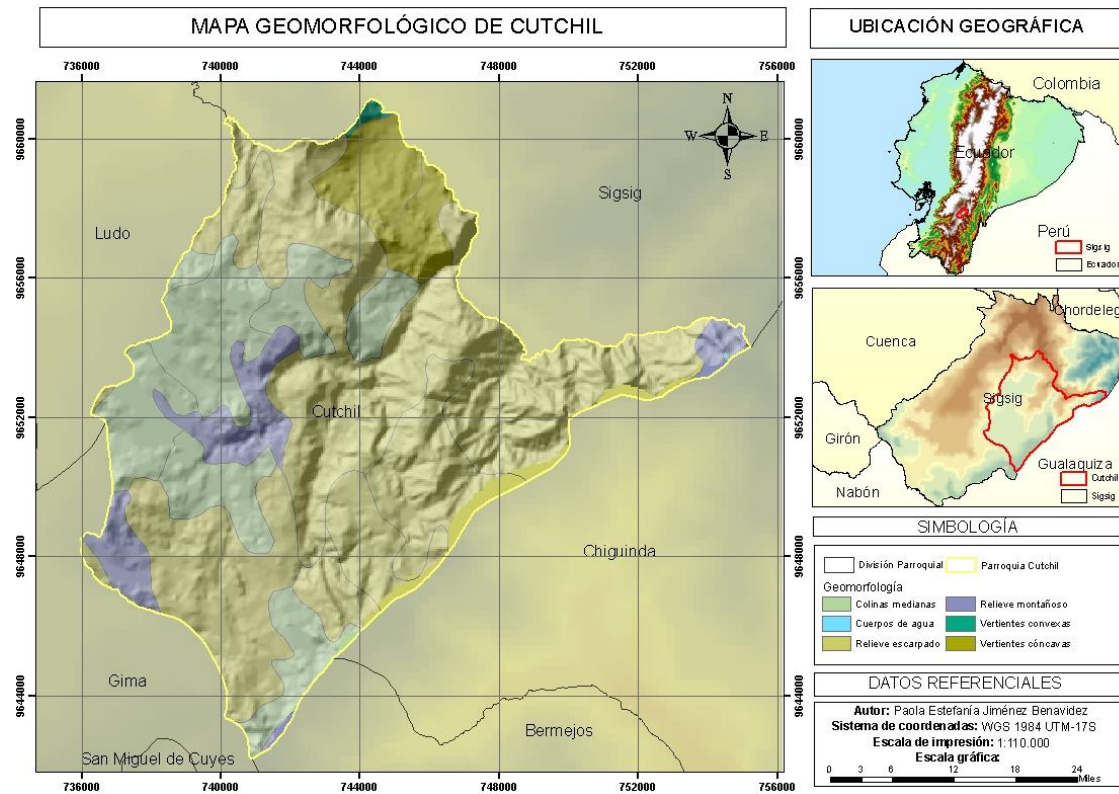


Figura 8: Mapa Geomorfológico de la parroquia de Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

6.1.3. Factor Pendiente

La parroquia de Cutchil se caracteriza por tener pendientes bajas, moderadas y medias, como se muestra en la Tabla 3. La zona de pendiente baja corresponde a las áreas protegidas que bordean las parroquias de Ludo y Gima, mientras que las zonas de pendiente moderada y pendiente media están conectadas con las parroquias orientales de Bermejos y Chigüinda y el área urbana de la parroquia, que vale la pena considerar por la pendiente. El rango presente es igual a la probabilidad de un deslizamiento, y cuando la pendiente aumenta, el riesgo de deslizamientos es mayor, lo que pone en alerta a la comunidad.

Tabla 3: Caracterización de pendientes

Factor de pendiente	de Clasificación	Rango de pendientes	de Superficie topográfica
0	Muy bajo	0-25,16	Terreno llano
1	Bajo	25,17-58,19	Terreno inclinado con pendientes suaves
2	Moderado	58,20-91,22	Pendiente moderada
3	Medio	91,23-127,40	Pendiente fuerte
4	Alto	127,41-173,01	Pendiente muy fuerte o escarpado
5	Muy Alto	173,02-401,07	Terreno muy escarpado

Fuente: Elaboracion Propia

Pendientes

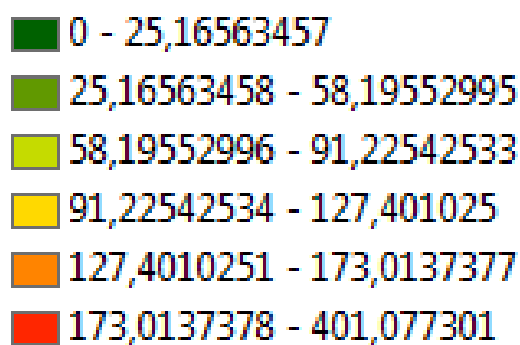


Figura 9: Rango de Pendientes correspondientes a la parroquia de Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

Mapa de pendientes de la parroquia

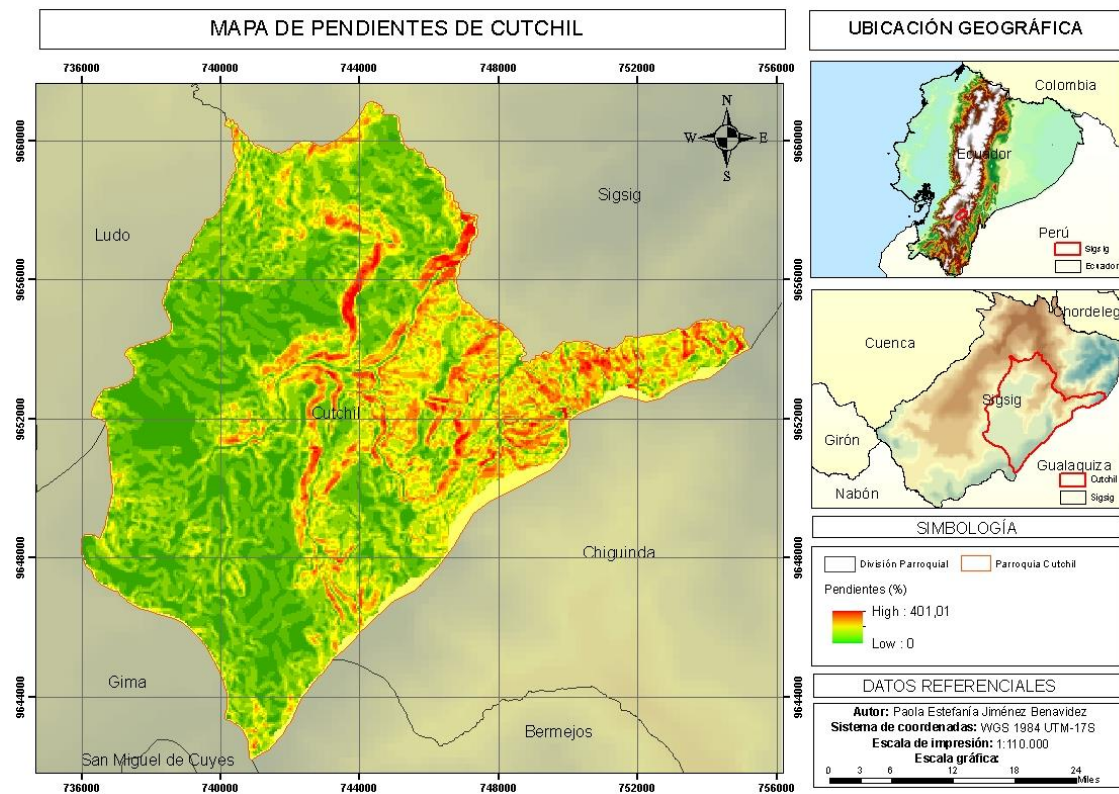


Figura 10: Mapa de Pendientes de la parroquia Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

6.1.4. Factor de Cobertura vegetal

En la figura 11 se puede apreciar con mayor claridad el análisis gráfico de la cobertura vegetal de la zona, donde se determinó que predomina los páramos con una superficie de 82.010.223,72 metros cuadrados (8.201,02 hectáreas), seguido de pastos y cultivos con una superficie de 16.079.806,87 metros cuadrados (1.607,98 hectáreas); continuando, obteniéndose vegetación arbustiva y herbácea, con una superficie aproximada de 10.773.430,69 metros cuadrados (1.077,34 hectáreas); seguido de cultivos de ciclo corto, con una superficie de 10.241.709,88 metros cuadrados (1.024,17 hectáreas).); por otro lado, se obtuvo bosques de intervención, el área consta de 6.401.804,124 metros cuadrados (6.401,8 ha), seguido del Páramo con vegetación arbustiva, que tiene un área de 4.171.419,334 metros cuadrados (417,14 ha), y por último se obtiene el área más pequeña correspondiente a un cuerpo de agua natural con una superficie de 3.724,69 metros cuadrados (0,372 ha).

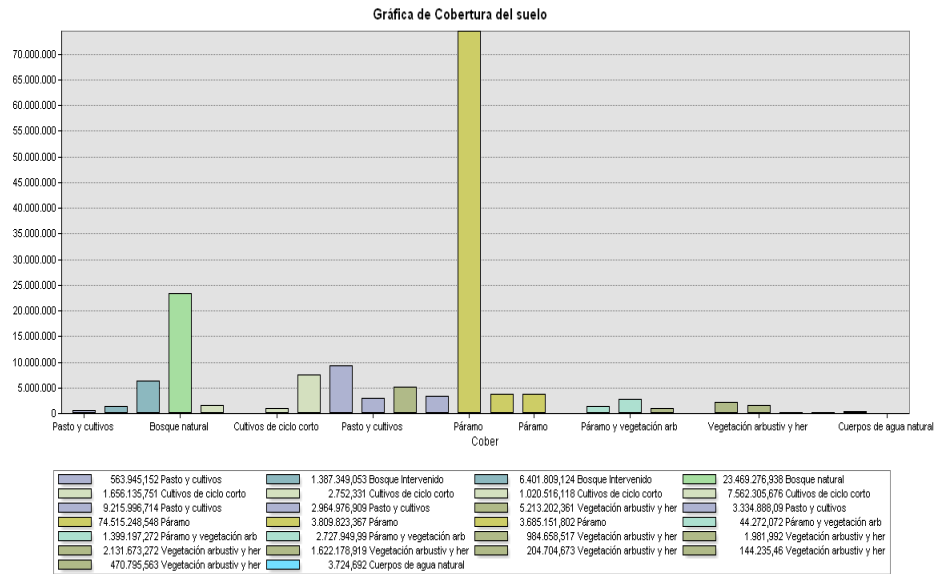


Figura 11: Cobertura vegetal de la parroquia Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

Mapa de la cobertura vegetal de la parroquia de Cutchil



Figura 12: Mapa de cobertura vegetal del suelo

Fuente: Elaboración Propia

6.2. Susceptibilidad por factores desencadenantes

- Factor sísmico
- Factor de precipitación

6.2.1. Factor de Sismicidad

Es posible determinar el factor de sismicidad en base al mapa de intensidad sísmica correspondiente a la Parroquia de Cutchil, tomando en cuenta la información de sismicidad del Ecuador y la zona de estudio, obteniendo así el grado de sismicidad promedio, y determinando además que el terreno es propenso a deslizamiento, existiendo una relación con otras combinaciones de factores existentes ya mencionados.

