



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

**Sede Ibarra**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:**

“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A RIESGOS NATURALES Y AMENAZAS PROVOCADAS POR DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS MEDIANTE EL USO DE SIG EN EL CANTÓN IBARRA PARROQUIAS RURALES SALINAS- LITA.”

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODesarrollo**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**

Línea 04. Gestión Sostenible y Aprovechamientos de los Recursos Naturales

Sublínea 4.2 Ambiente y biodiversidad

**AUTOR:** Alan Stevan Pupiales Ruiz.

**ASESOR:** MSc. Diego Leopoldo Mejía Romo

Ibarra, 2021.



## CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

Ibarra, 15 de Marzo del 2021.

MSc. Diego Leopoldo Mejía Romo.

ASESOR

### **CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f).....  

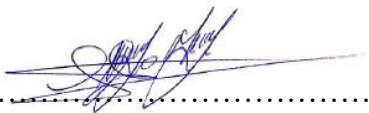

MSc. Diego Leopoldo Mejía Romo.

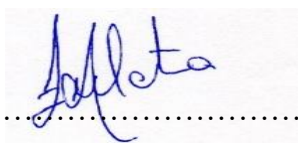
C.C: 100191296-1




## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f).....  
MSc. Diego Leopoldo Mejía Romo  
C.C. 100191296-1

(f).....  
Ph.D. César Alonso Zuleta Padilla  
C.C.: 1001037546

(f).....  
Mgs. Paola Alexandra Chávez Guerrero  
C.C.: 1002744090



## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Alan Stevan Pupiales Ruiz, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 15 de Marzo del 2021.

f):  .....

Alan Stevan Pupiales Ruiz.

C.C.: 100374149-1



## AUTORÍA

Yo, Alan Stevan Pupiales Ruiz, portador de la cédula de ciudadanía N°100374149-1, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): .....

Alan Stevan Pupiales Ruiz.

C.C.: 100374149-1



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Alan Stevan Pupiales Ruiz, con C.C.: 100374149-1, autor del trabajo de grado intitulado: “Identificación de áreas susceptibles a riesgos naturales y amenazas provocadas por deslizamientos de tierras mediante el uso de SIG en el Cantón Ibarra Parroquias Rurales Salinas- Lita.” previo a la obtención del título profesional de Ingeniera en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales “ECAA”.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 15 de Marzo del 2021.

f):  .....

Alan Stevan Pupiales Ruiz.

C.C.: 100374149-1

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,  
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: **“Identificación de áreas susceptibles a riesgos naturales y amenazas provocadas por deslizamientos de tierras mediante el uso de SIG en el Cantón Ibarra Parroquias Rurales Salinas- Lita.”**, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 17 de enero de 2020.

Para constancia firma:

f): .....

Alan Stevan Pupiales Ruiz,  
C.C: 100374149-1  
Ingeniería en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo.

Ibarra, 15 de Marzo del 2021



## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a:

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el apoyo más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi padre, quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos, que siempre han estado juntos a mí brindándome su apoyo incondicional.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mi amiga Stefy que siempre estuvo presente en los momentos más difíciles dándome apoyo y nunca dejarme en los peores momentos de este proceso.

**Alan Stevan Pupiales Ruiz**



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no decaer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

Agradezco también a mi padre por ser un apoyo en mi carrera, en mis logros, en todo y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mis hermanos que supieron apoyarme cuando los necesitaba.

A mi primo Juan, que supo extenderme la mano cuando más lo necesite.

A mi amiga Stefy que siempre estuvo presente en todos los procesos de este proyecto.

Al MSc. Diego Mejía, asesor de tesis, por haberme ayudado de una forma desinteresada en todo momento, por su esfuerzo y dedicación quien con sus conocimientos ha logrado que esta investigación finalice con éxito.

Y finalmente quiero agradecer a los diferentes representantes de los Gobiernos Autónomos Descentralizados de las Parroquias de Salinas y Lita, quienes me supieron brindar la información necesaria.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IX
AGRADECIMIENTO .....	X
RESUMEN .....	1
ABSTRAC .....	2
CAPITULO I.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO II .....	5
OBJETIVOS 5	
2.1 Objetivo General .....	5
2.2 Objetivos Específicos .....	5
CAPITULO III .....	6
ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1 Ubicación Geográfica de las Parroquias Rurales Salinas-Lita .....	6
3.1.1 Parroquia Rural Salinas.....	6
3.1.2 Parroquia Rural Lita .....	6
3.2 Análisis Socio- Cultural .....	7
3.2.1 Componente Demográfico Parroquia Rural Salinas.....	7
3.2.2 Componente Demográfico Parroquia Rural Lita .....	8
3.3 Análisis Biofísico .....	9
3.3.1 Relieve.....	9
3.3.3 Cobertura Vegetal.....	14

3.3.4	Clima .....	15
3.3.5	Agua.....	16
3.3.6	Amenazas.....	17
3.4	Definiciones terminológicas empleadas en el estudio .....	20
3.4.1	Amenaza .....	20
3.4.2	Vulnerabilidad.....	20
3.4.3	Riesgo específico.....	20
3.4.4	Elementos en riesgo.....	20
3.4.5	Riesgo total .....	20
3.5	Amenazas naturales .....	20
3.6	Deslizamientos de tierra.....	21
3.6.1	Deslizamientos superficiales .....	21
3.6.2	Deslizamientos rotacionales .....	21
3.6.3	Deslizamientos traslacionales.....	22
3.6.4	Deslizamientos complejos.....	22
3.7	Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos .....	22
3.7.1	Factores condicionantes .....	22
3.7.2	Factores desencadenantes.....	23
3.8	Sistema de Información Geográfica.....	24
3.9	Métodos para elaboración de mapas y susceptibilidad .....	25
3.9.1	Método Cualitativo .....	25
3.9.1.1	Método Mora Vahrson Mora.....	25
3.9.2	Métodos Cuantitativos .....	26
3.9.2.1	Método determinántico .....	26
3.9.2.2	Métodos estadísticos .....	26
3.9.3	Método Semi- Cuantitativos.....	26

3.9.3.1 Método multicriterio.....	27
CAPITULO IV .....	28
MATERIALES Y METODOS.....	28
4.1 Materiales, Equipos e Insumos .....	28
4.1.1 Materiales .....	28
4.2 Métodos .....	28
4.2.1 Localización del área de estudio.....	28
4.2.2 Levantamiento de información en fase de pre-campo.....	31
4.2.2.1 Instrumentos.....	31
4.2.3 Fase de campo.....	36
4.2.4 Fase de post-campo.. .....	48
CAPITULO V .....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	52
5.1 Levantamiento de información en fase de pre-campo. ....	52
5.2 Fase de campo. ....	85
5.2.1 Identificación de Áreas Susceptibles a Deslizamientos de la Parroquia Salinas. .....	86
5.2.2 Identificación de Áreas Susceptibles a Deslizamientos de la Parroquia Lita. ....	92
5.3 Fase de post-campo .....	98
5.3.1 Prevención y mitigación de deslizamientos de tierra .....	99
5.3.2 Prevención: .....	99
5.3.3 Medidas de Mitigación: .....	101
5.3.4 Identificación de zonas seguras .....	109
5.3.5 Discusión .....	119
CAPITULO VI.....	126

CONCLUSIONES.....	126
CAPITULO VII.....	128
RECOMENDACIONES.....	128
CAPÍTULO VIII .....	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	129
ANEXOS .....	136

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población de la Parroquia, según sexo. ....	7
Tabla 2. Auto identificación según su cultura y costumbres. ....	7
Tabla 3. Población de la Parroquia de Lita. ....	8
Tabla 4. Tipo de Relieve. ....	10
Tabla 5. Relieve de la Parroquia de Lita. ....	12
Tabla 6. Clasificación de tierras por clases agrologicas. ....	13
Tabla 7. Textura del suelo de la parroquia Lita. ....	14
Tabla 8. Red Hídrica. ....	16
Tabla 9. Microcuencas de la parroquia Lita. ....	17
Tabla 10. Amenazas de origen natural y antrópico. ....	18
Tabla 11. Amenazas Naturales de la Parroquia Lita. ....	19
Tabla 12. Categorización de pendientes. ....	40
Tabla 13. Valores de ponderación para el factor pendiente. ....	41
Tabla 14. Valorización del factor de cobertura vegetal. ....	42
Tabla 15. Ponderación para el factor de cobertura vegetal. ....	43
Tabla 16. Calificación del factor litológico. ....	45
Tabla 17. Ponderación del factor de litología. ....	46
Tabla 18. Ponderación del factor de permeabilidad. ....	47
Tabla 19. Ponderación del factor de precipitación. ....	48
Tabla 20. Distribución de las clases de pendientes para la Parroquia Salinas. ....	53
Tabla 21. Distribución de las clases de pendientes para la Parroquia Lita. ....	55
Tabla 22. Formaciones Geológicas de la Parroquia Salinas. ....	58
Tabla 23. Formaciones Geológicas de la Parroquia Lita. ....	61
Tabla 24. Unidades Litológicas de la Parroquia de Salinas. ....	64
Tabla 25. Unidades Litológicas de la Parroquia de Lita. ....	68
Tabla 26. Permeabilidad de la zona de estudio de la Parroquia de Salinas. ....	72
Tabla 27. Permeabilidad de la zona de estudio de la Parroquia de Lita. ....	74
Tabla 28. Cobertura Vegetal de la Parroquia Salinas. ....	76

Tabla 29. Cobertura Vegetal de la Parroquia Lita. ....	79
Tabla 30. Datos de precipitación de la Parroquia Salinas. ....	81
Tabla 31. Datos de precipitación de la Parroquia Lita. ....	83
Tabla 32. Jerarquización de factores condicionantes y detonantes relacionados a la susceptibilidad de deslizamientos de la Parroquia Salinas. ....	86
Tabla 33. Clases de peligro de deslizamientos de la Parroquia Salinas. ....	88
Tabla 34. Jerarquización de factores condicionantes y detonantes relacionados a la susceptibilidad de deslizamientos de la Parroquia Lita. ....	92
Tabla 35. Clases de peligro de deslizamientos de la Parroquia Lita. ....	94
Tabla 36. Ventajas y desventajas de los métodos de control de masas en movimiento. ..	103
Tabla 37. Ventajas y desventajas de los métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas. ....	105
Tabla 38. Ventajas y desventajas de los métodos control de agua superficial y subterránea. .....	107
Tabla 39. Ventajas y desventajas de los métodos de estructuras de contención. ....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación tasa de natalidad Lita.....	9
Figura 2. Mapa de Ubicación Geográfica de la Parroquia Rural Salinas. ....	29
Figura 3. Mapa de Ubicación Geográfica de la Parroquia Rural Lita. ....	30
Figura 4. Clasificación de variables. ....	35
Figura 5. Procedimiento Mapa de Pendientes Parroquia Salinas. ....	38
Figura 6. Procedimiento Mapa de Pendientes Parroquia Lita. ....	39
Figura 7. Mapa de Pendientes de la Parroquia Salinas. ....	54
Figura 8. Mapa de Pendientes de la Parroquia Lita. ....	56
Figura 9. Mapa Geológico de la Parroquia Salinas. ....	60
Figura 10. Mapa Geológico de la Parroquia Lita. ....	63
Figura 11. Mapa Litológico de la Parroquia Rural Salinas. ....	67
Figura 12. Mapa Litológico de la Parroquia Lita .....	71
Figura 13. Mapa de Permeabilidad de la Parroquia Salinas. ....	73
Figura 14. Mapa de Permeabilidad de la Parroquia Lita.....	75
Figura 15. Mapa de Cobertura vegetal de la Parroquia Salinas. ....	78
Figura 16. Mapa de Cobertura vegetal de la Parroquia Lita.....	80
Figura 17. Mapa de Isoyetas de la Parroquia Salinas. ....	82
Figura 18. Mapa de Isoyetas de la Parroquia Lita. ....	84
Figura 19. Diseño del ModelBuilder para obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de tierra Parroquia Salinas. ....	90
Figura 20. Mapa de Deslizamientos de la Parroquia Salinas. ....	91
Figura 21. Diseño del ModelBuilder para obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de tierra Parroquia Lita. ....	96
Figura 22. Mapa de Deslizamientos de la Parroquia Lita. ....	97
Figura 23. Escalonamiento del Talud para detener caídos o derrumbes de roca o suelo. ....	102
Figura 24. Trincheras para control de flujos caídos o avalanchas. ....	102
Figura 25. Trincheras para control de flujos caídos o avalanchas. ....	103
Figura 26. Abatimiento de la pendiente del talud.....	104
Figura 27. Efecto de la remoción de materiales de la cabeza de un talud. ....	104
Figura 28. Contrapeso para la estabilización de un deslizamiento activo. ....	105