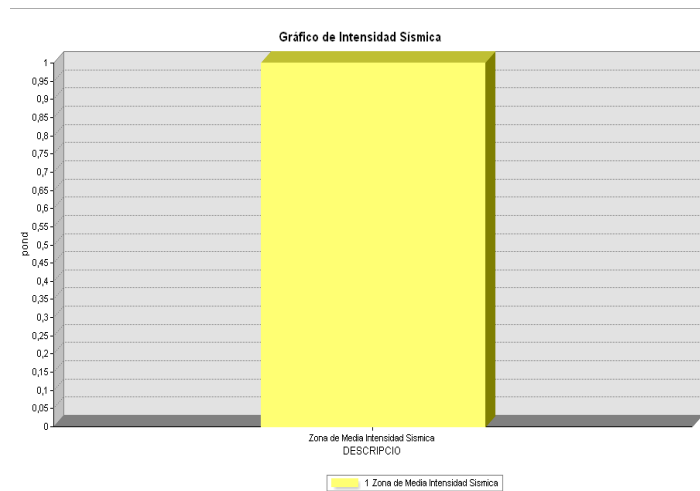


Figura 13: *Distribución de intensidad sísmica*

Fuente: Elaboración Propia

Mapa de intensidad sísmica de la parroquia Cutchil

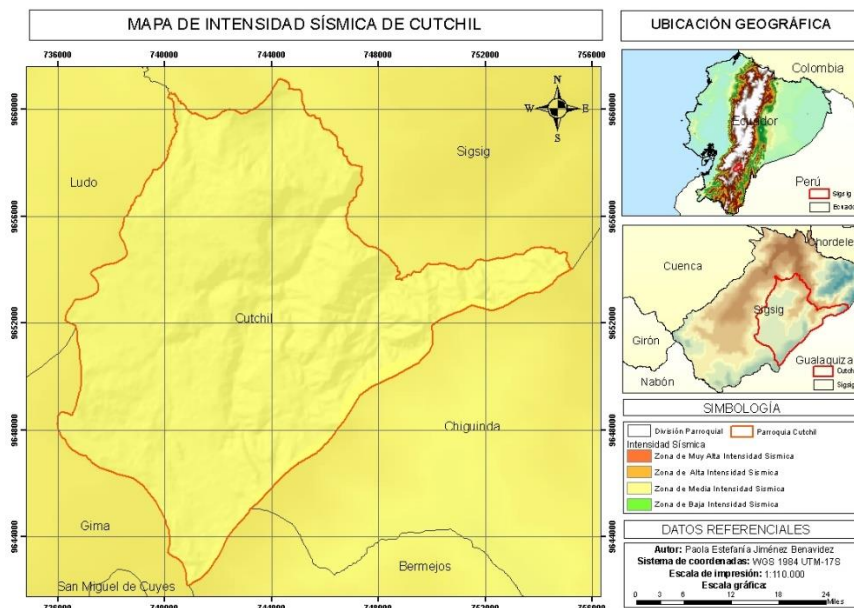


Figura 14: *Mapa de Intensidad Sísmica de la parroquia de Cutchil*

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2. Factor de Precipitaciones

Para la distribución de precipitación en el mapa de isoyetas de la parroquia Cutchil, se usaron datos promedios mensuales y diarios de 12 años, de cuatro estaciones meteorológicas que se detallan a continuación:

- Sígsig (INAMHI)
- Cumbe
- Gima

Los resultados de precipitación para la parroquia Cutchil mostraron que su precipitación diaria osciló dentro del rango de precipitación más alto (10-12 mm) en la parte oriental de la parroquia, el área urbana y la superficie protegida. Disminución de la precipitación diaria varía entre 8-10 mm en la zona parroquial baja ubicada en los sectores de Siticay, Loma de Cutchil y Tingo.

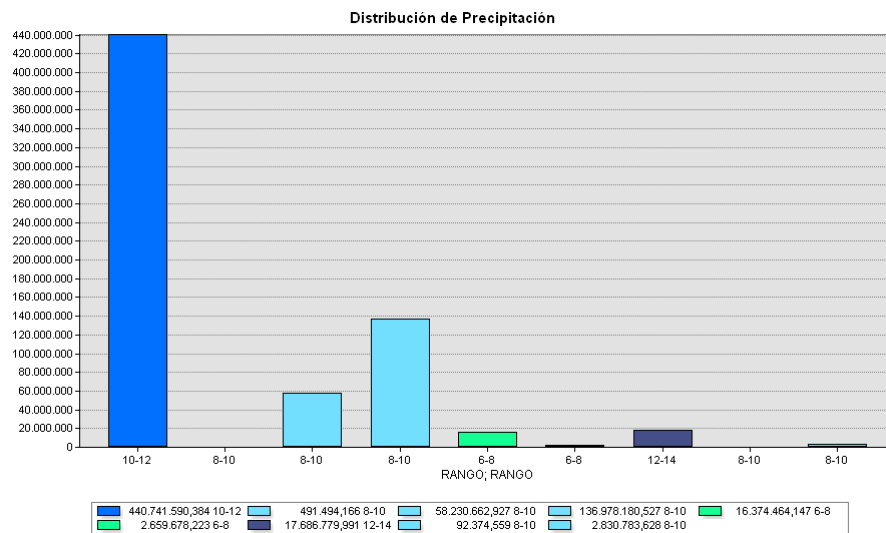


Figura 15: *Distribución de la precipitación de Cutchil*

Fuente: Elaboración Propia

Mapa de Precipitación de la parroquia Cutchil

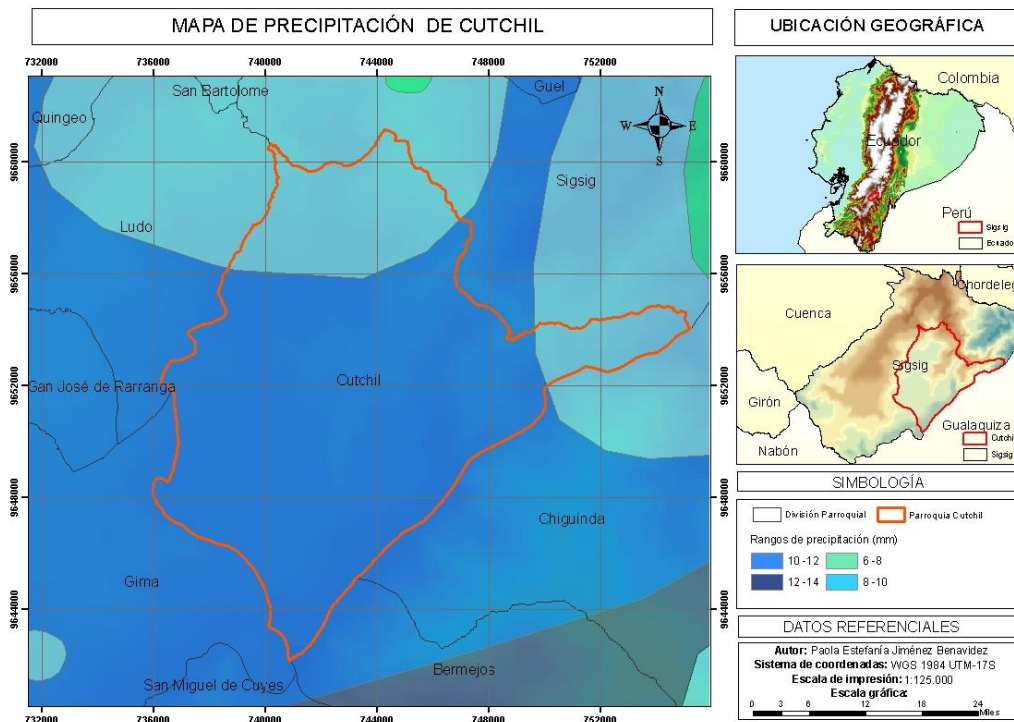


Figura 16: Mapa de precipitación de la parroquia Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

6.3. Susceptibilidad a deslizamiento

Como resultado final del estudio se obtuvo un mapa de susceptibilidad a deslizamientos para la parroquia, el cual se puede realizar mediante la Ecuación 1 (ver Ecuación 1) y correlacionar con los datos recogidos para obtener el mapa de sensibilidad final. Se determina que existe un alto índice de sensibilidad en la parroquia (ver tabla 2) considerando que cuando existe este valor, para Mora y Vahrson determinaron que una sensibilidad de 4 tiene alta probabilidad de deslizamientos, considerando así que deben ser la parroquia debe realizar estudios detallados de estabilidad e implementar medidas correctivas para garantizar la estabilidad del sector, de lo contrario, debe ser designado como área protegida.

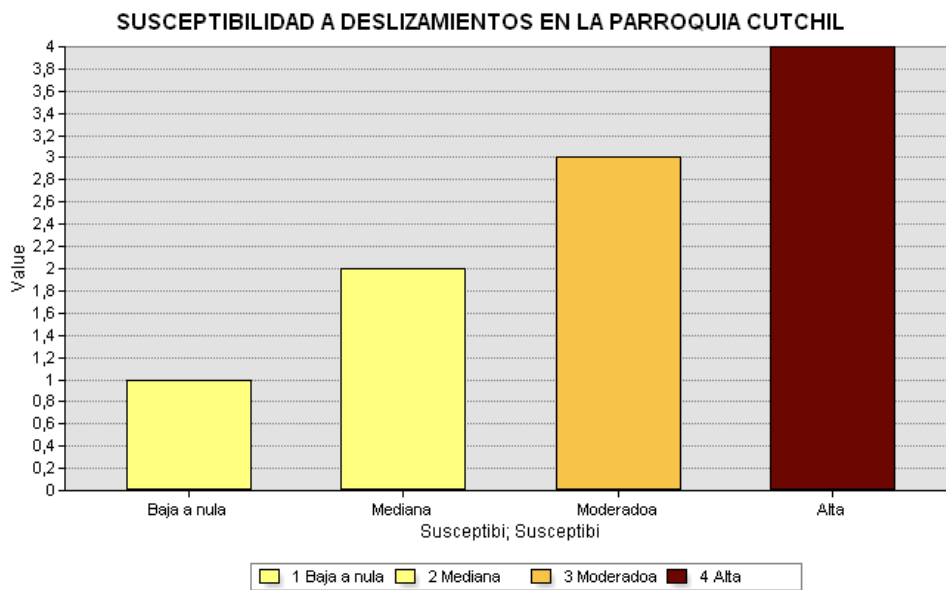


Figura 17: *Distribución de la susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia Cutchil*

Fuente: Elaboración Propia

Mapa de susceptibilidad de la parroquia Cutchil

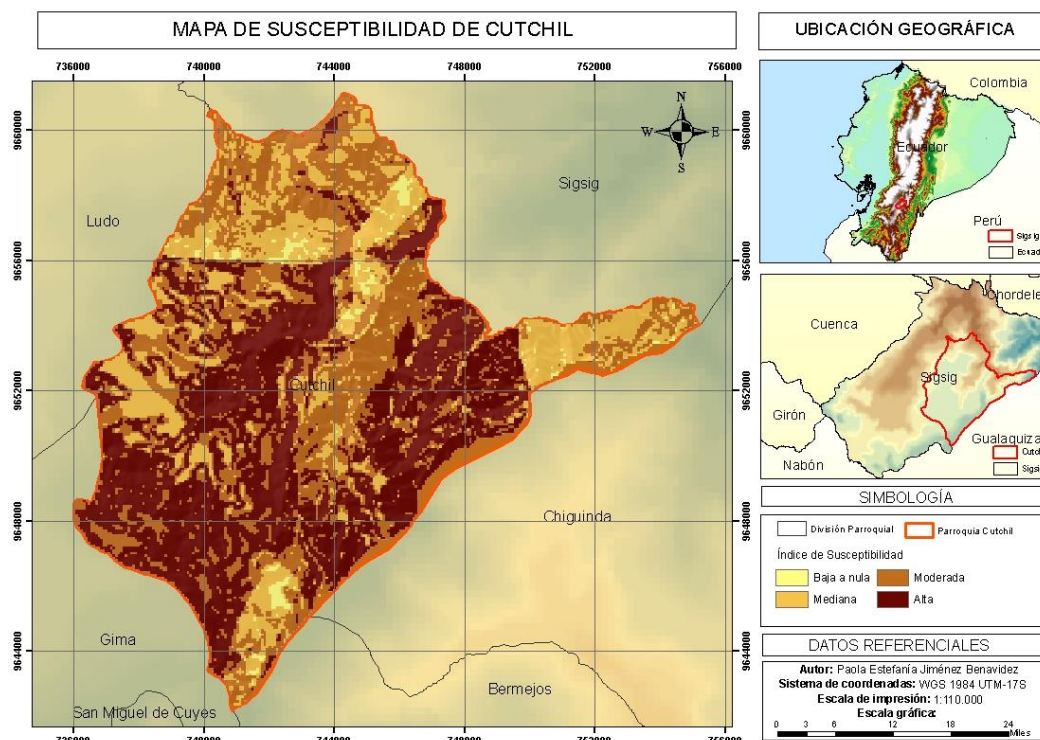


Figura 18: *Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Cutchil*

Fuente: Elaboración Propia

6.4. Verificación y validación de deslizamientos y hundimientos históricos registrados

En este apartado se consideran las coordenadas de los deslizamientos históricos que se han presentado en la parroquia de Cutchil a lo largo del tiempo, las cuales son las mismas que reportaron los distintos organismos de control en su momento y que pueden ser verificadas mediante recorridos en la zona afectada. A continuación, la información del sitio se detalla en la Tabla 4, que muestra los deslizamientos comprobados.

Tabla 4: Deslizamientos históricos de la parroquia Cutchil


Latitud	Longitud	Lugar	Característica	Fotografía
3°6'7,23024''	78°48'2,52252''	Guandu	Inactiva	

Figura 19: Sector Guandu



Figura 20: Sector Guandu, vista lateral

3°6'4,59792'' 78°48'2,6802'' Guandu 2 Activa



Figura 21: Sector Guandu 2

3°5'57,86556 78°47'49,42608 Chavo Activa
" "



Figura 22: Sector Chavo



Figura 23: Sector Chavo

3°5'34,2852'' 78°47'53,76012 Satunsara Activa
" y

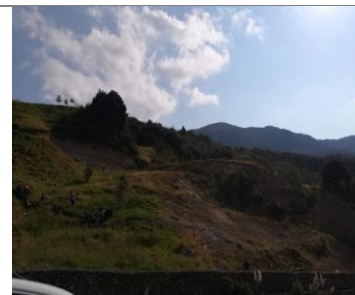


Figura 24: Sector

Satunsaray

3°5'34,01088	78°48'32,17068	Cóndor	Activa
''	''	Guachana	

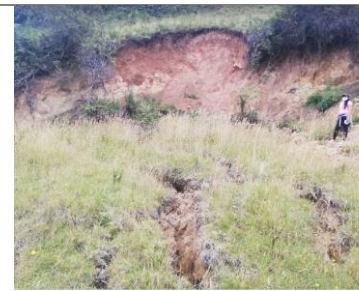


Figura 25: Sector
Cóndor Guachana

3°4'52,9778''	78°49'26,74236	San	Activa
	''	Antonio	



Figura 26: Sector San
Antonio



Figura 27: Sector San
Antonio

3°11'46,007'' **78°47'36,1518''** Matanga Activa



Figura 28: Sector Matanga

3°9'45,7394'' **78°48'52,2885''** Molón Activa



Figura 29: Sector Molón



Figura 30: Sector Molón

3°5'2,2711'' 78°47'25,7683'' Vizhun Inactiva



Figura 31: Sector Vizhun

3°5'11,97636'' 78°47'15,1602'' Marín-Siticay Inactiva



Figura 32: Sector Marín-Siticay

3°5'13,4260'' 78°47'8,9139'' Zhalazhun Activa



Figura 33: Sector Zhalazhun

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 se muestran los deslizamientos históricos que se han presentado en la parroquia de Cutchil, como resultado del trabajo de campo se puede constatar que las sensibilidades que se muestran en el mapa son considerables.

6.5. Análisis de Vulnerabilidad de las zonas susceptibles a deslizamientos

El análisis de vulnerabilidad en áreas propensas a deslizamientos se lo realizó por medio de factores (humano, físico, preparación y socioeconómico), a través de trabajo de campo y encuestas (ver Anexo 1). Se encuestó a 72 personas mayores de edad, el número de personas a encuestar se seleccionó a partir de un muestreo probabilístico, en el que se obtuvo información a partir de datos estadísticos del número de habitantes pertenecientes a la parroquia de Cutchil, para lo cual se consideró la división política conformada por los siguientes sectores:

Tabla 5: División Política de la parroquia Cutchil

Sectores	Número de habitantes
• Rascorral	(176 habitantes)
• Quimandel	(167 habitantes)
• Cuchil Capilla	(98 habitantes)
• San Antonio	(149 habitantes)
• Loma de Cutchil	(307 habitantes)
• Cuchil Centro	(486 habitantes)
• Satunsaray	(167 habitantes)
• Siticay	(40 habitantes)
• Zhagualguchi	(98 habitantes)
TOTAL	1688 habitantes

Fuente: (Coronel, Vázquez, & Saquisili, 2015)

Para la determinación del número de encuestados se utilizó las siguientes formulas estadísticas; el tamaño de la muestra deseada viene dado con la siguiente ecuación:

Ecuación 4: Tamaño de la muestra buscado

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

Donde:

n= Tamaño de la muestra buscado

N= Tamaño de la población

Para N, se consideró el número total de habitantes según la división política de la parroquia de Cutchil correspondiente a 1688 habitantes.

Z= Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

Según (Cobo, Kostov, Cortés, González, & Muñoz, 2015) el nivel de confianza mayormente utilizado es del 99%, en donde es asignado un número específico que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6: Niveles de confianza

Nivel de confianza	Z _{alfa}
99.7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

Fuente: (Martínez, 2012)

p= Probabilidad de que ocurra el evento de estudio

Para (Cobo et al., 2015) la probabilidad de que ocurra o no ocurra un evento, es del 50% para ambos casos.

q= Probabilidad de que no ocurra el evento de estudio

e= Error de estimación máximo aceptado

La fórmula para la determinación del error de estimación máximo aceptado, viene dado de la siguiente manera:

Ecuación 5: Error de estimación

$$e = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Donde:

e= Error de estimación máximo aceptado

N= Tamaño de la población

σ=desviación típica

Para la obtención de la desviación típica se utilizó la siguiente fórmula estadística:

Ecuación 6: Desviación Típica

$$\sigma = \sqrt{var}$$

Donde var es igual a varianza, expresada en la siguiente fórmula:

Ecuación 7: Varianza

$$Varianza = \frac{\sum(X1 - \bar{X})^2 * n1}{N}$$

Para la obtención de la varianza se empleó la siguiente tabla, dando como resultado los siguientes datos:

Tabla 7: Desviación Típica

Desviación Típica				
x1	n1	x1*n1	(X1 - \bar{X}) ² *n1	X1 ² *n1
1	40	40	1223,8546	40
2	98	196	2012,28974	392
3	98	294	1222,135712	882
4	149	596	954,788478	2384
5	167	835	391,6450857	4175
6	167	1002	47,15811885	6012
7	176	1232	38,64744166	8624
8	307	2456	662,1349991	19648
9	486	4374	2961,681725	39366
TOTAL	1688	11025	9514,3359	81523

Fuente: Elaboración Propia

Parámetro	Valor
N	1688,00
Z	2,58
p	50%
q	50%
e	15%

Resultados aplicando las distintas fórmulas, con los datos obtenidos

$$\text{Varianza} = \frac{9514,3359}{1688} = 5.64$$

$$\sigma = \sqrt{5.64} = 2.37$$

$$e = \frac{2.37}{\sqrt{1688}} = 0.15 \sim 15\%$$

$$n = \frac{1688 * 2.58 * 50\% * 50\%}{15\% * (1688 - 1) + 2.58 * 50\% * 50\%} = 71.73 \sim 72$$

Utilizando la fórmula correspondiente, el resultado es una varianza de 5.64 y una desviación estándar de 2.37. Una vez obtenidos todos los datos necesarios se obtiene un tamaño de muestra igual a 71.73 teniendo en cuenta el número inmediato superior, en este caso 72 personas como tamaño de muestra.

El muestreo empleado para la ejecución de las encuestas fue estratificado, siendo este un proceso de muestreo en el que la población objetivo se divide en partes distintas y homogéneas (estratos) y se selecciona una muestra aleatoria simple de cada parte (estrato), ya que se busca destacar información de subgrupos específicos dentro de la población de interés.

Fórmula de muestreo aleatorio estratificado proporcional:

Ecuación 8: Muestreo aleatorio

$$n_h = (N_h / N) * n$$

Fuente: (Alberto, 2014)

Donde:

n_h = Tamaño de la muestra del estrato

N_h = Tamaño de la población en relación con el estrato

n = Tamaño de toda la población

N = Tamaño de la muestra completa

Calculo de la muestra de cada sector, utilizando la fórmula de muestreo estratificado:

- Muestra estratificada (n1) = $72/1688 * 176 = 7.51 \sim 8$ personas del sector Rascorral
- Muestra estratificada (n2) = $72/1688 * 167 = 7.12 \sim 7$ personas del sector Quimandel
- Muestra estratificada (n3) = $72/1688 * 98 = 4.18 \sim 4$ personas del sector Cuchil Capilla
- Muestra estratificada (n4) = $72/1688 * 149 = 6.35 \sim 6$ personas del sector San Antonio
- Muestra estratificada (n5) = $72/1688 * 307 = 13.09 \sim 13$ personas del sector Loma de Cutchil
- Muestra estratificada (n6) = $72/1688 * 486 = 20.73 \sim 21$ personas del sector Cutchil Centro
- Muestra estratificada (n7) = $72/1688 * 167 = 7.12 \sim 7$ personas del sector Satunsaray
- Muestra estratificada (n8) = $72/1688 * 40 = 1.7 \sim 2$ persona del sector Siticay
- Muestra estratificada (n9) = $72/1688 * 98 = 4.18 \sim 4$ personas del sector Zhagualguchi

Donde a las personas seleccionadas por sector se aplicó 9 preguntas sobre susceptibilidad a deslizamientos, proporcionándose los siguientes resultados.