Figura 29. Diferentes tipos de canales superficiales para el control de escorrentía. ....	106
Figura 30. Esquema de un muro de concreto para la estabilización de taludes. ....	107
Figura 31. Técnica de pilotes.....	108
Figura 32. Técnica de pantallas ancladas.....	108
Figura 33. Zonas seguras de la Parroquia Salinas. ....	111
Figura 34. Zonas seguras de la Parroquia de Salinas.....	112
Figura 35. Zona segura uno de la Parroquia de Lita.....	114
Figura 36. Zonas seguras dos y tres de la Parroquia de Lita. ....	115
Figura 37. Zona segura cuatro de la Parroquia de Lita. ....	116
Figura 38. Zonas seguras cinco y seis de la Parroquia de Lita. ....	117
Figura 39. Zona segura siete de la Parroquia Lita. ....	118
Figura 40. Representación gráfica de las comodidades necesarias que brindo el lugar en donde se desarrolló la exposición. ....	120
Figura 41. Representación gráfica del material audiovisual utilizado en la exposición. ..	121
Figura 42. Representación gráfica del dominio del tema por parte del expositor. ....	121
Figura 43. Representación gráfica del manejo del auditorio por parte del expositor. ....	122
Figura 44. Representación gráfica de la relevancia que tiene el tema investigado para la sociedad .....	122
Figura 45. Representación gráfica de la relevancia que tiene el tema investigado para la sociedad. ....	123
Figura 46. Representación gráfica sobre si la investigación posee perspectiva para estudios posteriores. ....	124
Figura 47. Representación gráfica acerca si el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio.....	124
Figura 48. Representación gráfica acerca de si los objetivos planteados expuestos en la investigación, se cumplieron. ....	125

## ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Lista Histórica de Desastres Naturales en las Parroquias Rurales Salinas-Lita.	136
Anexo 2. Datos para la elaboración de mapas. ....	138
Anexo 3. Model Builder de la Parroquia Salinas. ....	139
Anexo 4. Model Builder de la Parroquia Lita. ....	140
Anexo 5. Mapa de inventario de deslizamientos de la Parroquia Lita. ....	141
Anexo 6. Mapa de inventario de deslizamientos de la Parroquia Salinas. ....	142
Anexo 7. Coordenadas de los deslizamientos de la Parroquia Salinas.....	143
Anexo 8. Coordenadas de los deslizamientos de la Parroquia Lita. ....	144
Anexo 9. Registro fotográfico de los deslizamientos de la Parroquia Lita.....	145
Anexo 10. Registro fotográfico de los deslizamientos de la Parroquia Salinas.....	148
Anexo 11. Invitación a la socialización. ....	150
Anexo 12. Registro fotográfico del proceso de socialización. ....	151
Anexo 13. Formato de la encuesta para la socialización de la investigación.....	151

## RESUMEN

Las Parroquias Rurales Salinas-Lita se encuentran localizadas en el Cantón Ibarra Provincia de Imbabura, en la región Sierra norte del Ecuador, zona comprendida por una variedad de microclimas que se ven reflejados a lo largo de su topografía particularmente inclinada, razón por la cual presenta pendientes irregulares en cada una de las parroquias que la conforman generándose eventos de deslizamientos de tierra especialmente en épocas de lluvia donde la población rural se ve afectada. La presente investigación se orientó en la generación de mapas cartográficos referentes a la susceptibilidad a deslizamientos de tierra en zonas rurales del Cantón Ibarra, estableciendo zonas con mayor riesgo a este tipo de fenómeno, con el propósito de evitar pérdidas tanto económicas, sociales y lo principalmente humanas. Para realizar este estudio fue necesario ejecutar un levantamiento de información en campo para poder identificar zonas con mayor riesgo a deslizamientos de tierra, para esto se aplicó el método de Mora Vahrson en el cual se eligieron factores condicionantes como pendiente, permeabilidad, litología y cobertura vegetal y un factor detonante que es la precipitación. Se elaboraron diferentes mapas cartográficos tomando en cuenta los valores o ponderaciones que se les asigna a cada uno de los factores, esto se realizó con la ayuda de la herramienta informática ArcGis 10.6.1. A través de la evaluación multicriterio se tomaron en cuenta diferentes especialistas en los temas de Información geográfica, geológica y movimiento de masa de acuerdo con sus criterios y estudios, se establecieron para cada factor un peso o una ponderación que fueron valoradas en un rango del 1 al 5. Los resultados obtenidos para la Parroquia de Salinas fueron: Muy bajo, Moderado y Alto que representan el 95,22%, 1,39% y el 3,26%; para la Parroquia de Lita los resultados fueron: Muy bajo, Bajo, Moderado y Alto representado un 84,16%, 5,06%, 1,45% y el 9,26%, respectivamente de la zona de estudio. Ya con los resultados adquiridos se establecieron propuestas que van enfocadas a la prevención y mitigación de los deslizamientos de tierra identificados en puntos estratégicos en el área de estudio, para así poder evitar daños que puedan causar principalmente a vías principales y a infraestructuras de los asentamientos humanos cercanos a zonas de riesgo.

**Palabras clave:** deslizamientos, mapa cartográfico, ArcGis, pendiente, susceptibilidad

## ABSTRAC

The Salinas-Lita Rural Parishes are located in the Canton Ibarra, Province of Imbabura, in the northern Sierra region of Ecuador, an area comprised of a variety of microclimates that are reflected along its particularly sloping topography, which is why it presents Irregular slopes in each of the parishes that make it up, generating landslide events, especially in times of rain where the rural population is affected.

The present investigation was oriented in the generation of cartographic maps referring to the susceptibility to landslides in rural areas of the Canton Ibarra, establishing areas with greater risk to this type of phenomenon, in order to avoid losses both economic, social and mainly human. To carry out this study, it was necessary to carry out a survey of information in the field to be able to identify areas with greater risk of landslides, for this the Mora Vahrson method was applied in which conditioning factors such as (slope, permeability, lithology and coverage plant) and a triggering factor which is (precipitation). Different cartographic maps were prepared taking into account the values or weights assigned to each of the factors, these will be carried out with the help of the ArcGis 10.6.1 computer tool, which through the multi-criteria evaluation taking into account the Different specialists on the subject of geographic and geological information and mass movement, according to their criteria and studies, a weight or a weighting was established for each factor that was valued in a range from 1 to 5. The results obtained for the Parish of Salinas were: Very Low, Moderate and High that represent 95,22%, 1,39% and 3,26%, for Lita Parish the results were: Very low, Low, Moderate and High representing 84,16%, 5,06%, 1,45% and 9,26%, respectively from the study area.

With the results obtained, proposals were established that are focused on the prevention and mitigation of landslides identified at strategic points in the study area, in order to avoid damage that may mainly cause main roads and infrastructures of nearby human settlements. to risk areas.

**Keywords:** landslides, cartographic map, ArcGis, slope, susceptibility

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Los deslizamientos de suelo que se producen constituyen uno de los problemas más graves que afecta a viviendas cercanas a zonas de riesgo, carreteras y zonas agrícolas repercutiendo en la sociedad, la prevención de estos desastres minimiza los riesgos de escurrimientos de tierra, los cuales permiten alcanzar resultados favorables ya que existe la falta de información hacia las poblaciones aledañas a zonas de susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

El derrumbe de rocas o tierra desde el inicio de una ladera o talud, en forma lenta o rápida, que se produce en épocas de lluvia o en un sismo, dependiendo de la dimensión, destruye todo lo que se encuentra a su paso, en la Costa, sierra y en la región oriental ocurren deslizamientos, la mayoría se presenta durante las estaciones lluviosas (Centros para el Control y la prevención de Enfermedades, 2018).

Cuando la superficie recibe una gran suma de agua, la tierra se ablanda y se desprende formando flujos de lodo y rocas, que se precipitan pendiente abajo. Algunas personas contribuyen a que ocurran deslizamientos, cuando construyen con materiales pesados en terrenos débiles, o cuando realizan excavaciones que desestabilizan las laderas, la deforestación también es una causa de los deslizamientos, ya que el suelo queda desprotegido (Sistema Nacional de Gestión de Riesgos, 2010).

En este caso las amenazas naturales que se originan en el territorio ecuatoriano son principalmente por condiciones geomorfológicas y por efecto de las actividades humanas que se realizan, por lo que específicamente la región sierra es propensa a la erosión del suelo como producto de las intensas lluvias e inundaciones, los deslizamientos de tierra que muchas veces abarcan las avalanchas de lodo, las erupciones volcánicas y sismos. Todas estas producen un aumento en su impacto, cuando este tipo de orígenes se interrelacionan.

El Ecuador, en las últimas décadas, ha presenciado gran cantidad de deslizamientos de tierra, particularmente afectando a las poblaciones vulnerables, de las áreas rurales de las

diferentes provincias, las cuales han llegado a experimentar el incremento de víctimas mortales y número de damnificados por la fragilidad de las zonas en donde este tipo de poblaciones se asientan o transitan a diario ( Agencia de los Estados Unidos Para el Desarrollo Internacional, 2000).

En la actualidad existen estudios realizados referentes a riesgos provocados por deslizamientos de tierra, pese a esto este tipo de estudios no reflejan la situación de nuestra nación y de nuestra zona de estudio, ya que sus diferentes tipos de enfoques describen distintos entornos, pero se los puede considerar como un fundamento de guía metodológica. Por esta razón en el presente estudio, el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) sirvió como herramienta de desarrollo, que permitió establecer la situación presente de zonas caracterizadas con potencial de vulnerabilidad a deslizamientos de tierras, al englobar datos de estudio identificados en el Cantón Ibarra Parroquias rurales Salinas-Lita.

La presente investigación, permitió reconocer las zonas afectadas y propensas a la ocurrencia de un deslizamiento, y de esta manera ayudar a la prevención y mitigación de estos desastres, a través de mapas elaborados mediante los Sistemas de Información Geográfica, los cuales permitirán plantear medidas de acción ante posibles eventos de deslizamiento.

La investigación generada, permitirá contraer acciones y buenas decisiones en una posterior ocurrencia de eventos de peligro, siendo como tal la retirada de los pobladores a sectores identificados como zonas seguras y de esta manera reducir el impacto del desastre natural.

## **CAPITULO II**

### **OBJETIVOS**

#### 2.1 Objetivo General

Identificar áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales provocados por deslizamiento de tierras, para la determinación de zonas seguras, mediante la aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG), en el Cantón Ibarra parroquias rurales Salinas - lita.

#### 2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las zonas con mayor riesgo a deslizamientos de tierra, a través de la evaluación multicriterio y los métodos de Mora-Vahrson, para la detección del grado de riesgo.
- Diseñar cartas temáticas mediante el software ArcGis 10.6.1, para identificar las zonas más vulnerables a deslizamiento de tierra.
- Establecer zonas seguras mediante el uso de cartas topográficas, para la prevención de riesgos que producen los deslizamientos de tierra y plantear medidas de mitigación.
- Socializar los resultados de la investigación en la PUCE-SI.

## CAPITULO III

### ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 Ubicación geográfica de las parroquias rurales Salinas-lita

##### 3.1.1 Parroquia Rural Salinas

La Parroquia Rural de Salinas se encuentra ubicada en el cantón San Miguel de Ibarra, Provincia de Imbabura, más o menos a unos 25,5 Km de la ciudad de Ibarra, limita al sur con el Cantón Urcuqui, mientras que al norte limita con las parroquias de Juan Montalvo, La Carolina y los Cantones de Mira e Ibarra, por el occidente con las parroquias de Cahuasqui, Pablo Arenas y Tumbabiro y al este con los Cantones Ibarra y Mira.

Su altitud va entre los 1.400 y los 2.850 msnm, la temperatura anual promedio es de 19°C y abarca una superficie de 77,79 km<sup>2</sup>. La Parroquia Rural de Salinas posee una población de 1.741 habitantes y su fecha de creación fue el 25 de junio de 1824 (Gobierno Autónomo Descentralizado de Salinas, 2016).

La cabecera parroquial consta con de las siguientes coordenadas geográficas: 0° 29' 36,67" de latitud norte y 78° 7' 53,25" de longitud oeste. (Raymi, 2017).

##### 3.1.2 Parroquia Rural Lita

La Parroquia Rural de Lita se encuentra localizada al norte de las parroquias Jacinto Jijón y Caamaño, al sur con la parroquia La Merced de Buenos Aires por el occidente con la parroquia Alto Tambo y al este por la parroquia la Carolina a una distancia de 119 Km. de Ibarra y a 800 metros sobre el nivel del mar. Por su ubicación geográfica el clima de la parroquia es cálido húmedo, con una temperatura de 25 °C.

La cabecera parroquial consta con de las siguientes coordenadas geográficas: 0° 20' 08" de latitud norte y 78°10' 09" de longitud oeste (Gad Parroquial Lita, 2015).

### 3.2 Análisis socio- cultural

#### 3.2.1 Componente Demográfico Parroquia Rural Salinas.

La población de la parroquia tiene un total de 1741 habitantes, con una proyección poblacional de 1966 al año 2015.

Tabla 1.

*Población de la Parroquia Salinas, según sexo.*

<b>Sexo</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Hombre</b>	887	50,95%
<b>Mujer</b>	854	49,05%
<b>Total</b>	<b>1.741</b>	<b>100%</b>

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

En la Tabla 1 se observa la población total de la parroquia distribuida por sexo, sin embargo, se identifica que no existen grandes diferencias de cantidad entre hombres y mujeres.

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Salinas (2016), menciona que la tasa de crecimiento representa el aumento o disminución de la población por año en un determinado período debido al aumento natural y la migración neta expresada como porcentaje de la población del año inicial o base y en la parroquia corresponde al 0,3%, valor que nos indica que en la parroquia hay crecimiento de la población.

Tabla 2.

*Auto identificación según su cultura y costumbres.*

<b>Etnias</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>
Afro ecuatoriano/a	1.008	57,91
Mestizo/a	653	37,51
Indígena	39	2,24
Blanco/a	31	1,78
Montubio/a	9	0,52
Otro	1	0,06
<b>Total</b>	<b>1.741</b>	<b>100,00</b>

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

Densidad demográfica: Guanoquiza (2010) menciona que la densidad demográfica estudia la relación entre la cantidad de personas que ocupan un territorio y el tamaño de éste; cuando observamos un territorio pequeño habitado por numerosas personas se dice que existe una densidad alta, pero si, por el contrario, tenemos pocas personas habitando un territorio extenso, se dice que la densidad es baja, en la parroquia la densidad demográfica corresponde a 22,3 habitantes por Km<sup>2</sup>.

### 3.2.2 Componente Demográfico Parroquia Rural Lita

La Parroquia Rural de Lita está compuesta por una población total de 3.945 personas, de las cuales el 53% son hombres y 47% son mujeres distribuidos en zonas comunales.

Tabla 3.

*Población de la Parroquia de Lita.*

<b>Sexo</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
Hombre	1.788	2.106
Mujer	1.561	1.839
<b>Total</b>	<b>3.349</b>	<b>3.945</b>

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

La predominancia del género masculino en la zona es evidente, indicador que implica una tendencia de género con poca diferencia en el número de población y también una característica puntual de equilibrio en la distribución de la demografía.

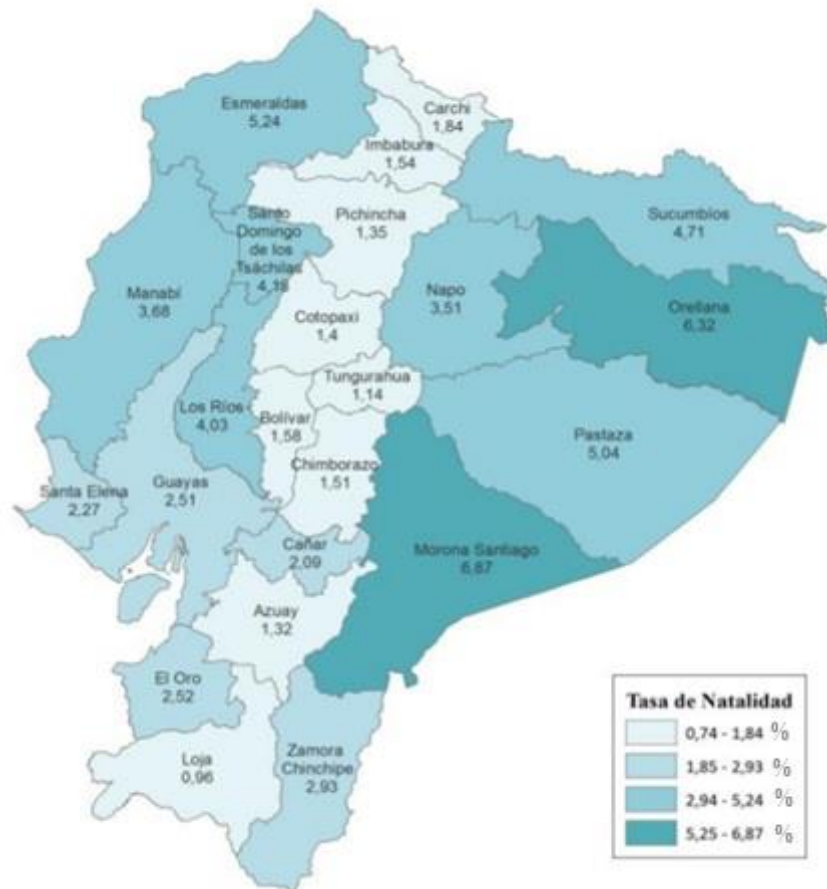


Figura 1. Ubicación tasa de natalidad Lita.

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

### 3.3 Análisis biofísico

#### 3.3.1 Relieve

- Parroquia Rural Salinas

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Salinas (2016), el relieve se refiere al conjunto de irregularidades que presenta la superficie terrestre. Los relieves van cambiando, aunque estos sólo se ven luego de largos periodos de tiempo, pues son muy lentos, salvo cuando se producen terremotos o erupciones volcánicas, ahí se evidencia si la forma del relieve se modifica sustancialmente.

Existen distintas formas de relieve en la parroquia, las mismas que se indican en la Tabla 4, donde se puede observar el porcentaje del territorio de acuerdo al número de hectáreas presentes, por tipo de pendiente y relieve.

Tabla 4.  
*Relieve de la Parroquia de Salinas.*

<b>Rango de pendientes (%)</b>	<b>Relieve</b>	<b>Actividades</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje de territorio (%)</b>
<b>0-5</b>	Plano a casi plano	Cultivos en mayor cantidad	19,82	0,25
<b>5-12</b>	Suave o ligeramente ondulado	Cultivos en mayor cantidad	2.301	29,53
<b>12-25</b>	Moderadamente ondulado	Cultivos en menor cantidad	1.370	17,58
<b>25-50</b>	Colinado	Cultivos, ganadería, pasto	552,80	7,09
<b>50-70</b>	Escarpado	Bosque natural	256,63	3,29
<b>&gt;70</b>	Montañoso	Bosque natural, prioridad de conservación	3.292	42,25
<b>TOTAL</b>			<b>7.794</b>	<b>100</b>

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2003).

En el territorio de la parroquia rural de Salinas existen 6 tipos de relieve, en el cual prevalece un relieve montañoso con un 42,25% del área global; con pendientes mayores al 70%, en la parte alta de la parroquia existen varios bosques y coberturas forestales por lo que se debe realizar actividades conservacionistas para aprovechar estos recursos. El relieve suave o ligeramente ondulado posee un 29,53% en el cual se producen cultivos en mayor cantidad gracias a sus pendientes que oscilan entre 5 al 12%, también la parroquia presenta el relieve moderadamente ondulado representando un 17,58% con pendientes que oscilan entre 12 al 25%, el relieve de tipo escarpado representa un 3,29% del total del territorio parroquial, con un rango de pendiente que oscila entre el 50 al 70% en el que se localizan varios bosques en estado natural, la parroquia también posee suelos de tipo colinado con pendientes que oscila entre el 25 al 50%, representado con un 7,09% del territorio, en el cual se realizan actividades de cultivos de pasto, ganadería y agricultura, y por último presenta un relieve plano a casi plano con el 0,25% del territorio total de la parroquia, con un rango de pendiente de 0-5%, en los que se realizan actividades

agrícolas y de asentamientos humanos con preferencia (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Salinas, 2016).

- Parroquia Rural Lita

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Lita (2015), en la parroquia prevalece el relieve montañoso dividiéndose en cuatro meso- relieves, el primero corresponde a Colinas Altas correspondiente a las comunidades de La Colonia, Río Verde Bajo, Río Verde Alto, San Francisco, La Esperanza de Río Verde, con pendientes superiores al 30%, el segundo relieve con determinación Montañoso, se identifican las comunidades de La Esperanza de Río Verde, El Carmen, Río Verde Medio, con una pendiente de 15 – 30 %, y altitud de 1.161 a 1.920 msnm, se dedican en su mayoría a actividades de agricultura mixta, agroforestería, agro pastoril, ganadería, el tercer tipo de relieve es de terrazas en donde se ubican las comunidades de la Cabecera Parroquial de Lita, La Chorrera, Cachaco, Palo Amarillo, Parambas, con una pendiente del 10%, con altitud entre 800 a 1.160 msnm, en estos sectores la mayoría de la población realiza actividades de, agricultura mixta, agroforestería, agro pastoril, ganadería con pastoreo extensivo. El cuarto relieve corresponde a vertientes identificadas en las comunidades de Río Verde Alto, Río Verde Medio, Cachaco, Santa Rosa, Palo Amarillo, Parambas, Santa Cecilia, con pendiente menor al 10%, con altitud entre 480 a 800 msnm, se desarrollan actividades destinadas a la agricultura mixta, agroforestería, agro pastoril, ganadería con pastoreo extensivo, producción avícola intensiva, pesca, comercio, construcción, servicios de alojamiento, comida, administrativo, turismo, transporte y extracción de minerales

Tabla 5.  
*Relieve de la Parroquia de Lita.*

<b>Relieve</b>	<b>Meso relieve</b>	<b>Localización</b>	<b>Pendiente y altitud predominante</b>	<b>Actividad</b>
Montaña	Colinas altas	La colina, Rio verde bajo, San Francisco	Pendiente >30%, altitud de 1.921 a 2.281 msnm	Agricultura mixta, agroforestería, agro pastoril, ganadería
Montaña	Montañoso	La esperanza de Rio verde, El Carmen	Pendiente de 15-30%, altitud de 1.161 a 1.920 msnm	Agricultura mixta, agroforestería, ganadería con pastoreo.
Montaña	Terrazas	Cabecera Parroquial lita, La chorrera, Cachaco	Pendiente del 10%, con altitud de 800 a 1.160 msnm.	Agricultura mixta, producción avícola intensiva, pesca.
Montaña	Vertientes	Rio verde alto, Cachaco, Santa rosa	Pendiente <10%, con altitud de 480 a 800 msnm.	Agricultura mixta, pesca, comercio,

Fuente: (Sistema de Informacion Geografica Agropecuaria, 2002).

### 3.3.2 Suelos.

- Parroquia Rural Salinas

Basándose en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Salinas (2016), se menciona que en las características generales de los suelos se puede determinar una clasificación de diversos tipos que se agrupan en diferentes unidades de suelo de clases agrícolas, teniendo como base fundamental las características morfológicas, físico-químicas y topográficas que tienen los suelos, que permite el carácter práctico en el manejo de prácticas agropecuarias. En referencia a la clasificación de tierras se evidencia la presencia de siete clases agrológicas de acuerdo a las limitaciones o potencialidades que tienen los suelos para la agricultura y forestación. A continuación, se describe cada una de ellas:

Tabla 6.  
*Clasificación de tierras por clases agrológicas.*

<b>Clases agrológicas</b>	<b>Limitaciones</b>	<b>Actividades</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
I	Tierras sin limitaciones	Laboreo permanente	19,82	0,25
II	Tierras con ligeras limitaciones o con moderadas prácticas de conservación	Laboreo permanente	2.216	28,44
III	Tierras apropiadas para cultivos permanentes que requieren de prácticas especiales de conservación	Laboreo permanente	417,37	5,35
IV	Tierras con severas limitaciones, cultivables con métodos intensivos de manejo	Laboreo temporal	860,85	11,04
V	Tierras no cultivables con severas limitaciones de humedad, aptas para pastos	No laboreo	375,81	4,82
VII	Tierras no cultivables, aptas para fines forestales	Conservación y restauración.	489,59	6,28
VIII	Tierras aptas para conservación de vida silvestre	Conservación y protección y restauración	3.414	43,80
<b>TOTAL</b>			<b>7.794</b>	<b>100</b>

Fuente: (Sistema de Información Geográfica Agropecuaria, 2003).

- Parroquia Rural Lita

Como podemos constatar en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Lita (2015), el suelo está comprendido como el elemento que cubre la superficie del territorio, el mismo que sustenta la vida y las actividades humanas, la mayor parte del suelo de Lita es de textura moderadamente gruesa con un porcentaje del 55,66%, seguidamente con una textura gruesa-media con un porcentaje del 24,37%, y en menor porcentaje del 5,5% se ubica el suelo con textura moderadamente gruesa-fina.

Tabla 7.

*Granulometría del suelo de la parroquia Lita.*

<b>Granulometría.</b>	<b>Porcentaje %</b>
Gruesa – media	24,37
Moderadamente gruesa – fina	5,5
Moderadamente gruesa	55,66
Sin información	14,5

Fuente: (Sistema de Información Geográfica Agropecuaria, 2002).

### 3.3.3 Cobertura Vegetal

- Parroquia Rural Salinas

Basándose en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Salinas (2016), los suelos para uso agrícola representan el 43,41% de la superficie parroquial con 3.374,54 ha, los cultivos se encuentran distribuidos por toda la parroquia, en pendientes que van desde el 5% hasta mayores al 70%. En la parroquia existe gran cantidad de pastos naturales que se encuentran en áreas con procesos de erosión, con una superficie de 1.422,56 ha, que representa el 18,30% del territorio parroquial; se encuentran al centro y sur de la parroquia a una altitud entre los 1.600 hasta los 2.600 msnm y en pendientes que va desde 12% hasta el 50%; también se encuentran pastos cultivados con una superficie de 817,49 ha, que representan el 10,52% del territorio parroquial y se encuentran dispersos en toda la parroquia. La vegetación arbustiva se encuentra en la zona alta y constituyen ecosistemas estratégicos para el abastecimiento de agua para consumo humano y riego de las comunidades zona alta y media, también se encuentran aquí, los bosques presentes en la parroquia, con una superficie de 1.401 ha, que representan el 18,03% del territorio parroquial.