Resultados en base a la encuesta aplicada

Como se muestra en la Figura 34, en la pregunta 1 el 78%, es decir, 56 encuestados, quienes dijeron estar al tanto de los derrumbes en la parroquia, a lo que hacen relación con las fuertes lluvias en la zona, y el 22%, o los 16 restantes encuestados, dijeron que desconocían los deslizamientos de tierra registrados, pero que están al tanto de que pudiesen registrarse deslizamientos, dado que conocen de agrietamientos y hundimientos presentes en la zona.

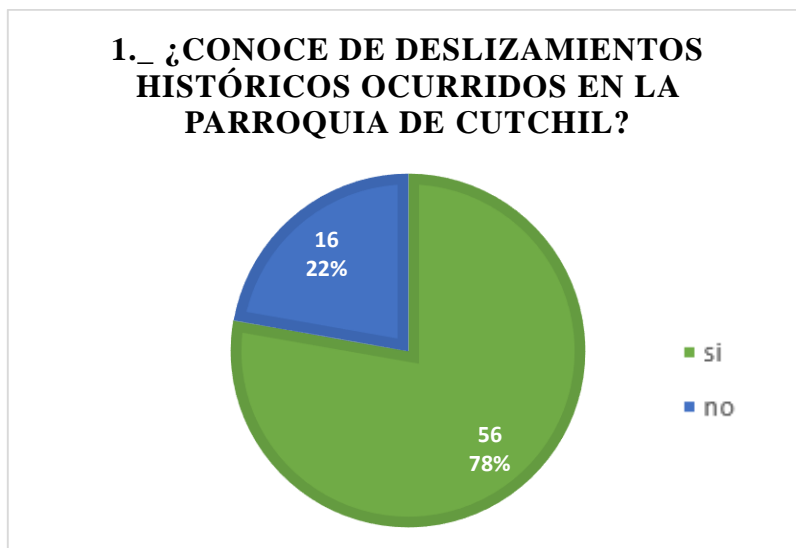


Figura 34: *Noción de deslizamientos históricos en Cutchil*

Fuente: Elaboración Propia

De las 72 personas que respondieron la encuesta, en la pregunta 2 se determinó que el 10% de la población encuestada desconocía la susceptibilidad a deslizamientos que existía en la parroquia, los 65 encuestados restantes (90%) mencionaron que tenían conocimiento del tema porque estaban directamente afectados o conocían a los afectados.

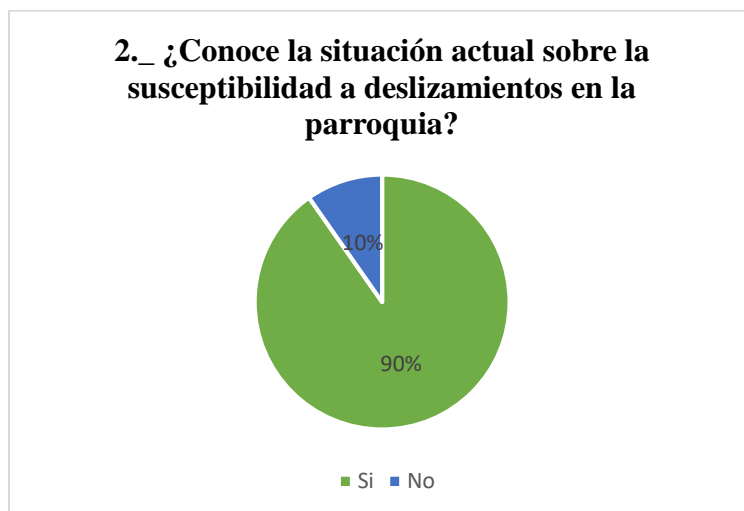


Figura 35: *Conocimiento de la población de la Situación Actual sobre la susceptibilidad a deslizamientos*

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Figura 36, de acuerdo con la pregunta 3 de la encuesta utilizada, el 19%, los 14 encuestados dijeron que no habían sido afectados por

deslizamientos o hundimientos en la parroquia, mientras que el 81% de los 58 encuestados restantes dijeron que sí, siendo afectados, perdiendo la mayor parte de la tierra destruida por deslizamientos, o por temor a utilizarla.

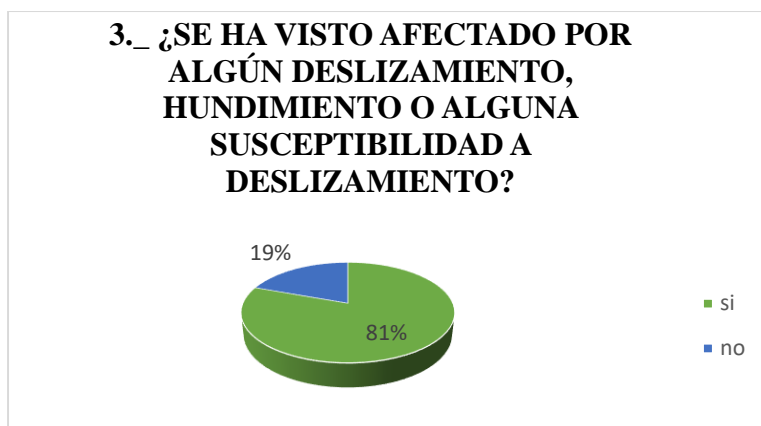


Figura 36: *Afectación por deslizamientos*

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Figura 37, en la encuesta desarrollada, el 87% de los encuestados estuvo de acuerdo en que el GAD de la Parroquia de Cutchil invierta en proyectos de seguridad en temas de deslizamientos, también se observó que el 13% de los encuestados, es decir 9 personas, no estuvo de acuerdo, porque ese presupuesto sería bueno para otras labores esenciales en la parroquia.

4._ Según estudios realizados por la prefectura del Azuay, con la finalidad de reducir el riesgo a la susceptibilidad de deslizamientos, el GAD Parroquial de Cutchil debe invertir para una zona de deslizamiento \$113.739,59, ¿Estaría usted de acuerdo a que

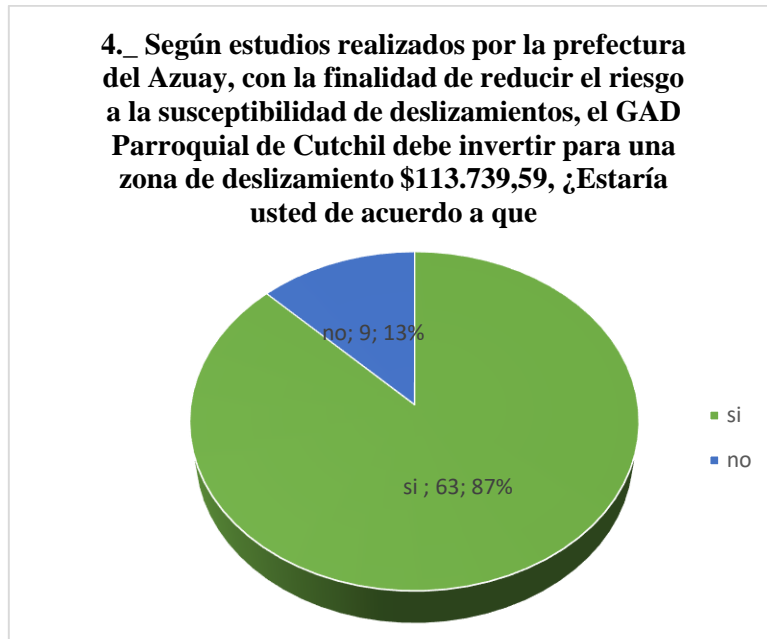


Figura 37: Obras de Inversión

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 38, de acuerdo a los resultados de la Pregunta 5 de la encuesta, el 11% de los 72 encuestados indicaron estar satisfechos con el sistema de alcantarillado de la parroquia, mientras que el 89%, es decir, los 64 encuestados mencionaron estar insatisfechos con el sistema de alcantarillado, ya que colapsa cuando llueve mucho, además el sistema de alcantarillado tiene varios años y necesita ser cambiado o mejorado.

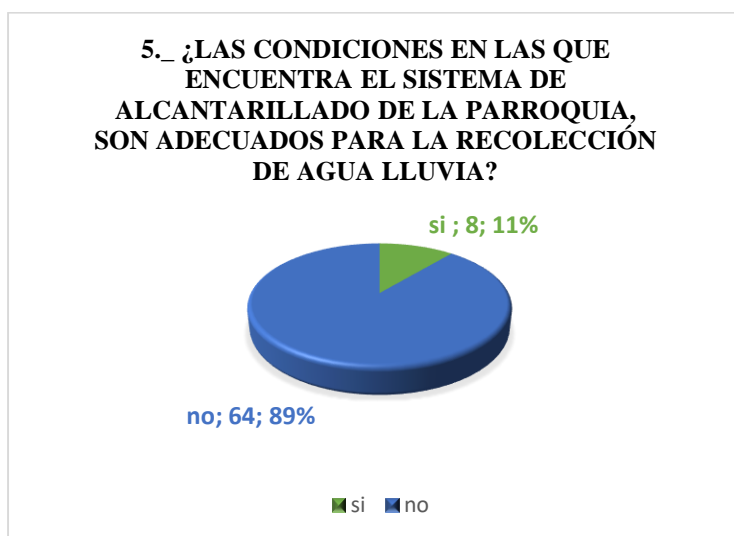


Figura 38: Conformidad con el sistema de alcantarillado en la parroquia Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 39 se muestran los resultados de la pregunta 6 de la encuesta utilizada, la cual muestra que el 7% de la población encuestada, es decir 5 personas, han recibido charlas o capacitación sobre deslizamientos, mientras que, por otro lado, el 93% de la población que lo representan 67 encuestados, no han recibido conferencias o capacitación sobre deslizamientos de tierra, lo que aumenta la vulnerabilidad de las personas frente a los deslizamientos de tierra.

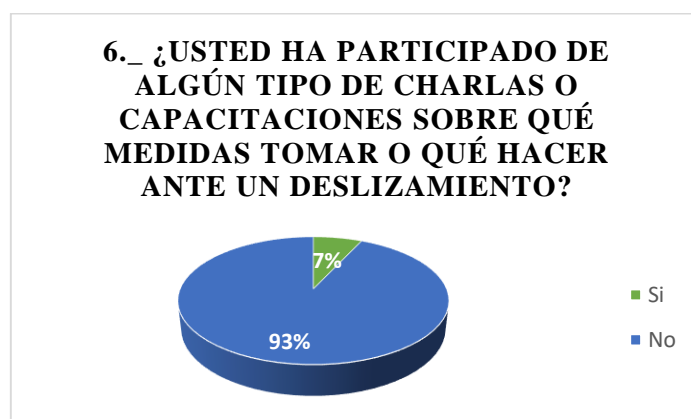


Figura 39: Participación ciudadana en capacitaciones

Fuente: Elaboración Propia

El resultado que se muestra en la figura 40, el 53% o 38 personas encuestadas mencionaron que se ha presentado como medida frente a la susceptibilidad a

deslizamientos, la limpieza de acequias, por otro lado el 17% (12 personas encuestadas) mencionaron la construcción de zanjas de drenaje para reducir los deslizamientos, como otra medida ya tomada mencionaron la restricción del agua de riego, mencionada por el 15% de la población encuestada, es decir 11 personas; en cambio el 8% de la población encuestada, es decir 6 personas, desconocía qué medidas se tomaban al respecto, finalmente, el 7% de las personas conocía como medidas el control de la deforestación.