- Parroquia Rural Lita

Fundamentado en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Lita (2015), se define que la mayor parte de cobertura del suelo de Lita es tierra agropecuaria con un porcentaje del 77,89%, seguido se encuentra el área de bosque con un

21,41% siendo casi la tercera parte del total del suelo, esto permite definir que la parroquia Lita tiene un potencial incalculable en sus bosques lo que da lugar al desarrollo de planes, proyectos y programas que ayuden a conservar y explotar este recurso natural, también se determina con 0,56% de vegetación arbustiva y herbácea, el cuerpo de agua tiene el 0,11% de la cobertura del suelo y la zona antrópica está determinada con el 0,03% del área total de la parroquia de Lita

#### 3.3.4 Clima

- Parroquia Rural Salinas

Como se puede constatar en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Salinas (2016), el tipo de clima de la Parroquia Rural Salinas, por estar ubicada en la región sub tropical presenta varios climas que van desde el seco, semi húmedo y húmedo, con una temperatura que oscila entre los 18 y 24 °C, la precipitación es baja y bordea los 500mm anuales, debido a las condiciones de posición en las estribaciones orientales y occidentales de la cordillera, los valles interandinos y las características de relieve hacen que las precipitaciones se distribuyan por la orografía.

- Parroquia Rural Lita

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Lita (2015), se identifican los rangos de temperatura conocidos como isotermas, existentes en cada zona y también las precipitaciones anuales isoyetas, esto ayuda a identificar y delimitar los tiempos de lluvias o sequías e igualmente los meses con incrementos o disminución de la temperatura

El tipo de clima de la Parroquia Rural Lita presentan varios climas que van desde el semi húmedo al húmedo con una temperatura de 25°C, la precipitación es alta y oscila entre los 1,800 a 3.400 mm anuales.

### 3.3.5 Agua

- Parroquia Rural Salinas

El sistema hidrográfico está constituido por drenajes que trasladan agua de manera constante durante todo el año, y por drenajes que no conducen agua permanente y son eventuales en época lluviosa. La Tabla 8 muestra los cuerpos de agua existentes en la parroquia.

Tabla 8.  
*Red Hídrica.*

<b>Clasificación</b>	<b>Red Hídrica</b>
<b>Río</b>	Amarillo
	Ambi
	Mira
	Palacara
<b>Quebrada</b>	Cachiyacu
	Chuspihuaycu
	El Rancho
	La Banda
	Pedregal
	Pingunchuela
	San Guillermo
	San Lorenzo
Yurapamba	

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2013).

- Parroquia Rural Lita

Plan de Desarrollo Territorial de Lita (2015), la parroquia de Lita se encuentra localizada dentro de la cuenca hidrográfica del Río Mira, que es un río ubicado al noroeste de Ecuador y al suroeste de Colombia, en la parroquia Lita, el principal afluente de la cuenca del Mira, es el Río Lita, el cual nace en la parroquia Buenos Aires del cantón Urcuquí y recorre en dirección sur – norte a la Cuenca del Río Mira, convergen y un porcentaje de riachuelos y quebradillas fluyen al Río Mira. Por el oeste encontramos que al río Mira converge la Microcuenca del Río Verde y un porcentaje bajo de drenajes menores afluentes del Río Lita.

En la tabla 9, se distingue que el principal afluente del Río Mira es el Río Verde con un 31,03%, seguido del Río Bareque con un 29,44%, en tercer lugar, se encuentra el Río Cachaco con 10,97% de afluencia y en menores cantidades están el Río Parambas y el Río San Vicente, con la existencia significativa de la afluencia de drenajes menores.

Tabla 9.  
*Microcuencas de la parroquia Lita.*

<b>Microcuencas</b>	<b>Subcuenca</b>	<b>Porcentaje %</b>
R. Parambas	Rio Mira	5,39
R. Cachaco	Rio Mira	10,97
R. San Vicente	Rio Mira	5,03
R. Verde	Rio Mira	31,03
R. Bareque	Rio Mira	29,44
Drenajes Menores	Rio Mira	18,11

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2013).

### **3.3.6 Amenazas**

- **Parroquia Rural Salinas**

Se evidencia la presencia de amenazas de origen natural y antrópico, tal como se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10.  
*Amenazas de origen natural y antrópico.*

<b>Amenazas de origen natural</b>			
<b>Amenazas</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Ocurrencia</b>	<b>Nivel</b>
Zona de muy alta intensidad sísmica	Toda la parroquia	Periódica	Incidencia Mayor
Zona de susceptibilidad a erosión	Parte alta de la parroquia	Periódica	Incidencia Mayor
Sequia	Parte baja y media de la parroquia	Frecuente	Incidencia Mayor
<b>Amenazas de origen antrópico</b>			
Quema de vegetación	Parte media de la parroquia	Media	Incidencia Menor
Tala	Toda la parroquia	Baja	Incidencia Menor
Contaminación	Toda la parroquia	Media	Incidencia Menor
Avance de la frontera agrícola	Sector agrícola hacia las partes altas	Alta	Incidencia Mayor
Erosión	Toda la parroquia	Media	Incidencia Menor
Incendios forestales	Toda la parroquia	Baja	Incidencia Menor
Botaderos a cielo abierto	Quebradas	Alta	Incidencia Menor
Descarga de aguas residuales sin tratamiento	Quebradas y Ríos	Alta	Incidencia Menor

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2016).

En el Plan de Ordenamiento Territorial de Salinas (2016), se menciona que la mayor amenaza son los procesos de erosión, que están muy relacionados con las actividades de origen humano, principalmente la deforestación que se realiza en busca de nuevas áreas para la implementación de cultivos, también influye la falta de planes de prevención y contingencia a ser implementados y evitar este tipo de problemas, además de los riesgos de origen natural se presentan también amenazas de origen antrópico a los que está expuesto el territorio, la deforestación por la tala de bosques, contaminación de los ríos con desechos de productos químicos y descarga de aguas servidas sin tratamiento, lo

que agrava la problemática ambiental con la quema de bosques y vegetación en los terrenos agrícolas.

- Parroquia Rural Lita

Basándose en el Plan de Ordenamiento Territorial de Lita (2015), se identifica en la tabla 11 la existencia de amenazas naturales como la sequía que se focaliza en toda la parroquia de Lita con ocurrencia media, este suceso se produce en los meses de junio, julio y agosto, junto con esta amenaza vienen las quemas que se dan en mayor parte al Norte de la Parroquia, también ocurren los deslizamientos en toda la parroquia con incidencia baja, cabe recalcar que la mayor parte de deslizamientos ocurren al borde de las vías de segundo orden, la caza y tala tiene una ocurrencia media y se ubican, la primera, que es la superior al noroeste y la segunda se identifica en toda la parroquia, la erosión ocurre en la mayor parte de la parroquia con ocurrencia aun baja, y la contaminación específicamente de las cuencas se dan en ocurrencia media en el río Mira y Lita.

Tabla 11.

*Amenazas Naturales de la Parroquia Lita.*

<b>Amenazas Naturales</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Ocurrencia</b>
Sequia	Todo el GAD	Media
Deslizamientos	Todo el GAD	Baja
<b>Amenazas antrópicas</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Ocurrencia</b>
Quema	Norte del GAD	Media
Tala	Todo el GAD	Media
Caza	Nor Oeste del GAD	Media
Erosión	Todo el GAD	Baja
Contaminación	Rio Mira y Rio Lita	Media

Fuente: (Diagnostico Parroquial, 2015)

### 3.4 Definiciones terminológicas empleadas en el estudio

#### 3.4.1 Amenaza

Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado (Cardona, 2001).

#### 3.4.2 Vulnerabilidad

Es el compuesto de una sucesión de fenómenos ambientales, económicos, sociales, físicos y culturales que se asocian entre sí para establecer la inconsistencia de un área a ser afectado por un anómalo natural (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, 2005).

#### 3.4.3 Riesgo específico

Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad (Cardona, 2001).

#### 3.4.4 Elementos en riesgo

Son las poblaciones, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada (Cardona, 2001).

#### 3.4.5 Riesgo total

Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daño a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico y los elementos en riesgo (Cardona, 2001).

### 3.5 Amenazas naturales

Una amenaza natural puede definirse como un proceso geológico o climatológico potencialmente dañino para la población. Su ocurrencia, de acuerdo a su intensidad, puede provocar “desastres” o “catástrofes”, que involucran desde la pérdida de

vidas humanas y graves daños en la infraestructura edilicia, caminos, etc., así como pérdidas económicas.

En su mayoría, las amenazas naturales son difíciles de predecir con absoluta precisión del momento (día y hora), lugar e intensidad que tienen lugar. Sin embargo, los estudios geológicos permiten diagnosticar la presencia de amenazas con posibilidades de ocurrencia con precisión variable según los casos (terremotos, deslizamientos de tierra, erupción de volcanes, inundaciones, etc.) (Ojeda et al., 2008).

### 3.6 Deslizamientos de tierra

Los deslizamientos de tierra son movimientos lentos o rápidos del basto superficial de la cubierta terrenal que se producen cuesta abajo de un peñasco, en la cual se ha desatado un rompimiento relativo en su superficie que genera una inestabilidad sobre esta (Alcántara, 2005).

#### 3.6.1 Deslizamientos superficiales

Son aquellos que se encuentran ubicados en pendientes de más o menos a 20° de desnivel. Presentan un área de arrastramiento y provoca cambios notables de la disposición de la superficie. Es un anómalo exuberante en laderas empinadas con pendientes iguales o mayores a los 20°, con amplias, pero no considerablemente profundas cubiertas aluviales, habitualmente utilizadas para agricultura y/o ganadería. (Flores et. al., 2011).

#### 3.6.2 Deslizamientos rotacionales

Con relación a los deslizamientos rotacionales, ellos son frecuentes en suelos homogéneos (cohesivos), se caracterizan porque el área de quiebra tiene forma de torsión o forma de cucharilla, en este arrastramiento la aglomeración deslizada se acumula al pie de la pendiente, así como una prominencia (Maldonado, 2018).

### 3.6.3 Deslizamientos traslacionales

Los deslizamientos traslacionales pueden generarse en suelos y rocas, la falla se da a través de una o varias superficies de falla (gradación, unión entre rocas, planos de debilidad) que son planas y se orientan a apoyo del declive (talud) (Maldonado, 2018).

### 3.6.4 Deslizamientos complejos

Son aquellos que resultan de la composición de dos o más tipos de movimientos elementales descritos precedentemente. Estos movimientos alcanzan generalmente gran tamaño afectando, a veces, a laderas completas. En el área de estudio los más frecuentes son los conformados por un movimiento traslacional en principio y un creciente al extremo (Varnes, 2004).

## 3.7 Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos

Los deslizamientos son producidos por ambas causas fundamentales: las de tipo interno y las de tipo externo. Las causas externas son todas aquellas que producen un aumento en la tirantez o esfuerzos, sino en la firmeza de los materiales, en tanto que las causas internas son las que disminuyen la solidez de los materiales, sin substituir la resistencia o esfuerzos (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2008).

### 3.7.1 Factores condicionantes

Según Pineda (2014), los factores condicionantes están unidos al ambiente, constitución, disposición y forma del terreno entre, ellos tenemos:

- ✓ Litología: Homogénea o Heterogénea
- ✓ Microestructura: Fabrica y Textura
- ✓ Estructura Geológica:
- ✓ Tectónica,
- ✓ Meteorización,
- ✓ Pendiente y el relieve

- ✓ El clima y la Hidrología
- ✓ Sismicidad,
- ✓ Factor Tiempo
- ✓ Geomorfología

### 3.7.2 Factores desencadenantes

Sieron (2012) considera que los factores externos actúan sobre el talud liberando una inestabilidad al momento que se modifican las condiciones preexistentes.

Pueden considerarse como factores externos los que actúan sobre la ladera provocando o desencadenando su inestabilidad al modificar las condiciones preexistentes.

- Factores desencadenantes naturales
  - ✓ Fuertes precipitaciones
  - ✓ Inundaciones
  - ✓ Socavamiento (oleaje) y erosión fluvial
  - ✓ Erupciones Volcánicas
  - ✓ Terremotos
  - ✓ Cambios de volumen
- Factores desencadenantes antrópicos
 

Según Tambo (2011), los factores desencadenantes antrópicos son:

  - ✓ Acrecentamiento de peso de desnivel (pendiente) por aglomeración de escombros o construcciones
  - ✓ Excavaciones con retroceso de materiales del extremo del talud
  - ✓ Formación de taludes artificiales
  - ✓ Inundaciones causadas por roturas de presas
  - ✓ Estancamiento de aguas por impermeabilización y asfaltado, y encharcamiento por excesos de riegos
  - ✓ Deforestación de taludes
  - ✓ Explosiones realizadas en la cimentación de carreteras, minas

### 3.8 Sistema de Información Geográfica

Gutiérrez y Gould (1994) mencionan que los Sistemas de Información Geográficos son, en primer término, sistemas de información, es decir, programas diseñados para representar y gestionar grandes volúmenes de datos sobre ciertos aspectos del mundo

Un Sistema de Información Geográfico (SIG) es un sistema de información diseñado para trabajar con datos georreferenciado mediante coordenadas espaciales geográficas, es decir, con información geográfica.