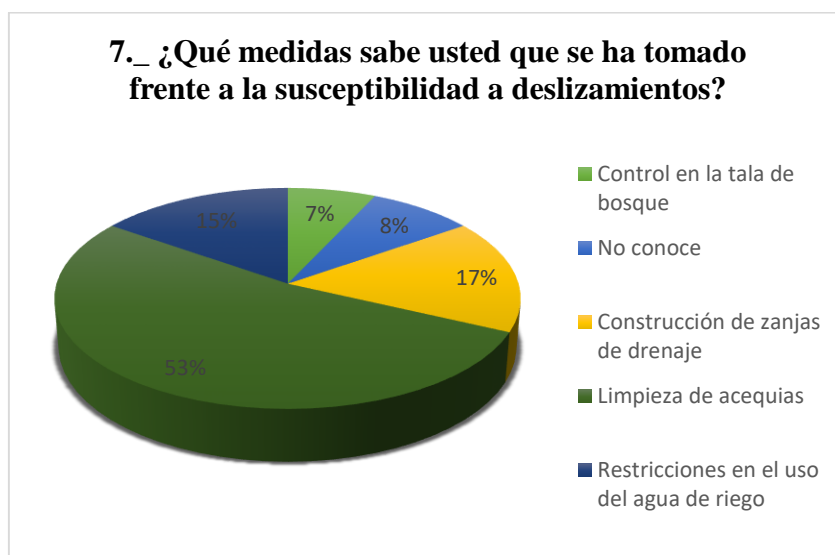


Figura 40: Medidas de conocimiento ya tomadas

Fuente: Elaboración Propia

Para la Pregunta 8 de la encuesta utilizada, como se muestra en las figuras 42 y 43, el 36% de la población encuestada mencionó que la economía no está relacionada con la recesión, es decir, no se ve afectada; en cambio, el 64% de los encuestados, así pues, 46 personas, mencionó que sí desconcierta la economía de la parroquia porque, a 33 (46%) personas les afecta el tema ganadero, ya que han perdido parte de su tierra o se les ha restringido el uso de la misma. Por otro lado, 12 encuestados (es decir, el 17 %) se vieron afectados en el sector agrícola debido a restricciones de riego en áreas subsidentes o defectuosas; finalmente, una persona, que representa el 1 % restante, se vio afectado en el sector de la acuicultura, dado que, en la zona el uso de la tierra para esta actividad está restringida.

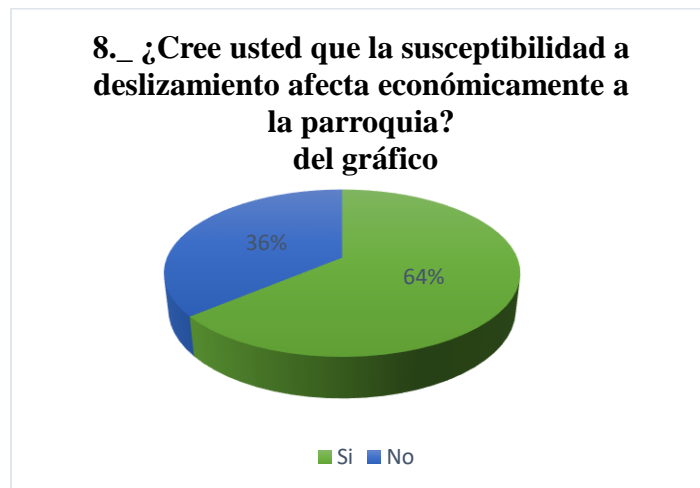


Figura 41: *Afectación económica a la parroquia*
Fuente: Elaboración Propia

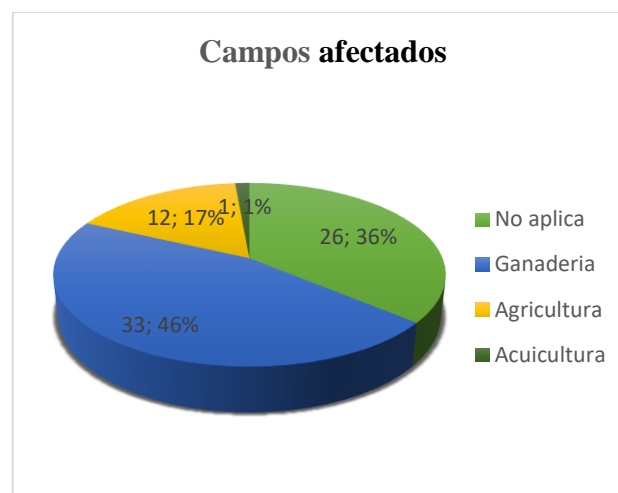


Figura 42: *Campos Afectados en la economía*
Fuente: Elaboración Propia

Como última pregunta utilizada en la encuesta se mencionó, “qué se debe hacer, para hacer frente a posibles deslizamientos de tierra”, como se muestra en la Figura 43, la tasa de respuesta de los encuestados fue del 42%, o 30 personas, que sintieron que era necesario investigar más la zona; por otro lado, el 25% dijo que se deben construir muros de contención en zonas propensas a deslizamientos; el 12% de los encuestados, o 9 personas, respondió que no se debe permitir la construcción de viviendas en la zona alta, dado que, son área protegida que fortalece al suelo, agua y ambiente de la parroquia; así mismo, el 11% señaló la necesidad de limitar la expansión agrícola y ganadera; no

obstante, el 7 % sugirió emplear la normativa pertinente para mantener a las personas de la parroquia seguras; finalmente, el 3% propuso que es necesario implementar todas las medidas pertinentes.

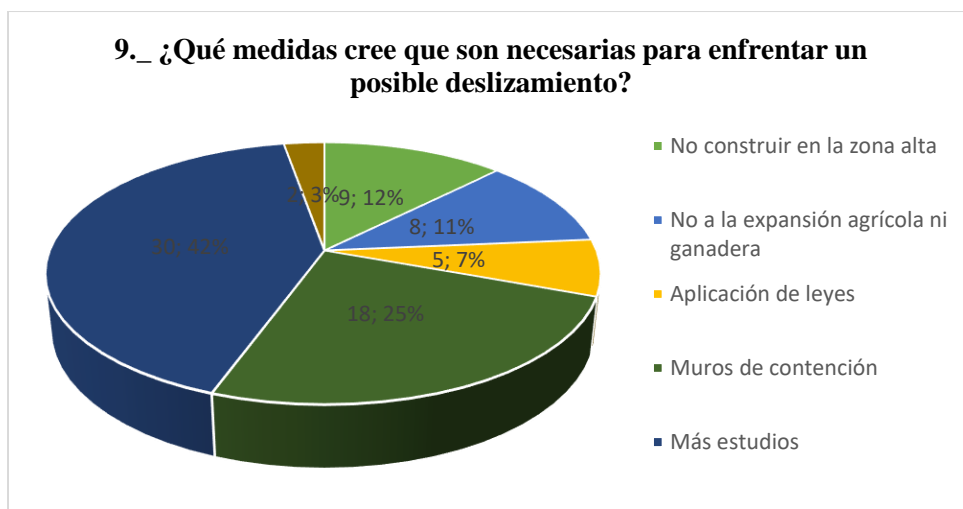


Figura 43: Medidas necesarias que consideran necesarias

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los resultados de la encuesta e investigación de campo, el análisis de factores de vulnerabilidad en zonas propensas a deslizamientos es oportuno, y necesario, por lo que se obtiene el siguiente análisis factorial:

Factor humano: Este factor representa el nivel de comprensión de la susceptibilidad a deslizamientos, en el que se encuentra como una ventaja mantener ciertas zanjas limpias en todo momento, dado que, facilita el paso inmediato del agua de lluvia y evitando el estancamiento, evitando que, se representen algunas consecuencias futuras.

Factores físicos: Desde un punto de vista físico, es posible indicar que una vivienda está en peligro, debido a un deslizamiento que se ha registrado cercano a la misma, causando daños a los moradores.

Factor de preparación: Se evaluó el conocimiento de la población sobre la gestión de riesgos, y se encontraron grandes vacíos en temas de capacitación, ya que la gran mayoría de los encuestados no recibió capacitaciones ni protocolos, para emplazar las acciones a tomar en caso de un deslizamiento.

Factor socioeconómico: Con base en un análisis de los daños a las actividades diarias por la susceptibilidad a los deslizamientos de la parroquia, se determinó el nivel económico a través de una investigación en donde se establece que la actividad económica de los hogares se vio afectada, debido a que eran notoriamente dependientes de las actividades agrícolas o ganaderas.

7. Propuestas de gestión Territorial

En base a los hallazgos, se hacen las siguientes recomendaciones sobre la gestión territorial, para intervenir ante el riesgo o daño que pueda surgir de la susceptibilidad a deslizamientos de tierra sobre la vulnerabilidad evaluada

El análisis y evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos conduce al desarrollo de planes de gestión, "herramientas de gestión y operativas que visualizan los planes y proyectos que una institución debe implementar para reducir los peligros y gestionar las emergencias en las fases antes, durante y después de un evento" (Secretaría de Gestión, 2014).



Figura 44: *Acciones Propuestas*

Fuente: (*Gestión de Riesgos, 2020*)

7.1. METODOLOGÍA

El GAD Parroquial de Cutchil, tiene como prioridad el trabajo en pos de la seguridad y protección de las personas de la parroquia, por lo que se debe establecer las zonas aptas para un desarrollo futuro, ya fuese en infraestructura, actividades económicas o áreas de protección.

La metodología utilizada en esta etapa del análisis de la propuesta de gestión fue la siguiente:

El GAD Parroquial de Cutchil, tiene el deber de priorizar las labores de seguridad y protección de los habitantes de la parroquia, para lo cual es necesario establecer las zonas aptas para el desarrollo futuro, ya sea en términos de infraestructura, actividades económicas o áreas protegidas. Los métodos utilizados en el análisis y recomendaciones de manejo en esta etapa son los siguientes:

- Definición y beneficiarios de la propuesta
- Propuesta de Gestión Territorial
- Recomendaciones

7.1.1. Definición de la propuesta

El propósito de la propuesta de gestión territorial es, instruir al GAD Parroquial de Cutchil y a la comunidad en temas de susceptibilidad a deslizamientos, encaminados a mantener a las personas seguras a través de recomendaciones, basadas en los resultados obtenidos.

Se evaluaron los principales problemas identificados en lo que respecta al diagnóstico de susceptibilidad a deslizamientos, análisis de documentos de conocimiento territorial y encuestas de aplicación.

7.1.2. Beneficiarios de la propuesta de proyecto denominado mitigación de deslizamientos en la parroquia Cutchil

Los beneficiarios de la propuesta de gestión territorial, en función de la susceptibilidad a deslizamientos que se encuentra en la parroquia de Cutchil, serán favorecidas 1.688 personas pertenecientes al sector, según un censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo.

7.1.3. Propuesta de gestión territorial de la parroquia Cutchil

Para la propuesta de gestión territorial, se deben tener en cuenta las estimaciones de los niveles de susceptibilidad a la amenaza, lo que significa que en los estudios donde las áreas afectadas por deslizamientos de tierra, se designan como susceptibilidades altas, el uso del suelo debe restringirse hasta que se realice un estudio final para determinar si las condiciones de perjuicio son mitigables o no. El contenido propuesto, menciona que, se debe tomar precauciones inmediatas e incluir las acciones necesarias.