Según Araneda (2002), un Sistema de Información Geográfico (SIG) es un sistema asistido por computador para la captura, almacenamiento, recuperación, análisis y despliegue de la información espacial, permitiendo procesar y generar nueva información derivada de la ya existente sobre la base de conceptos como localización, relación, descripción y base de datos relacional.

Otra manera distinta de observar el procedimiento SIG es atendiendo a los elementos básicos que lo componen. Cinco son los elementos principales que se contemplan tradicionalmente en este contenido (Sarria, 2000):

- **Datos.** Los datos son el componente principal necesario para la labor en un SIG, y los que contienen la información geográfica importante para la propia existencia de los SIG.
- **Métodos.** Un aglomerado de formulaciones y metodologías a emplear sobre los datos.
- **Software.** Es necesaria una aplicación informática que pueda ocuparse con los datos e implemente los métodos anteriores.
- **Hardware.** El aparato necesario para elaborar el software.
- **Personas.** Las personas son las encargadas de diseñar y manipular el software, siendo el motor del procedimiento SIG.

Un método excelente de utilización de un SIG para zonificación de peligro de deslizamientos es su composición con capacidades de procesos de retratos, tales como aerofotografías escaneadas e imágenes de satélite, por lo que el método Raster es

crecidamente ventajoso. El sistema debe ser hábil al desarrollar análisis espacial referente a mapas múltiples y tablas de atributos.

### 3.9 Métodos para elaboración de mapas y susceptibilidad

#### 3.9.1 Método Cualitativo

Los tipos básicos de métodos cualitativos utilizan índice de arrastramiento basados en opiniones de expertos para emparejar las áreas con similares características geológicas y geomorfológicas, que son susceptibles a deslizamientos de tierra (Abril, 2004). En estos métodos, los factores principales para el mapeo de amenazas de deslizamiento son el mapa de deslizamientos ocurridos en el pasado en la zona de estudio y su geomorfología (Munarriz, 2000).

Dentro de los métodos cualitativos más destacados se encuentran:

##### 3.9.1.1 Método Mora Vahrson Mora

Para el progreso del método es preciso la composición de varios factores y parámetros, los cuales se obtienen del análisis y comprobación de indicadores morfo dinámicos y su colocación espacio - temporal, es precisamente como se considera que el estado de susceptibilidad al deslizamiento es el fruto de los elementos pasivos o desencadenantes y la acción de factores de detonantes (Hernández et. al., 2010).

La metodología es sencilla, simplemente recordada y entendible, los factores manejados son claros y la metodología utilizada es considerablemente aceptada, incluye los factores más significativos a partir del punto de perspectiva del desequilibrio de laderas, divide la superficie estudiada en sectores de conducta similar y suministra una base para concebir las características de cada uno de estos sectores. Y posteriormente el resultado de su aplicación será un excelente discernimiento de los fenómenos naturales en el área de estudio, lo cual incide en su progreso efectivo y perdurable (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, 2011).

El método MVM permite alcanzar una zonificación de la susceptibilidad del área a deslizarse, mediante la composición de la valoración y peso referente de diversos indicadores morfo dinámico, la cual es sencilla de implementar en un SIG (Chaverri, 2016).

### 3.9.2 Métodos Cuantitativos

Este tipo de métodos se basa en memorias matemáticas que correlacionan los factores usuales y deslizamientos de superficie. Ambos tipos de métodos cuantitativos que se utilizan usualmente son determinístico y estadístico, como se especifica en lo siguiente (Pinillos, 2017).

#### 3.9.2.1 Método determinántico

En estos métodos, el estado de peligro se expresa por intermedio de un elemento de seguridad, para lo cual es forzoso fabricar modelos de análisis de permanencia de taludes con base en la investigación obtenida, dichos modelos requieren de información específica relacionando estratificación, estructura, propiedades de intransigencia de los materiales y modelos de simulación de niveles freáticos de convenio a periodos de regreso (Suárez, 2013).

#### 3.9.2.2 Métodos estadísticos

En el procedimiento estadístico los factores se califican mediante la usanza de puntajes ponderados y se combinan con ecuaciones matemáticas que determinan la posibilidad de acontecimiento del fenómeno. Los factores de desequilibrio de deslizamiento tales como en el ángulo de la pendiente el tipo de suelo, el uso del suelo, la cuantía de precipitación revestimiento vegetal entre otros; se consideran como variables independientes responsables de los deslizamientos, mismos que son considerados variables dependientes (Mendoza et. al., 2017).

### 3.9.3 Método Semi- Cuantitativos

Este tipo de métodos semi- cuantitativos son metodologías que utilizan procedimientos de aprobación y apreciación de datos. A esta metodología

pertenece el progreso metódico diferenciado y la composición lineal ponderada (Ramírez, 2006).

Dentro de esta metodología se puede mencionar el siguiente método:

#### 3.9.3.1 Método multicriterio.

En este procedimiento se realizan un estudio de la suspicacia de deslizamiento adentro de SIG, en donde se integran factores condicionantes y desencadenantes del desequilibrio de laderas asimismo como técnicas de valoración multicriterio basadas en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases. Este método permite valorar cuantitativamente la consistencia en la retribución de pesos, con lo que se reduce la ecuanimidad inmanente a esta, que se típica de los métodos de indexación. Este método es fundamentalmente ventajoso para evaluación de la suspicacia a escalas intermedias (1:25.00 y 1:50.000) en zonas existentes datos geotécnico e hidrogeológicos, y en las que conjuntamente no es posible ejecutar muestreos estadísticos adecuados (Abril, 2004).

## **CAPITULO IV**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### 4.1 Materiales, Equipos e Insumos

##### 4.1.1 Materiales

- Libreta de Campo
- Cartografías Digitales
- Datos Geoespaciales
- GPS GARMIN GPSMAPS 64st
- Computadora HP Intel Core i5-4210U
- Cámara Fotográfica Sony CORP DSC-W330
- Drone Holy Stone HS-100G/HS GPS PRO app ver: 2.1.2

#### 4.2 Métodos

##### 4.2.1 Localización del área de estudio

La investigación se realizó en el Cantón Ibarra, en las Parroquias Rurales de Salinas que se encuentra a una altitud de 2500 msnm y en Lita que se encuentra a una altitud de 800 msnm y temperaturas que oscilan desde los 19C° grados hasta los 26C°.

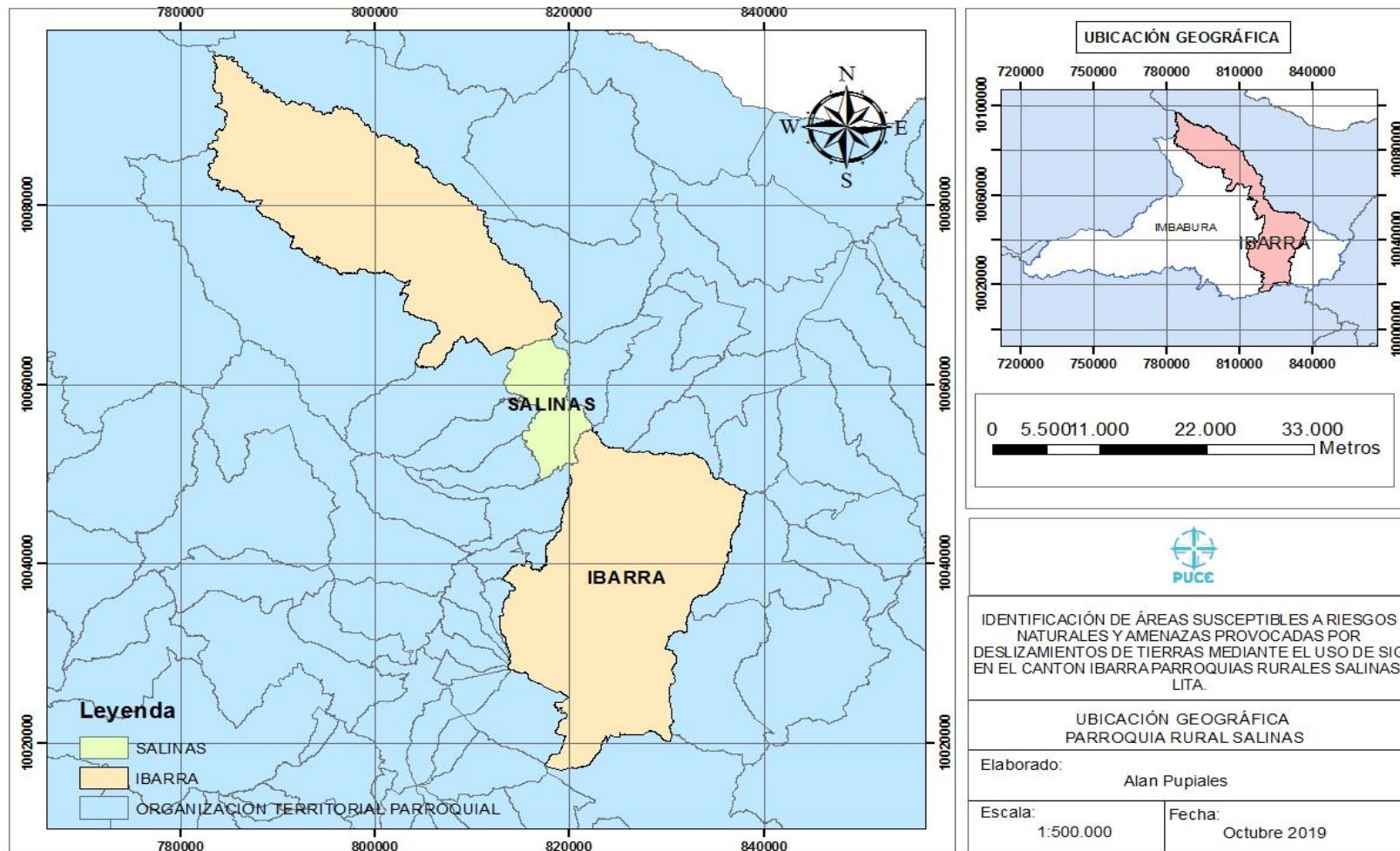


Figura 2. Mapa de Ubicación Geográfica de la Parroquia Rural Salinas.  
Fuente: El Autor.

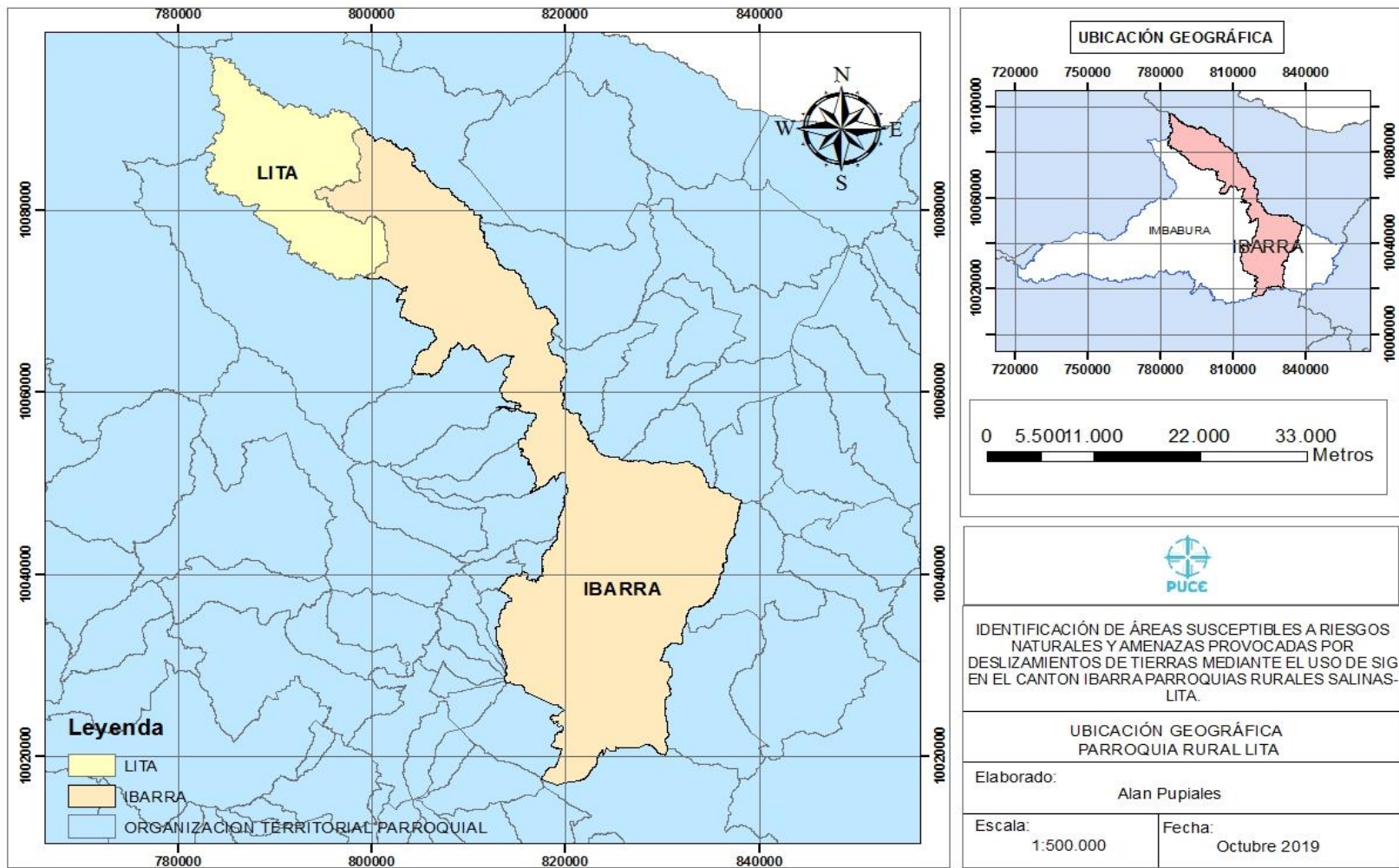


Figura 3. Mapa de Ubicación Geográfica de la Parroquia Rural Lita.