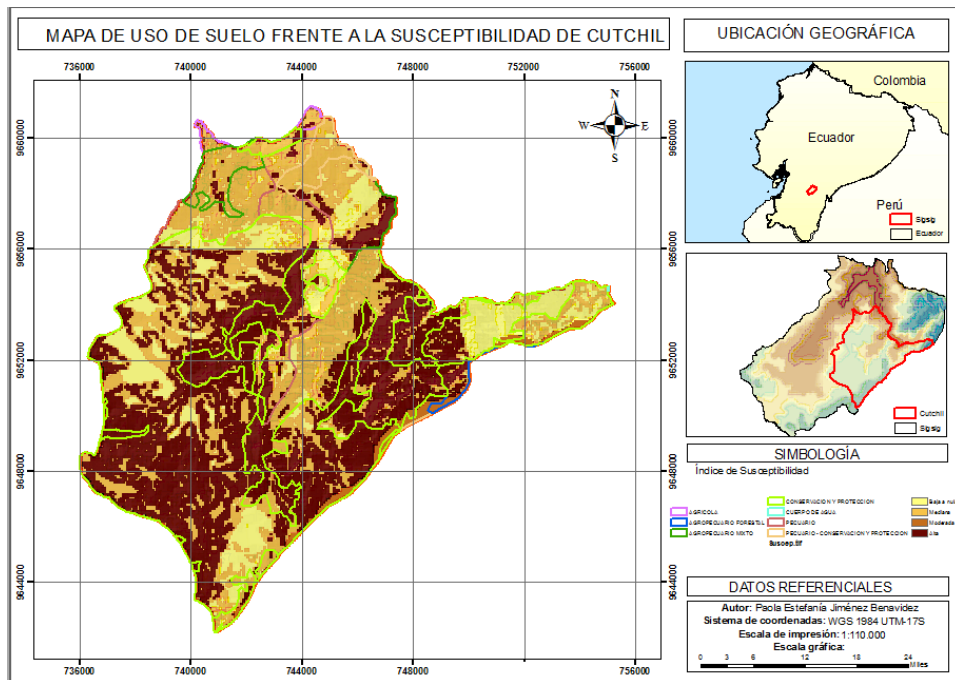


Figura 45: Uso de suelo frente a la susceptibilidad presente en Cutchil

Fuente: Elaboración Propia

7.1.4. Zonas de protección absoluta

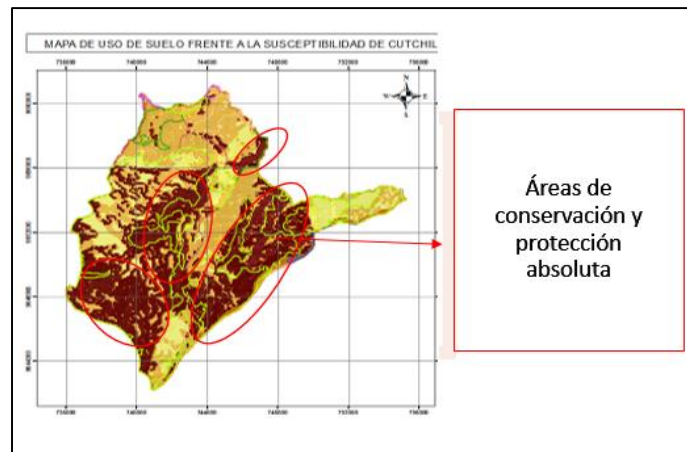


Figura 46: Zonas de protección absoluta

Fuente: Elaboración Propia

Esta área incluye áreas de alta incidencia de deslizamientos, como se muestra en la Figura 46, las áreas de color lacre, son áreas absolutamente destinadas a ser protegidas, esto se debe a que son superficies de alto riesgo, en donde actualmente se realizan ciertas actividades, por lo tanto, lo más adecuado es asignarlas a protección, sin embargo, entre estas áreas la mayoría ya están destinadas a conservación y protección.

7.1.5. Zona Pecuaría

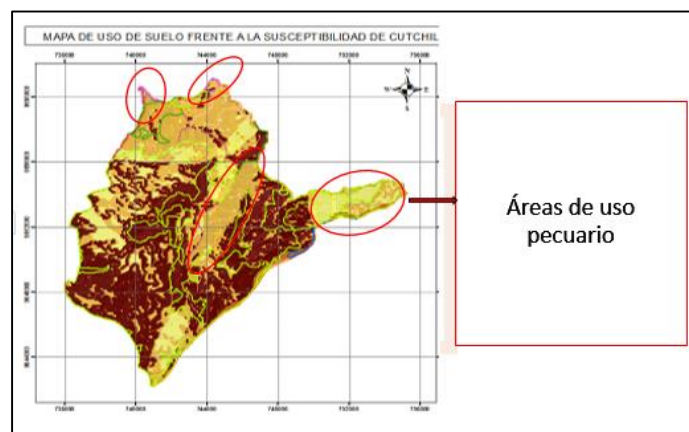


Figura 47: Zona Pecuaría

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en el mapa de la Figura 47, las zonas norte y centro de la parroquia son zonas de ganadería, y de acuerdo a sus características tienden a un crecimiento hacia los límites del área protegida, en pro de la protección y conservación

de los recursos forestales y del pueblo, el área designada para este fin debe presentarse en las partes norte, centro y noreste de la parroquia y no exceder en el área designada para tal uso.

7.1.6. Zona Agropecuaria

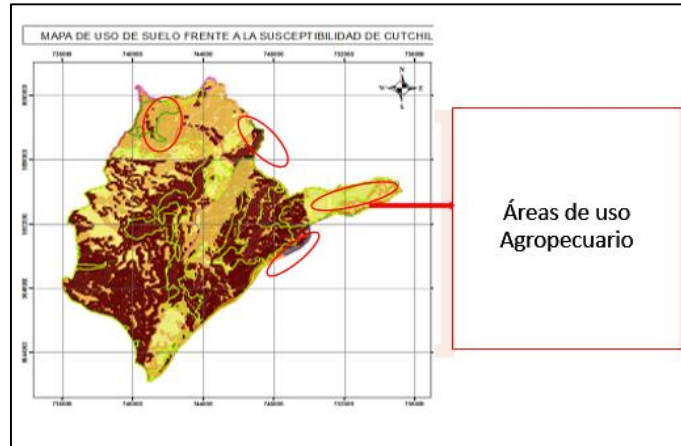


Figura 48: Zona Agropecuaria

Fuente: Elaboración Propia

Al noroeste, nornoroeste y este de la parroquia, las áreas están posicionadas para uso agrícola, por lo tanto, según la evaluación del mapa de susceptibilidad, el sector este debe limitar de inmediato los usos agrícolas u otros, ya que es claramente destinado a zona para la conservación.

7.1.7. Áreas urbanas de expansión destinadas al desarrollo urbanístico

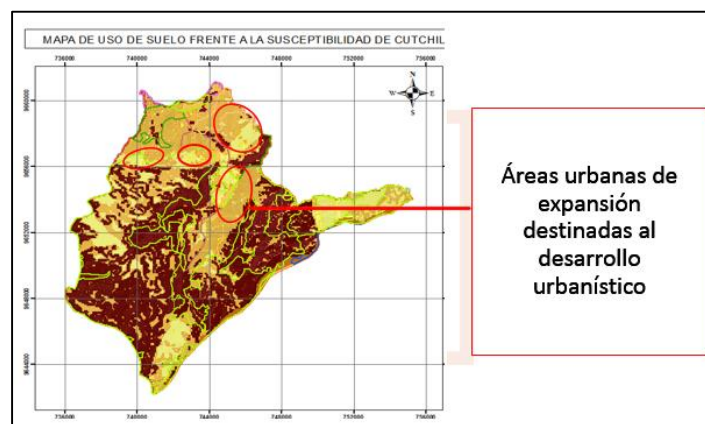


Figura 49: Áreas urbanas de expansión destinadas al desarrollo urbanístico

Fuente: Elaboración Propia

En la zona centro este y norte del territorio, según lo evaluado, se propone una zona exclusiva para el desarrollo urbano, ya que esta franja es menos afectada por la amenaza de deslizamientos, y por sus características idóneas, la parroquia tiende a un cierto tipo de crecimiento poblacional en esta área.

La creciente urbanización exige acciones a tomar, debido a la susceptibilidad de deslizamiento presente en la parroquia:

Tabla 8: Acciones propuestas

Vulnerabilidades	Daños	Acciones Propuestas	Métodos	Especificaciones
Deslizamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a las carreteras de la parroquia 	Construcción de drenajes como zanjias en la parte alta.	A través de mingas colectivas y gestiones con entidades gubernamentales, para la excavación mecánica en el suelo.	Rellenado con material tipo grava y piedra
	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas económicas 			
	<ul style="list-style-type: none"> • Escases de agua potable en la parroquia y sus comunidades 	Construcción de estructura para contención de deslizamientos	A través de mingas colectivas y gestiones con entidades gubernamentales, para la construcción de escolleras.	Utilizar hormigón, bloques de roca grande, tubería PVC D=160 mm para drenes.
	<ul style="list-style-type: none"> • Viviendas destruidas • Erosión y pérdida de 	Control y mantenimiento de reservorios de agua.	Mediante un control por parte de las	Se debe hacer limpieza por lo menos cuatro (4) veces al año

nutrientes del suelo	autoridades municipales (Departamento de Gestión y Riego)	(Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).
Charlas de capacitación sobre la susceptibilidad a deslizamientos.	Gestionar por parte del GAD Parroquial de Cutchil a Universidades, Organizaciones y quienes capaciten a los moradores.	Dar a conocer los riesgos que pueden provocar el mal uso de suelo y agua, mediadas de actuación frente a un deslizamiento.
Mejoramiento de la infraestructura del agua de riego	Imponer como requisitos el uso de cierto material y método de riego, a los pobladores.	Utilizar para el traslado del agua material PVC y realizar el riego por goteo o aspersión.
Reforestación en las áreas protegidas, riberas de ríos, riachuelos, quebradas que presentan desertización.	Gestión por parte del GAD Parroquial de Cutchil, a entidades que contribuyan con la donación de plántulas (Municipio de Sígsig,	Plantas nativas como el arrayan, laurel de cera, joyapa, gañal, chuquiragua.

Fuente: Elaboración Propia

7.1.8. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar métodos de riego que involucren un uso menor de agua, con la finalidad de evitar filtraciones en el sub suelo.

Se recomienda cumplir con las leyes y ordenanzas que rigen en la protección de márgenes de quebradas, ríos, y acequias, además de los márgenes de las áreas de protección y conservación.

Se recomienda tomar en cuenta las vulnerabilidades sociales, económicas y ambientales en la planificación, diseño, y sobre la elección de ubicación e implementación de proyectos estructurales que se realicen en la parroquia.

8. Discusión

(Akinc, 2022) menciona que la precisión o confiabilidad de los mapas de susceptibilidad a deslizamientos producidos es muy importante para los estudios de mapeo de peligros o susceptibilidad a deslizamientos, así mismo (Suárez J. , 1998) señala que las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra debido a que generalmente, se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia tales como son la topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas.