Fuente: El Autor.

4.2.2 Levantamiento de información en fase de pre-campo. Establecer la ubicación de zonas susceptibles a deslizamientos y sus posibles causas de vulnerabilidad.

En esta etapa de pre-campo, como primer lugar se realizó la demarcación de la zona de estudio, constituyendo las parroquias rurales de Salinas y Lita tomando como correspondencia el levantamiento de la información. A continuación, se efectuó el reconocimiento de la información con correlación al tema de investigación, fundamentalmente con estudios que se enfoquen a los deslizamientos de tierra dentro de las parroquias o del cantón.

Se realizó la verificación de cartas temáticas en los que se pudo comprobar varios datos, que facilitaron examinar los datos adquiridos de otras investigaciones, con la conclusión de conseguir puntos clave correspondientes a la indagación.

Por último, se verificó el material digital que se obtuvo por medio de los diferentes medios con relación a la zona de estudio.

#### 4.2.2.1 Instrumentos

➤ Mapas temáticos

Para la elaboración de las cartas temáticas, se distribuyeron en orden secuencial como fue:

- Cobertura vegetal
- Formaciones Geológicas
- Litología
- Permeabilidad
- Precipitación

Para esto se hizo una recopilación de los diferentes shapefile obtenidos de las diferentes páginas oficiales del gobierno, relacionados con los factores importantes para el desarrollo de este estudio como fueron:

- Geología
- Suelos

- Isoyetas

Es significativo mencionar el resultado obtenido de estos mapas ya que contienen datos muy importantes relacionados con las diferentes zonas, los cuales fueron proyectados y categorizados de acuerdo a la información requerida en el mapa.

- Método Heurístico

Según Molina (2009), el método heurístico se basa en el estudio conceptual de los procesos de ocurrencia de los deslizamientos y requiere del análisis por parte de profesionales con conocimientos y experiencia tanto de la región estudiada como de los procesos. En el análisis heurístico, el mapa de amenazas es hecho utilizando el conocimiento del profesional especializado sobre un sitio específico, a través de fotointerpretación o trabajo de campo. Este mapa puede hacerse directamente en el campo o recodificando un mapa geomorfológico. El procedimiento es la asignación subjetiva de pesos o valores a los factores relevantes y a las subclases para obtener una suma de susceptibilidad a amenaza relativa.

En este caso fue importante considerar mapas que se relacionen con los factores intrínsecos que de una u otra manera se involucran en el movimiento de masas, conformando dentro de esto la cobertura vegetal, geología, drenaje y la pendiente, también fue necesario implicar a los factores extrínsecos los cuales son detonantes naturales, como en las importante que es la lluvia.

Esto fue clave para poder establecer la retribución de pesos a cada uno de los factores anteriormente mencionados, esto fue de suma importancia para así poder obtener una sumatoria final de susceptibilidad en el campo de estudio.

- Método de Mora Vahrson

Según Hervás (2001), es un método indirecto de evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos dentro de un SIG, que integra factores condicionantes de la inestabilidad de laderas, algunos de ellos extraídos a partir del análisis de imágenes de satélite multispectrales y multitemporales, y técnicas de evaluación multicriterio basadas en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases.

Esta metodología radica en la observación y medición de indicadores morfodinámicos, donde se obtendrá diferentes parámetros, al momento de ser combinados se observará el tipo de factor causante de la inestabilidad en las diferentes zonas de estudio. En el método de Mora Vahrson se aplicará el peso según el grado de importancia para cada parámetro, obteniendo el mapa resultante de los deslizamientos de tierra. (Mora et al., 1994).

La eficacia de este método es buena, por lo que no se necesita aplicar muchas cantidades de variables, lo mejor es utilizar parámetros precisos con el área de estudio para así poder identificar los riesgos que existen en las laderas. Actualmente en el Ecuador esta metodología es muy utilizada por el Instituto Espacial Ecuatoriano con el propósito de identificar de manera más ágil las zonas que tienen mayor grado de peligro de deslizamientos de tierra.

La ecuación de Mora Vahrson es la siguiente:

$$(2) Ad = (Rr * L * H) * (S + LI)$$

Donde:

Ad: Grado de amenaza de deslizamientos

Rr: Relieve relativo

L: Condiciones litológicas

H: Intensidad sísmica

S: Humedad del suelo

LI: intensidad de lluvias

Procedimiento:

La metodología propuesta se programa basándonos en los métodos Heurístico y en el método Mora Vahrson, con la intención de conseguir el mapa respectivo a deslizamientos de tierra pertenecientes a las Parroquias Rurales Salinas, Lita, tomando en cuenta los elementos que más influyen en la zona de estudio y así darle más grado a cada uno de estos.

La ecuación propuesta es la siguiente:

$$(2) D = (Pn * Cv * Lt * Pe) * (LI)$$

Donde:

D= Índice de susceptibilidad a deslizamiento

Pn= Pendiente

Cv= Cobertura vegetal

Lt= Litología

Pe= Permeabilidad

Ll= Intensidad de lluvia

En este transcurso fue de mayor importancia establecer los diferentes factores que tuvieran mayor relevancia para este estudio, dando como resultado las variables más representativas como son:

- Pendiente
- Permeabilidad
- Litología estos corresponden a la condición intrínseca

La cobertura vegetal como condición biológica y por último la precipitación con condición hidrometeorológica correspondiendo a un factor detonante, como se pauta en la figura siguiente:

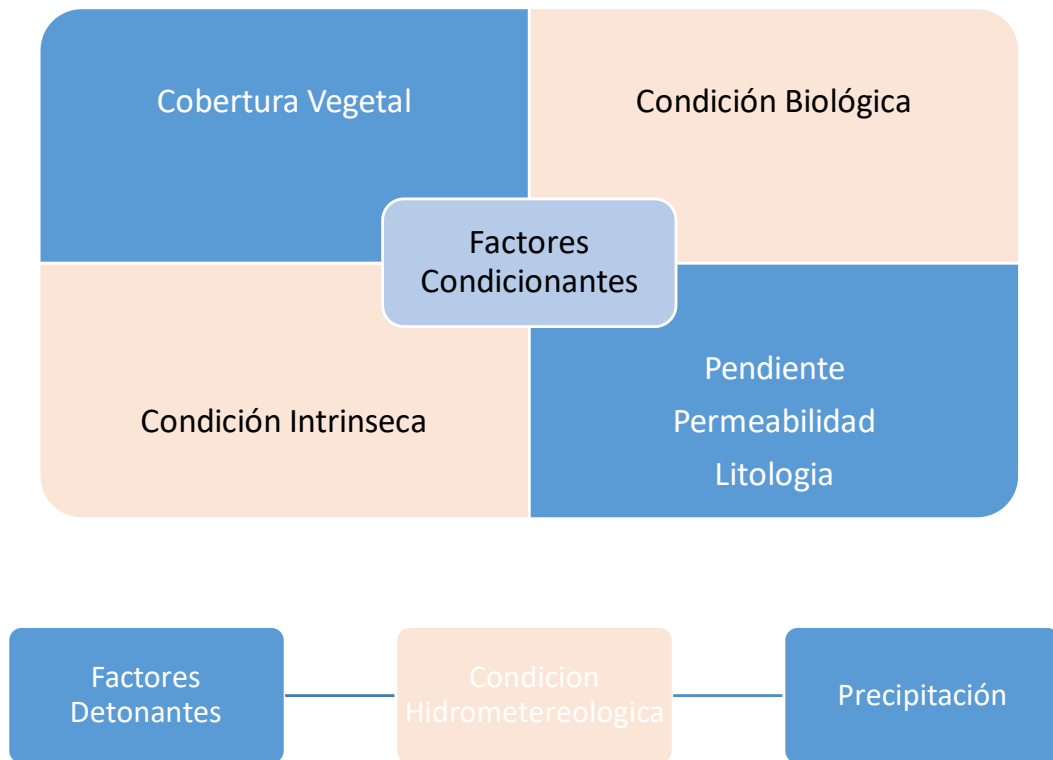


Figura 4. Clasificación de variables.

Fuente: El Autor.

➤ Valoración de variables

En lo que concierne a los diferentes valores para la asignación a cada uno de los factores tanto condicionantes como detonantes, se consideró el nivel de importancia con la cual debe ir cada una de las variables que influyan sobre los deslizamientos de tierra en el lugar de estudio. Las ponderaciones se fueron colocando a partir del número 1 siendo este el de menor atribución a deslizamientos de tierra, y el número 5 como el de mayor grado de predominio y peligro a deslizamientos de tierra, se tomó estas ponderaciones rigiéndonos a la matriz de ponderaciones de variables establecida por la Secretaria Nacional De Gestión De Riesgos Del Ecuador (SNGR), en donde se considera para cada factor un peso preestablecido claramente para el territorio nacional.

#### 4.2.3 Fase de campo. Diseñar cartografías temáticas para la identificación de zonas vulnerables a deslizamientos de tierra.

El reconocimiento y levantamiento de la información de campo se realizó en los meses de Enero y Febrero del 2020, para este reconocimiento, la metodología utilizada fue de manera in situ, dando prioridad a los lugares donde se hubieran suscitado los deslizamientos de tierra de manera continua, con la finalidad de prestar más atención al estado actual de cada lugar donde ocurrió estos fenómenos naturales y así poder establecer de qué manera afecta a la sociedad que se encuentra en los alrededores, como también su nivel económico refiriéndonos a viviendas, vías o plantaciones.

En esta fase cabe recalcar que se realizó diferentes salidas de campo, para observar las vías principales que puedan llegar a ser más afectadas por los deslizamientos de tierra, que se puedan apreciar a simple vista y así tener una memoria fotográfica, registros con el GPS, para posteriormente poder tener un inventario y llegar a comparar con los sitios generados en la investigación.

Para la realización de los diferentes mapas se utilizó el método heurístico que se basa en el estudio conceptual de los procesos de ocurrencia de los deslizamientos y requiere del análisis por parte de profesionales con conocimientos y experiencia tanto de la región estudiada como de los procesos.

Otro método utilizado en este estudio es el método multicriterio que se basa en técnicas de valoración multicriterio establecidas en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases.

En la actualidad existen varios estudios con relación al tema de análisis de amenazas por movimientos de masa en los diferentes cantones, en la mayoría de investigaciones recalcan como mayor predominante para los procesos de deslizamientos de tierra al factor pendiente, acatando a la magnitud gravitacional que presenta una ladera. En esta investigación se puede afirmar la posibilidad de que se genere un deslizamiento de tierra, sabiendo que el factor pendiente es muy clave en este proceso.

#### ➤ Pendientes

Según Osorio (2013), menciona que la variable denominada pendiente, considera tanto el ángulo de inclinación como la longitud de la ladera y los marcados cambios de pendiente a través de las laderas. Todos los autores consideran que es una variable, algunos las combinan con las formas (morfología), el índice de relieve relativo, las diferencias de altitud, y las direcciones de las pendientes; conceptos que son agrupadas en la ciencia denominada geomorfología, junto con la morfodinámica (procesos erosivos y neotectónicos).