(Toro & Clahan, 2017) comentan que las condiciones geológicas e hidrológicas, usos del suelo, topografía (altura, pendientes y dirección de las pendientes), clima, características del perfil de suelo o roca, contenido de humedad, factores externos como eventos sísmicos, lluvias intensas y actividades humanas como la deforestación, la agricultura y la construcción de infraestructura, pueden ser causantes de fenómenos de deslizamiento, cuando existe una combinación desfavorable de estos factores, el terreno es propenso a deslizarse.

(Jaimes, Niño, & Huerta, 2014) especifica que los factores relevantes involucrados en el proceso de deslizamiento de tierra son inducidos por la lluvia, ángulo de fricción, cohesión, unidad de peso, pendiente del terreno, grado de saturación, permeabilidad del suelo y todas las áreas con desniveles.

(López, Zuluaga, Gómez, & Tapia, 2020) realizaron un estudio sobre la metodología de Mora-Vahrson en donde especifican que es aplicable en países en vía de desarrollo, dado que requieren pocas variables morfodinámicas y su aplicación es relativamente sencilla, ágil y económica. Así mismo mencionan que la metodología no sustituye los estudios geotécnicos de campo y laboratorio necesarios para la protección y mitigación correspondientes.

(Magliulo, Di Lisio, Ruso, & Zelano, 2008) expone que el uso de GIS y análisis de estadísticas ha demostrado ser efectivo para proporcionar una evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos que ha resultado ser científicamente confiable, ya que se basa en un dato real, dato levantado en campo como la distribución espacial de los deslizamientos, capaz de reducir el tiempo y los costos relacionados con el procedimiento de evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos.

En el trabajo desplegado se identificó la presencia activa de las variables relevantes como son los factores condicionantes y los factores desencadenantes, que mencionan los distintos autores en sus artículos o tesis, en donde se identificó que la susceptibilidad a deslizamiento se pudiesen presentar en el área de estudio, así mismo se obtuvo una similitud con (Crespo, 2018) en donde reportó que los procesos de movimientos de masas por deslizamientos se dan en mayor cantidad cuando existen pendientes inclinadas y que la parroquia de Cutchil presenta grados altos, medios y bajos de susceptibilidad a deslizamiento, donde identifica que las zonas con grado de amenaza alto afecta a los sectores de San Antonio y en las cercanías a las vías Cutchil Matanga. Con respecto a las zonas con grado de amenaza medio afecta en algunos sectores de la zona poblada de la parroquia, por ultimo con respecto a las zonas con grado de amenaza bajo en los sectores de Cutchil Centro, San Antonio y Satunsaray.

9. CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio, con la utilización del sistema de información geográfico (SIG), por medio del programa (ArcGIS 10.6) se pudo evidenciar que en la parroquia de Cutchil, existen altos grados de deslizamientos, los cuales se les catalogo por cuatro rangos, alta, media, moderada y baja, como se indicó en la Tabla 3, dando como resultado que existe una susceptibilidad a deslizamiento, muy alta y que corresponde a un 43.28% del área total, ubicándose esta susceptibilidad en los sectores de San Antonio, Siticay y Molón ; mientras que para los sectores de Chavo y Cebadillas una susceptibilidad media

correspondiente a un 37,73%, frente a la susceptibilidad moderada, que representa un área de 18,92%, correspondiente a los sectores de; Cutchil Centro, Loma de Cutchil y Satunsaray; por último se obtuvo que la susceptibilidad baja a nula representa solamente un 0.07% del área de estudio.

Bajo este resultado se ha logrado evidenciar las repercusiones ocasionadas en la parroquia, por estos deslizamientos, como son los daños ocasionados en las carreteras, pérdidas económicas, escases de agua potable, erosión y pérdida de nutrientes del suelo, daños en las viviendas e incluso víctimas mortales., las principales causas que provocan estos deslizamientos, entre ellas esta, los factores evaluados como la pendiente, los suelos arcillosos, las fuertes precipitaciones, los sismos, el uso del suelo, determinándose así, las zonas más susceptibles a deslizamientos, en donde presentan una susceptibilidad alta, por lo que se concluye que la parroquia requiere de una inmediata toma de acciones para prevenir la incidencia de dichas amenazas.

Así mismo se puede decir que la zonificación sobre la susceptibilidad a deslizamientos obtenida por medio de la metodología Mora-Vahrson fue de vital importancia, de gran precisión para los resultados obtenidos y de mucha ayuda para la toma de decisiones en la propuesta de gestión establecida. Por lo que, para poder tener una mejor información y poder dar soluciones optimas que permitan mitigar estas afectaciones, se realizó una encuesta a los moradores de la zona, para conocer cuán informados están sobre los niveles de susceptibilidad a deslizamiento al que están expuestos, claramente se evidenció la falta de conocimiento sobre el peligro y riesgo que existe en la zona, es decir la población en los general están vulnerables a tomar acciones preventivas, ya que desconocen en totalidad los fuertes impactos que estos provocan, y provocarían aún más, si no se toman medidas correctivas.

10. Recomendaciones

Se recomienda al GAD Parroquial de Cutchil realizar gestiones a entidades como el departamento de Gestión y Riesgo del cantón Sígsig o a su vez a la Secretaria de Gestión de Riesgo u otras instituciones afines, para promover capacitaciones en temas de susceptibilidad a deslizamientos y sus consecuencias, con la finalidad de establecer la concientización de los moradores, para que tomen precaución sobre la realidad de la zona, de cómo actuar en caso de presenciar algún deslizamiento , y de cómo ellos pueden

contribuir, ya que con la ayuda de este estudio se tiene un acercamiento claro y específico de la situación actual del sitio de estudio.

Con los resultados obtenidos se recomienda al GAD Parroquial de Cutchil realizar un estudio desde el enfoque social, sobre cómo influye vivir en una situación de riesgo presente y considerando necesario que exista una actuación inmediata en la aplicación de medidas correctivas frente a los agrietamientos presentes en la parroquia, dado que se encuentra en un estado más vulnerable y prioritario.

En cuanto a la construcción de obras de infraestructura en las zonas de alta amenaza a susceptibilidad a deslizamientos, se recomienda hacer estudios técnicos detallados del suelo, con la finalidad de evitar que las mismas sean afectadas en caso de presenciar un escenario de este tipo.

Para la agricultura y ganadería presente en la parroquia, se pide evitar la deforestación para temas afines, se recomienda realizar un cuidado y mantenimiento de las áreas ya destinadas para dichas actividades, y a su vez también, se impulsa contribuir a la forestación de las áreas de conservación.

11. Bibliografía

- Akinc, H. (2022). Assessing Susceptibility to Rain-Induced Landslides in Artvin, Turkey Using Machine Learning Techniques. *ScienceDirect*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2582/10.1016/j.jafrearsci.2022.104535>Obte
- Alberto, P. (2014). Obtenido de <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/163/1/19-Tipos%20de%20Muestreo%20-%20%20Diplomado%20en%20An%C3%A1lisis%20de%20Informaci%C3%B3n%20Geoespacial.pdf>
- Almaguer-Carmenates, Y., Rodríguez-Díaz, M., del Rosario-Moradas, M., & Aguilar-Sánchez, A. (2014). Evaluacion de la susceptibilidad por deslizamientos en el yacimiento Punta Gorda, Moa, Cuba. *Minería y Geología*, 30(2), 19. Obtenido de https://link.gale.com/apps/doc/A470159931/GPS?u=ups_cons&sid=bookmark-GPS&xid=d159f7fe
- ARIAS, B. (2012). *UNIVERSIDAD LIBRE*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7116/AriasTorresBenjamin2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BARRIOS, B. N. (2017). *UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Frepository.unimilitar.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F10654%2F16932%2FQuevedoBarriosBrianNicolas2017.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&psig=AOvVaw2u9DobjTZ7ftJK0gh9IsSi&ust=1653440169372000&source=images&cd>
- Benito Oterino, B. (Diciembre de 2013). *Universidad Autónoma de Madrid*. Obtenido de UAM_Biblioteca: <http://hdl.handle.net/10486/678735>
- Cobo, Kostov, Cortés, González, & Muñoz. (2015). Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/186420/08_intervalos_de_confianza-5331.pdf
- Constitución del Ecuador. (2008). Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/Normas-Constitucionales.pdf>

- Coronel, Vázquez, & Saquisili. (2015). Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/01600284400_01_PDYOT_Cuchil_29-10-2015_18-37-32.pdf
- Crespo, H. (2018). *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Cuchil*. Obtenido de <http://gpcuchil.gob.ec/azuay/wp-content/uploads/2017/01/Alineacion-PDOT-Cuchil-2018.compressed.pdf>
- ESCOBAR, B. G. (2020). *UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ*. Obtenido de UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2567/1/TESIS%20BRAYAN%20ESCOBAR%20CARRANZA.pdf>
- GEOTRIE SAS. (19 de Diciembre de 2019). *Corporación de Cuencas del Tolima*. Obtenido de Corporación de Cuencas del Tolima: https://cortolima.gov.co/images/POMCA/Rio_Luisa/IIFase_de_Diagnostico/3.10%20Cobertura_Uso_Suelo.pdf
- Gestión de Riesgo. (Abril de 2002). Obtenido de http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/guias_kaqchikel/guias/pdf/doc584/doc584-spa.pdf
- Gestión de Riesgos. (2020). Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/RESOLUCION-Nro.-SNGRE-005-2020.pdf>
- Heinrich, A., & Cuélla, D. (2007). *Medicina USAC*. Obtenido de http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/guias_kaqchikel/guias/pdf/doc584/doc584-spa.pdf
- Jaimés, M., Niño, M., & Huerta, B. (2014). Método basado en eventos de huracanes para crear mapas de amenazas regionales para deslizamientos de tierra traslacionales inducidos por fuertes lluvias. *SpringerLink*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3401/article/10.1007/s11069-014-1539-z>
- Jiao, Y., Dongmei, Z., Yinping, D. Y., Qie, X., Yingmei, Q., Chengjing, L., . . . Rong, L. (DICIEMBRE de 2019). Evaluación del desempeño de cuatro modelos basados en SIG destinados a predecir y mapear la susceptibilidad a deslizamientos de tierra: un estudio de caso en un sitio del Patrimonio Mundial en el suroeste de

China. (Elsevier, Ed.) *CADENA*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104221>

LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO. (30 de Junio de 2016). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Us-y-Gestion-de-Suelo1.pdf>

López, R., Zuluaga, A., Gómez, F., & Tapia, L. (Julio de 2020). *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Obtenido de <https://www.revistareder.com/ojs/index.php/reder/article/view/50>

Magliulo, P., Di Lisio, A., Ruso, F., & Zelano, A. (Diciembre de 2008). Geomorfología y evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos utilizando GIS y estadísticas bivariadas: un estudio de caso en el sur de Italia. *SpringerLink*, 411–435. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2582/10.1007/s11069-008-9230-x>

Martínez. (2012). *ACADEMIA*. Obtenido de https://www.academia.edu/39626329/Estad%C3%ADstica_y_muestreo_Ciro_Mart%C3%ADnez_Bencardino_13ED

Ministerio de Agricultura y Riego. (Septiembre de 2015). *Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego*. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual3.pdf>

Montero Olarte, J. (2017). *Servicio Geológico Colombiano*. Obtenido de Servicio Geológico Colombiano: <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/book/36>