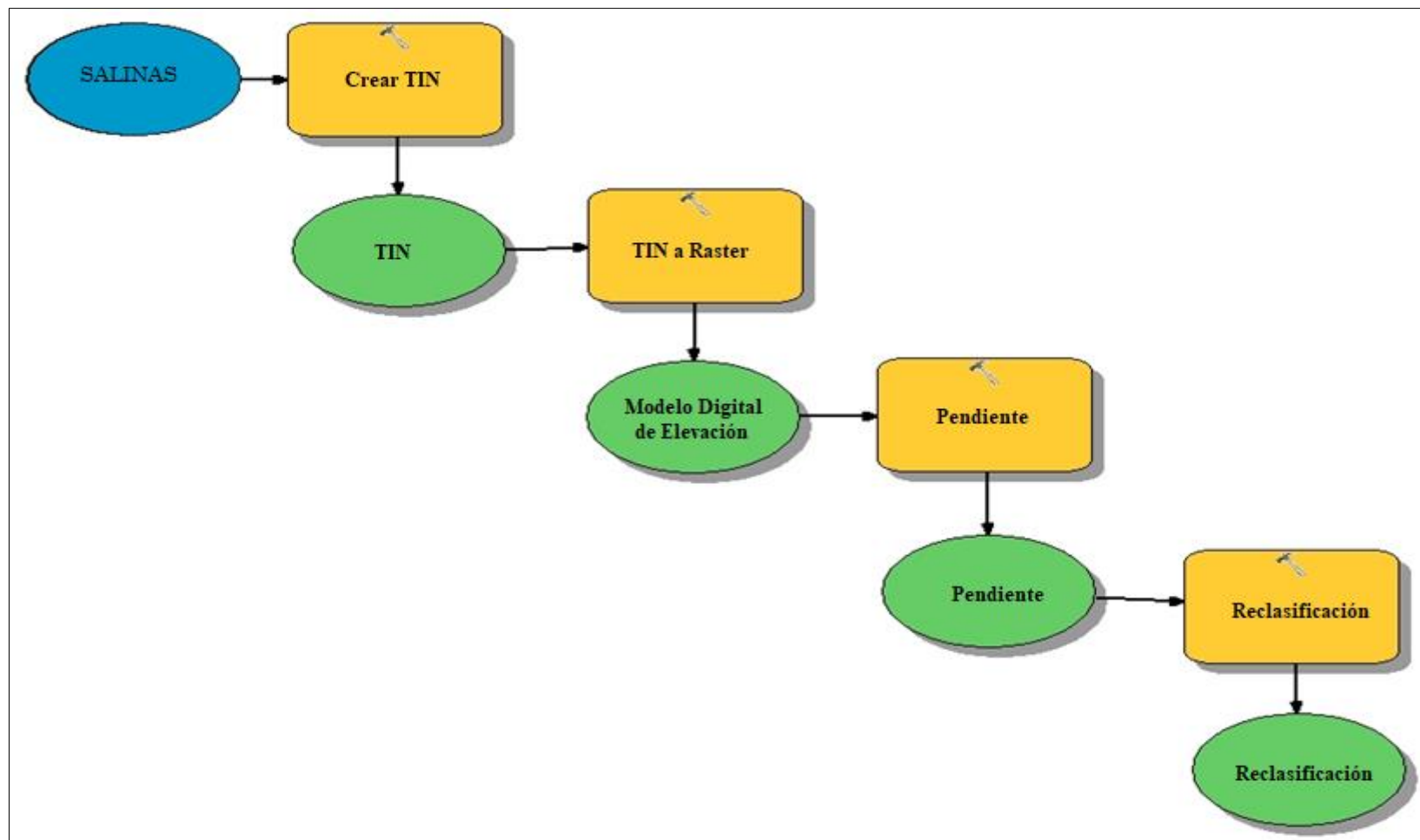


Figura 5. Sistematización Model Builder para mapa de Pendientes Parroquia Salinas.

Fuente: El Autor.

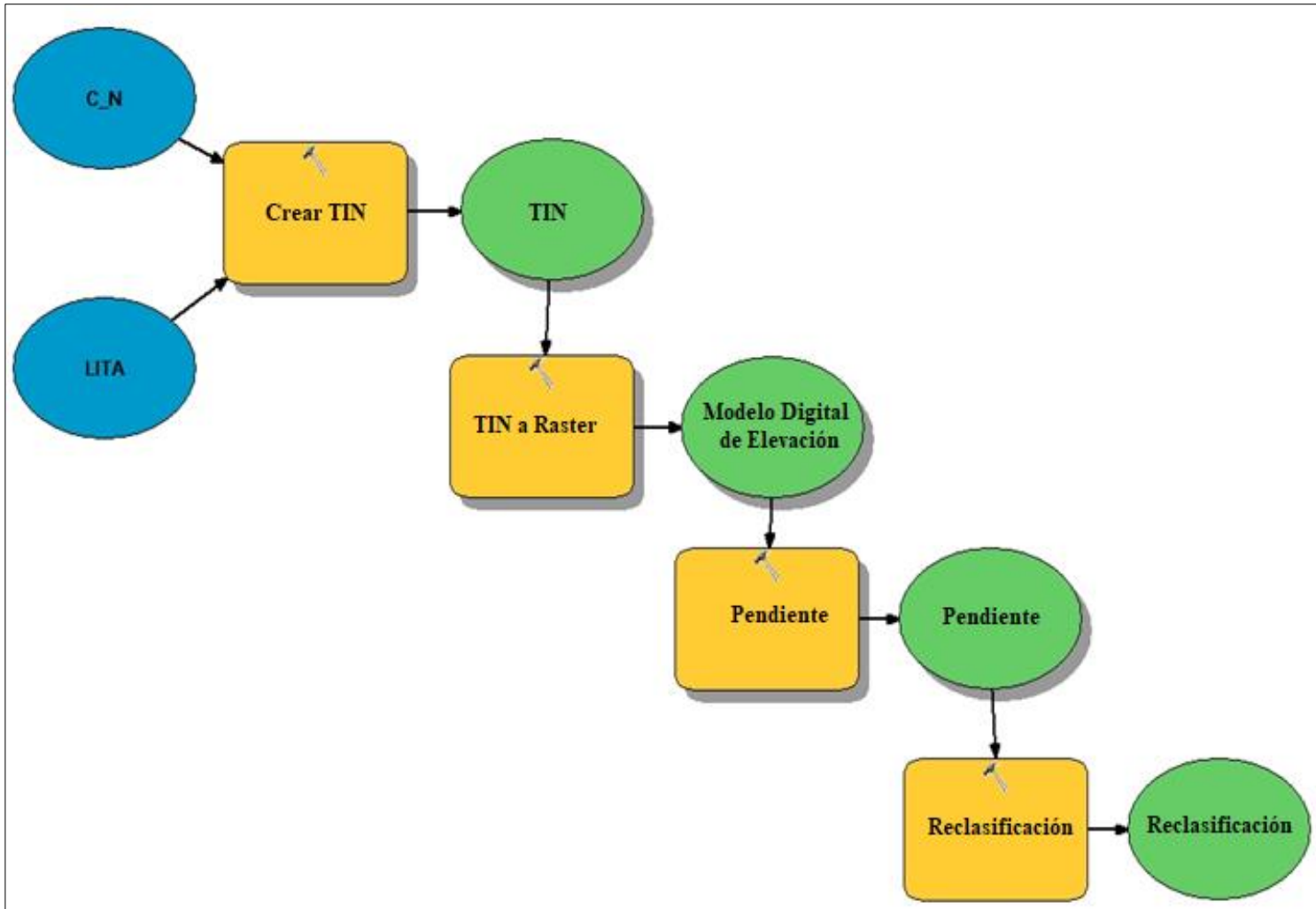


Figura 6. Sistematización Model Builder para mapa de Pendientes Parroquia Lita.

Fuente: El Autor.

Tabla 12.

*Categorización de pendientes.*

<b>Rango</b> (%)	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
0-12	1	Corresponde a relieves completamente planos, casi planos y ligeramente ondulados. Además de todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.
>12-25	2	Corresponde a relieves medianamente ondulados a moderadamente disectados.
>25-40	3	Corresponde a relieves medianamente ondulados a moderadamente disectados.
>40-70	4	Corresponden principalmente a relieves fuertemente disectados.
>70-100	5	Corresponden principalmente a relieves muy fuertemente disectados
>100-150	6	Corresponden principalmente a relieves escarpados.
>150-200	7	Corresponden principalmente a relieves muy escarpados.
>200	8	Corresponde a las zonas reconocidas como mayores a 200% en el mapa de pendientes.

Fuente: (Sistema Nacional de información 2013).

Tabla 13.

*Valores de ponderación para el factor pendiente.*

Rango (%)	Descripción	Calificativo	Valor
0-5	Plano a Casi Plano	Bajo	1
5-12	Suave O Ligeramente Ondulada	Mediano	2
12-25	Moderadamente Ondulado	Moderado	3
25-50	Colinado	Alto	4
50-70	Escarpado	Muy alto	5
>70	Montañoso	Muy Alto	5

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

➤ Cobertura Vegetal

Según Díaz (1998), el tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales. En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces. Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo, al tomar el agua que requiere para vivir.

Según Díaz (1998), el efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes ha sido muy debatida en los últimos años; el estado del arte actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales.

Tabla 14.  
*Valorización del factor de cobertura vegetal.*

<b>Categoría</b>	<b>Calificativo</b>	<b>Descripción</b>
Bosques		Bosque: Se caracteriza por tener ecosistemas arbóreos, de orden primario o secundario, que a causa de la sucesión natural este se regenera.
Cultivo permanente Manglares	Alta cobertura	Cultivos: Se encuentra formado por tierras de fines agrícolas, en donde su ciclo de vegetación tiene a ser mayor de 3 años
Vegetación arbustiva		Vegetación Arbustiva: Zonas que se encuentran formadas por componentes substanciales de especies leñosas, generalmente no cumple con la misma definición de bosque.
Vegetación herbácea		Vegetación Herbácea: Zonas que se encuentran constituidas por especies herbáceas nativas que presentan un crecimiento espontáneo, y no necesariamente requieren de cuidados especiales, pues se usan para pastoreo y protección.
Cultivo semipermanente	Baja cobertura	Cultivo Semipermanente: Zonas que presentan un ciclo vegetativo entre 1 a 3 años por lo que es de fin agrícola.
Cultivos anuales.		Cultivo Anual: Comprende aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año.
Agropecuario mixto		Agropecuario mixto: Comprende las tierras usadas para diferente clase de cultivo por variedad de productos.
Sin cobertura Zonas erosionadas	Sin cobertura	Áreas que presentan poca presencia de cobertura vegetal, mismas que se encuentran en zonas desérticas con afloramientos rocosos y erosión.
Infraestructura	Mediana cobertura (antrópica)	Establecimiento de un grupo de personas en un área determinada, incluyendo la infraestructura civil que lo complementa.

Fuente: (Sistema Nacional de Información, 2013).

Tabla 15.

*Ponderación para el factor de cobertura vegetal.*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Calificativo</b>	<b>Pond.</b>
Bosque	Área forestal que cuenta con muchas de las principales características y elementos clave de los ecosistemas nativos, como su complejidad, estructura y diversidad biológica, incluyendo las características edáficas, florísticas y faunísticas	Muy Alta protección	1
Vegetación Arbustiva	Áreas formadas principalmente de especies vegetales leñosas nativas cuya estructura no cumple con la definición de bosque.	Alta protección	2
Vegetación Herbácea	Áreas formadas por especies vegetales de crecimiento espontáneo que no presentan órganos duros ni leñosos	Alta protección	2
Agropecuarias	Son áreas de terreno para el desarrollo de las actividades agrícolas que agrupan a la ganadería, la actividad forestal y principalmente a la agricultura	Mediana protección	3
Asociación agropecuaria	Son áreas de terreno que han sufrido grandes cambios en su estructura, debido a la intervención del hombre para su beneficio económico	Baja protección	4
Erial	Son áreas de terreno secas que están expuestas a erosión eólica, presenta vegetación naciente de bajo desarrollo o sin uso.	Muy Baja protección	5

Fuente: (Sistema Nacional de Información, 2013).

## ➤ Litología

Según el Servicio Geológico Colombiano (2013), la caracterización geológica con fines de aplicación en los estudios de ingeniería debe contemplar los elementos básicos de las propiedades y características de los materiales rocosos. Para esto se recomienda describir y clasificar las rocas de acuerdo con las clasificaciones propuestas por la Comisión de Cartografía de la International Association of Engineering Geology (IAEG) en 1981. Así mismo, anotar todas las discontinuidades estructurales de los “macizos de roca dura”, es decir, aquellas fallas de origen geológico que controlan estructuralmente el comportamiento de los macizos.

Es esencial comprender que las diferentes rocas se comportan de manera compendia ante la erosión, las diferentes variaciones del clima e incluso los impulsos tectónicos, pueden ocasionar deformaciones en los relieves. Según (Mora et al., 1994) los taludes presentan un comportamiento dinámico frente al tipo de rocas y la propiedad del suelo; por lo que el autor sugiere una matriz específica para la evaluación de este factor, considerando la clasificación de los macizos rocosos por su propiedad estructural y otorgando una ponderación según sea su condición de susceptibilidad.

Tabla 16.