Mora, S., & Vahrson, W. (1994). Metodología de macrozonificación para la determinación del peligro de deslizamientos. *Boletín de la Asociación de Ingenieros Geólogos*, XXXI, 49-58. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Mora_Castro/publication/275971541_Macrozonation_Methodology_for_Landslide_Hazard_Determination/links/571fdb608aed056fa235aba/Macrozonation-Methodology-for-Landslide-Hazard-Determination.pdf

- Navarro Vidal, J. (2012). *UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID*. Obtenido de UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID: https://eprints.ucm.es/19876/1/TFM_JNV_FINALCUT.pdf
- Ordóñez, D. F., & Sumba, C. d. (2011). *UCUENCA*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1952>
- Orozco, O. (10 de Abril de 2010). Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/629/pendiente.pdf>
- Osorio, L. F. (2019). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de UNAL: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69829>
- Paola, J. (2022).
- Prefectura del Azuay. (2015).
- Rodriguez, Tapia, & Albornoz, C. (2014). SUSCEPTIBILIDAD DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL VALLE DE SOCOROMA, PRECORDILLERA ANDINA DE ARICA Y PARINACOTA. *Diálogo Andino*, 25-39. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-26812014000200004&lng=es&nrm=iso
- Sandoval, M., & Ruiz, D. (Junio de 2017). Zonificación de amenazas por deslizamientos a partir del modelo de Mora y Vahrson. *Entorno Geográfico*(13), 114. Obtenido de https://link.gale.com/apps/doc/A584497304/GPS?u=ups_cons&sid=bookmark-GPS&xid=50fb6dbb
- Sarría, F. A. (2 de Diciembre de 2006). *Universidad de Murcia*. Obtenido de Universidad de Murcia: <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Secretaría de Gestión. (2014). Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/AGENDA-SGR.pdf>
- Secretaria de Gestión de Riesgos. (2015). *Inspección Satunsaray-Cutchil, canton Sísig, provincia del Azuay*. Secretaria de Gestion de Riesgos.

- Segura, G., Badilla, E., & Obando, L. (28 de 11 de 2011). Susceptibilidad al deslizamiento en el Corredor Siquirres-Turrialba. *Revista Geológica de América Central*, 3-4. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437352006>
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias . (2020). *Inspección a deslizamiento en la parroquia Cutchil, cantón Sigüig*.
- Sonker, I., Tripathi, J. N., & Singh, A. K. (Octubre de 2021). Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos usando técnica geoespacial y proceso de jerarquía analítica en Sikkim Himalaya. (Elsevier, Ed.) *Avances de la ciencia cuaternaria*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2021.100039>
- Suárez, Á., Peraldo, G., Badilla, E., & Obando, L. (2009). *Zonificación geomorfológica para la evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos en la cuenca del río Viejo, Puriscal, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. Obtenido de https://link.gale.com/apps/doc/A303351821/GPS?u=ups_cons&sid=bookmark-GPS&xid=6d704930
- Suárez, J. (Julio de 1998). (I. d. Ltda, Ed.) Obtenido de <http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
- Toro, G., & Clahan, K. (Septiembre de 2017). *Seguros, Tendencias y Riesgos SURA*. Obtenido de https://segurossura.com/blog/salud_planetaria/deslizamientos-inducidos-por-sismo/
- Valverde, E. A. (2010). *Tecnológico de Costa Rica*. Obtenido de Tecnológico de Costa Rica: <https://hdl.handle.net/2238/6140>
- Velázquez, A., Duran, E., Larrazábal, A., López, F., & Medina, C. (28 de Octubre de 2010). *Tepalcatepec.indb*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/601/cobertura.pdf>
- Yang, W.-b., Han, S., & Li, W. (2020). Factores geológicos que controlan anomalías geotérmicas profundas en la mina Qianjiaying, China. *Revista internacional de ciencia y tecnología minera*, 30, 839-847. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.08.003>

12. Anexos

Modelo de encuesta dirigida a un grupo de habitantes de la parroquia Cutchil



Universidad Politécnica Salesiana

Carrera de Ingeniería Ambiental

Proyecto de titulación:

Buenos días/tardes estimado/a, me encuentro aquí, debido a que estoy realizando una encuesta para evaluar el daño, perjuicio o malestar que ocurre debido a la susceptibilidad a deslizamiento que presenta la parroquia, agradezco anticipadamente por la favorable acogida a la resolución de esta encuesta.

Fecha:

Nombre:

Edad:

1._ ¿Conoce de deslizamientos históricos ocurridos en la parroquia de Cutchil?

Sí

No

2._ ¿Conoce la situación actual sobre la susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia?

Sí

No

3._ ¿Se ha visto afectado por algún deslizamiento, hundimiento o alguna susceptibilidad a deslizamiento?

Sí

No

4._ Según estudios realizados por la prefectura del Azuay, con la finalidad de reducir el riesgo a la susceptibilidad de deslizamientos, el GAD Parroquial de Cutchil debe invertir

para una zona de deslizamiento \$113.739,59, ¿Estaría usted de acuerdo a que se invierta en una obra de este tipo?

Sí

No

5._ ¿Las condiciones en las que encuentra el sistema de alcantarillado de la parroquia, son adecuados para la recolección de agua lluvia?

Sí

No

6._ ¿Usted ha participado de algún tipo de charlas o capacitaciones sobre qué medidas tomar o qué hacer ante un deslizamiento?

Sí

No

7._ ¿Qué medidas sabe usted que se ha tomado frente a la susceptibilidad a deslizamientos?

Restricciones en el uso del agua de riego

Limpieza de acequias

Construcción de zanjas de drenaje

.....
.....
.....
.....

8._ ¿Cree usted que la susceptibilidad a deslizamiento afecta económicamente a la parroquia?

Sí

No

Enliste el o los campos afectados

.....
.....
.....

9._ ¿Qué medidas cree que son necesarias para enfrentar un posible deslizamiento?

- | | |
|--|--------------------------|
| No construir en la zona alta | <input type="checkbox"/> |
| No a la expansión agrícola ni ganadera | <input type="checkbox"/> |
| Nuevas leyes | <input type="checkbox"/> |
| Muros de contención | <input type="checkbox"/> |
| Más estudios | <input type="checkbox"/> |
| Todas las anteriores | <input type="checkbox"/> |

Anexos Fotográficos



Figura 50 Encuestas realizadas



Figura 51 Encuestas Realizadas



Figura 52: Encuestas realizadas



Figura 53: Encuestas Realizadas



Figura 54: Estado Actual de las acequias



Figura 55: Estado Actual de las acequias



Figura 56 Recorrido de campo



Figura 57 Recorrido de campo



Figura 58 Recorrido de campo



Figura 59 Recorrido de campo



Figura 60 Agricultura en Cutchil



Figura 61 Agricultura en Cutchil



Figura 62 Agricultura en Cutchil



Figura 63 Ganadería en Cutchil



Figura 64 Espacios destinados a la Ganadería



Figura 65 Espacios de Agricultura y Ganadería

Tabla 9: Base de datos de personas encuestadas

Personas encuestada	Nombre del encuestado	Edad	Sexo		Sector
			Femenino	Masculino	
1	Digna Zuñiga	56	x		San Antonio
2	Rodolfo Zuñiga	48		x	San Antonio
3	Clara Uyaguari	46	x		Cuchil Capilla
4	Rosa Moscoso	54	x		Loma de Cutchil
5	Digna Jimenez	57	x		Cuchil Centro
6	Carlos Quezada	62		x	Cuchil Centro
7	Xavier Brito	31		x	Cuchil Centro
8	Enrique Orellana	72		x	Siticay
9	Sebastian Plasencia	51		x	Cutchil Centro
10	Veronica Benavidez	30	x		Cutchil Centro
11	Maritza Jimenez	34	x		Cutchil Centro
12	Diana Ortega	34	x		Cutchil Centro
13	Justa Avila	71	x		Cutchil Centro
14	Pablo Ordoñez	19		x	Cutchil Centro
15	Margarita Quezada	68	x		Cutchil Centro
16	Carlos Coyago	42		x	Rascorral
17	Etelvina Orellana	68	x		Loma de Cutchil
18	Florinda Samaniego	45	x		Loma de Cutchil
19	Angel Jimenez	62		x	Loma de Cutchil
20	Fanny Quezada	57	x		Loma de Cutchil
21	Lucia Bravo	55	x		San Antonio
22	Bertha Aleman	74	x		Cuchil Centro
23	Victor Ortega	54		x	Satunsaray
24	Manuel Pezantes	79		x	Satunsaray
25	Armando Vallejo	25		x	Satunsaray
26	Elizabeth Navas	22	x		Quimandel
27	Sebastian Jimenez	31		x	Quimandel
28	Juan Coyago	39		x	Zhagualguchi
29	Martha Marca	56	x		Quimandel
30	Maria Arias	67	x		Quimandel
31	Felix Coyago	35		x	Rascorral
32	Rosa Pezantes	65	x		Zhagualguchi
33	Ilda Reinoso	46	x		Rascorral
34	Jose Jimenez	76		x	Loma de Cutchil
35	Jose Ochoa	35		x	Cutchil Centro
36	Ivan Benavidez	45		x	Cutchil Centro
37	Jose Benavidez	67		x	Cutchil Centro

38	Teresa Orellana	45	x		Quimandel
39	Narcisa Loja	35	x		Cutchil Centro
40	Petronila Jimenez	32	x		Rascorral
41	Roberto Placencia	19		x	Cutchil Centro
42	Valeria Placencia	33	x		Rascorral
43	Yolanda Bueno	46	x		Cutchil Centro
44	Narcisa Brito	22	x		Satunsaray
45	Ermel Placencia	31		x	Loma de Cutchil
46	Pablo Jimenez	39		x	Satunsaray
47	Evelyn Granda	56	x		Cutchil Centro
48	Milagros Samaniego	67	x		Rascorral
49	Maria Samaniego	35	x		Cutchil Centro
50	Carlos Guzman	65		x	Loma de Cutchil
51	Franklin Fajardo	46		x	Cutchil Centro
52	Hernan Jimenez	76		x	Loma de Cutchil
53	Juan Llanos	35		x	Cutchil Centro
54	Veronica Llanos	48	x		Loma de Cutchil
55	Valeria Piedra	46	x		Cutchil Centro
56	Natali Molina	54	x		Quimandel
57	Esperanza Placencia	55	x		Satunsaray
58	Lisbeth Coral	32	x		Loma de Cutchil
59	Aida Pesantes	65	x		Zhagualguchi
60	Maria Cali	75	x		Quimandel
61	Valeria Morocho	34	x		Zhagualguchi
62	Empera Morocho	33	x		Cuchil Capilla
63	Brayan Jimenez	22		x	Loma de Cutchil
64	Monica Jimenez	23	x		San Antonio
65	Yessenia Marca	45	x		Siticay
66	Estuardo Bueno	64		x	Loma de Cutchil
67	Miguel Molina	63		x	Cuchil Capilla
68	Maria Ortega	23	x		Cutchil Centro
69	Rosa Bravo	53	x		Loma de Cutchil
70	Romulo Carpio	25		x	Rascorral
71	Bertha Alvarez	57	x		San Antonio
72	Juan Placencia	35		x	Satunsaray

Fuente: Elaboración Propia