*Calificación del factor litológico.*

<b>Unidad Litológica</b>	<b>Características físico mecánicas típicas</b>	<b>Grado de Susceptibilidad</b>	<b>Ponderación</b>
Aluvión grueso, permeable, compacto, nivel freático bajo. Calizas duras. Rocas intrusivas poco fisuradas. Basaltos, andesitas, ignimbritas, y otras rocas efusivas sanas y poco fisuradas. Rocas metamórficas, sanas, poco fisuradas.	Sanos con poca o ninguna meteorización, resistencia a la corte elevada, fisuras sanas sin rellenos.	Bajo	1
Rocas sedimentarias no o muy poco alteradas, estratificación maciza, poco fisuradas, nivel freático bajo. Rocas intrusivas, calizas duras, lavas, ignimbritas, rocas metamórficas medianamente alteradas y fisuradas. Aluviones con compactaciones leves, con porciones considerables de finos, drenaje moderado, nivel freático a profundidades intermedias.	Resistencia a la corte media a elevada.	Moderado	2
Rocas sedimentarias, intrusivas, lavas, ignimbritas, tobas poco soldadas, coluviones, lahares, arenas, suelos regolíticos levemente compactados, drenaje poco desarrollado, niveles freáticos relativamente altos.	Resistencia al corte moderado a media, fracturación importante.	Medio	3
Aluviones fluvio lacustres, suelos piroclásticos poco compactado, rocas fuertemente alteradas y fracturas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente y con rellenos arcilloso, niveles freáticos someros.	Resistencia al corte moderado a baja, con la presencia frecuente de arcilla.	Alto	4
Materiales aluviales, coluviales de muy baja calidad mecánica, rocas con estado de alteración avanzado, drenaje pobre.	Resistencia al corte muy baja, materiales blandos con muchos finos.	Muy alto	5

Fuente: Adaptado de (Mora et al., 1994).

Tabla 17.

*Ponderación del factor de litología.*

<b>Litología</b>	<b>Calificativo</b>	<b>Ponderación</b>
Rocas graníticas indiferencias, granodiorita	Muy Bajo	1
Brechas, toba	Muy Bajo	1
Areniscas, lutitas chertosas, calizas, grauvaca	Muy Bajo	1
Granodiorita, tonalita	Muy Bajo	1
Volcánicos de Volcánicos	Bajo	2
Cangagua	Bajo	2
Andesita	Bajo	2
Lavas, andesitas piroxenicas	Bajo	2
Lavas andesíticas, tobas, volcanoclastos	Bajo	2
Brecha volcánica (indiferenciada)	Medio	3
Terrazas (1-3)	Medio	3
Andesita, brecha, aglomerado	Medio	3
Tobas, diabasas, andesitas, lavas, brechas, sedimentos volcanicos, pillow lavas	Medio	3
Conglomerado, brecha arenisca	Alto	4
Dactia, lutita Violaceas, areniscas, conglomerado	Alto	4
Deposito aluvial	Muy Alto	5
Deposito coluvial	Muy Alto	5

Elaborado por: El autor

Tabla 18.

*Ponderación del factor de permeabilidad.*

<b>Permeabilidad</b>	<b>Ponderación</b>
Baja	1
Moderado	2
Bueno	3
Excesivo	5

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

### ➤ Precipitación

Según Dahal (2008), la incidencia de la precipitación como detonante de movimientos en masa ha sido involucrada en las evaluaciones de susceptibilidad, por ende, es frecuentemente considerada en el análisis.

Según Abril (2004), las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, constituyen un factor de significativa influencia, puesto que la saturación de agua en los espacios intergranulares en las rocas provoca el debilitamiento de las condiciones estáticas de las fuerzas de fricción o agarre intergranulares, y por ende el colapsamiento por deslizamientos de bloques o masas enteras.

Es significativo aludir que la precipitación va de la mano con distintos factores como son la cobertura vegetal, pendiente y la permeabilidad, estos son contribuyentes a que grandes movimientos de masa se desprendan y conformen los deslizamientos de tierra en un área. Al haber aumento de precipitación en una zona, donde la vegetación es limitada, y, por ende, los factores de pendiente incrementan la cantidad de humedad en el suelo, provocando así mayor susceptibilidad a la ocurrencia de un deslizamiento de tierra.

Tabla 19.

*Ponderación del factor de precipitación.*

<b>Rango (mm)</b>	<b>Ponderación</b>
0-500	0
500-750	1
1250-1500	2
1500-2000	3
2000-3000	4
3000-4000	5

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

4.2.4 Fase de post-campo. Establecer la ubicación de zonas seguras, mediante el uso de cartografías, para la reducción de externalidades que provocan los deslizamientos de tierra.

Para esta fase se utilizó el programa ArcGIS 10.6.1, con el propósito de analizar los diferentes datos obtenidos en la investigación. Para esto fue preciso la realización de un mapa basado en el inventario de deslizamientos que se obtuvo en fase de campo al observar los diferentes sitios con deslizamientos de tierra, por lo cual se registró cada punto en donde existía este fenómeno georreferenciado por un GPS.

De acuerdo al objetivo plantado en esta investigación, se realizaron las diferentes cartas temáticas con la ayuda del Software ArcGis 10.6.1, en los laboratorios de Sistemas de la PUCESI, generándose diferentes mapas como:

- Cobertura vegetal
- Pendiente
- Permeabilidad
- Precipitación
- Litología

Cabe recalcar que fue necesario el aplicar los diferentes grados de peligrosidad o riesgo a los deslizamientos de tierra en la zona de estudio.

En la elaboración de los mapas de susceptibilidad, la metodología que se aplicó fue la de Mora Vahrson, considerando las zonas en donde más ocurría este evento de deslizamiento de tierra. En la actualidad este método es uno de los más conocidos, pero este no tiene un

régimen frente a los factores que se consideran en la elaboración de un mapa de deslizamientos de tierra, por lo que en la investigación se empleó la sumatoria de diferentes características como:

- Geológicas
- Geomorfológicas
- Geotécnicas de la zona de estudio.

A continuación, se hizo la evaluación por ocurrencia de deslizamiento de tierra en la zona de estudio, se aplicó el método heurístico (SIG), para así poder obtener un análisis espacial de las diferentes coberturas teniendo en cuenta los diferentes factores tanto extrínseco como intrínseco, para así poder realizar la superposición de los mapas en donde se obtuvo el diseño del mapa con las diferentes zonas de peligro a deslizamientos de tierra.

Por último, se utilizó la “Guía técnica de procedimientos para la identificación de rutas de evacuación y zona seguras en lugares públicos, ante lluvias intensas y sus peligros asociados como inundación y movimientos en masa” (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2015), donde se definió las diferentes zonas seguras y los diferentes procesos de evacuación para la población.

➤ Identificación de sitio específico de seguridad.

En la actualidad, el Ecuador no contiene una normativa que comprenda procedimientos claros acerca de establecimientos de zonas seguras frente a un desastre natural, es por eso que se acogió a las normas generales establecidas por la Cruz Roja Internacional para la identificación y planificación de rutas de evacuación. Es necesario indicar que el Ecuador se acoge a otras guías y manuales ya establecidos en los países vecino, como el Perú el cual elaboro un manual denominado “Guía técnica de procedimientos para la identificación de rutas de evacuación y zona seguras en lugares públicos, ante lluvias intensas y sus peligros asociados como inundación y movimientos en masa” (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2015), con la cual se pudo realizar la identificación específica de las diferentes áreas seguras frente a los deslizamientos de tierra tomando en consideración las siguientes disposiciones establecidas:

Disposiciones generales:

- Toda la información cartográfica correctamente elaborada y certificada por instituciones acreditadas.
- Antes de iniciar con la fase de campo es fundamental adquirir la información básica de la zona de estudio, específicamente mapas cartográficos sobre el área catastral, la situación geográfica e hídrica, vías de transporte, y la infraestructura expuesta en el cantón.
- Es importante generar el mapa de deslizamientos de tierra, a través de la superposición de mapas temáticos adquiridos anteriormente de la información cartográfica básica, esto mediante el uso de SIG, con la finalidad de localizar a las poblaciones expuestas a riesgos naturales, y establecer de esta forma la zonas seguras y rutas de evacuación e instalar los respectivos albergues ya sea temporales o permanentes.
- En la fase de campo es necesario que el personal de trabajo cuente con un GPS para georreferenciar todos los puntos identificados como zonas seguras.
- Se debe considerar la actualización periódica del mapa con los nuevos asentamientos y rutas establecidas en la zona.

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (2015), para el establecimiento de rutas y zonas seguras, se debe considerar las siguientes disposiciones:

- Es importante la estimación previa de la cantidad de población que se encuentra expuesta. Esta información permitirá determinar la cantidad necesaria de zonas seguras, posibles albergues temporales y velocidad estimada de evacuación
- Las zonas seguras previamente establecidas, deben encontrarse alejados de cualquier otro tipo de peligro natural o antrópico; sin embargo, se recomienda que no se encuentren demasiado lejos ya que podría requerir de más tiempo de desplazamiento y exceder el tiempo estimado para el impacto del peligro.
- En caso de inundación, las zonas seguras deben estar ubicadas en zonas altas y contar con características mínimas para su funcionamiento.
- Para determinar el aforo de las zonas seguras se considera que una persona en condiciones normales debe contar con un espacio de 1m<sup>2</sup>. Sin embargo, en emergencias se puede considerar un área de 0,36m<sup>2</sup> y como mínimo 0,25 m<sup>2</sup>. Tomando este criterio se establece el aforo de las zonas seguras.

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (2006), en el Protocolo para Instalación de Albergues menciona las siguientes disposiciones:

- El área de terreno debe tener una protección natural contra condiciones adversas de clima y condiciones meteorológicas, debe evitarse los valles estrechos, áreas inundables y falda de cerros inestables.
- La topografía del terreno debe permitir un desagüe fácil; también deben estudiarse las condiciones del subsuelo y de la capa freática. Los terrenos cubiertos de hierba impiden que haya polvo, pero deben evitarse o desbrazarse los matorrales y la vegetación excesiva que pueda albergar insectos, roedores, reptiles, etc.
- El lugar debe estar alejado de basurales, contar con accesos fáciles a caminos y de preferencia estar cerca a fuentes de agua.
- Deben evitarse los sectores adyacentes a zonas comerciales e industriales, expuestos a ruidos, malos olores, aire contaminado, congestiones de tránsito y molestias.
- Debe haber amplio espacio para que los damnificados dispongan de los servicios necesarios, preferentemente de una y media a dos hectáreas cada quinientas personas.
- Se delimitarán las áreas asignadas para residencia, cocina, lavaderos, Baños (letrinas). En este último se instalan en áreas alejadas de la zona residencial.

Teniendo en consideración lo anteriormente mencionado, el trabajo final constituirá con un mapa cartográfico, en donde se establecerán las zonas seguras y sus respectivas rutas de evacuación frente a deslizamientos de tierra.

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

5.1 Levantamiento de información en fase de pre-campo.

#### 5.1.1 Pendiente

El mapa de factor de “pendiente”, se lo realizó a partir del modelo digital de la superficie del terreno, empleando los shapefiles de curvas de nivel, obtenidos de las diferentes paginas oficiales del gobierno, las cuales se procesaron por medio del programa ArcGis 10.6.1, en los laboratorios de sistemas de la PUCESI, tal como se programó en la metodología, logrando así el mapa de pendientes de la zona de estudio. Es significativo aludir que para la categorización de los datos se consideró la Tabla 20 que es de pendientes de tal forma que la reclasificación para la región sierra se sitúa entre el rango 0 a 70° por lo que para esta indagación se acogió al mismo criterio.

Las clases que se obtuvieron para este estudio fueron las siguientes: 0-5° calificado como un relieve plano o casi plano, 5-12° correspondiente a un relieve suave o ligeramente ondulado, 15-25° como un relieve moderadamente ondulado, 25-50° como un relieve colinado, 50-70° un relieve escarpado y >70 considerados como relieves montañosos.

Tabla 20.

*Distribución de las clases de pendientes para la Parroquia Salinas.*

<b>N.º</b>	<b>Rango (º)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	0 – 5	Plano Casi Plano	19,15	0,25
2	5 – 12	Suave O Ligeramente Ondulada	2,237	29,22
3	12 – 25	Medianamente Ondulado	1.369	17,88
4	25 – 50	Colinado	532,11	6,94
5	50 – 70	Escarpado	256,39	3,34
6	>70	Montañoso	3.241	42,37
<b>TOTAL</b>			<b>7.656</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

En la Tabla 20 se presenta la distribución porcentual del factor pendiente, en donde prevalece un relieve montañoso con un 42,37% del territorio, seguido por un relieve suave o ligeramente ondulado con un 29,22%, un relieve medianamente ondulado con un 17,88%, un relieve colinado con un 6,94%, un relieve escarpado con un 3,34% y finalmente se presenta un relieve plano a casi plano con un 0,25% siendo el de menor extensión.

Una vez analizados todos los datos, se puede aseverar que en la Parroquia de Salinas existe una mayor superioridad de relieves Montañosas que se extienden a lo largo de toda la superficie y las de menor extensión de la superficie son las de relieve plano a casi plano, de acuerdo a lo anteriormente mencionado.

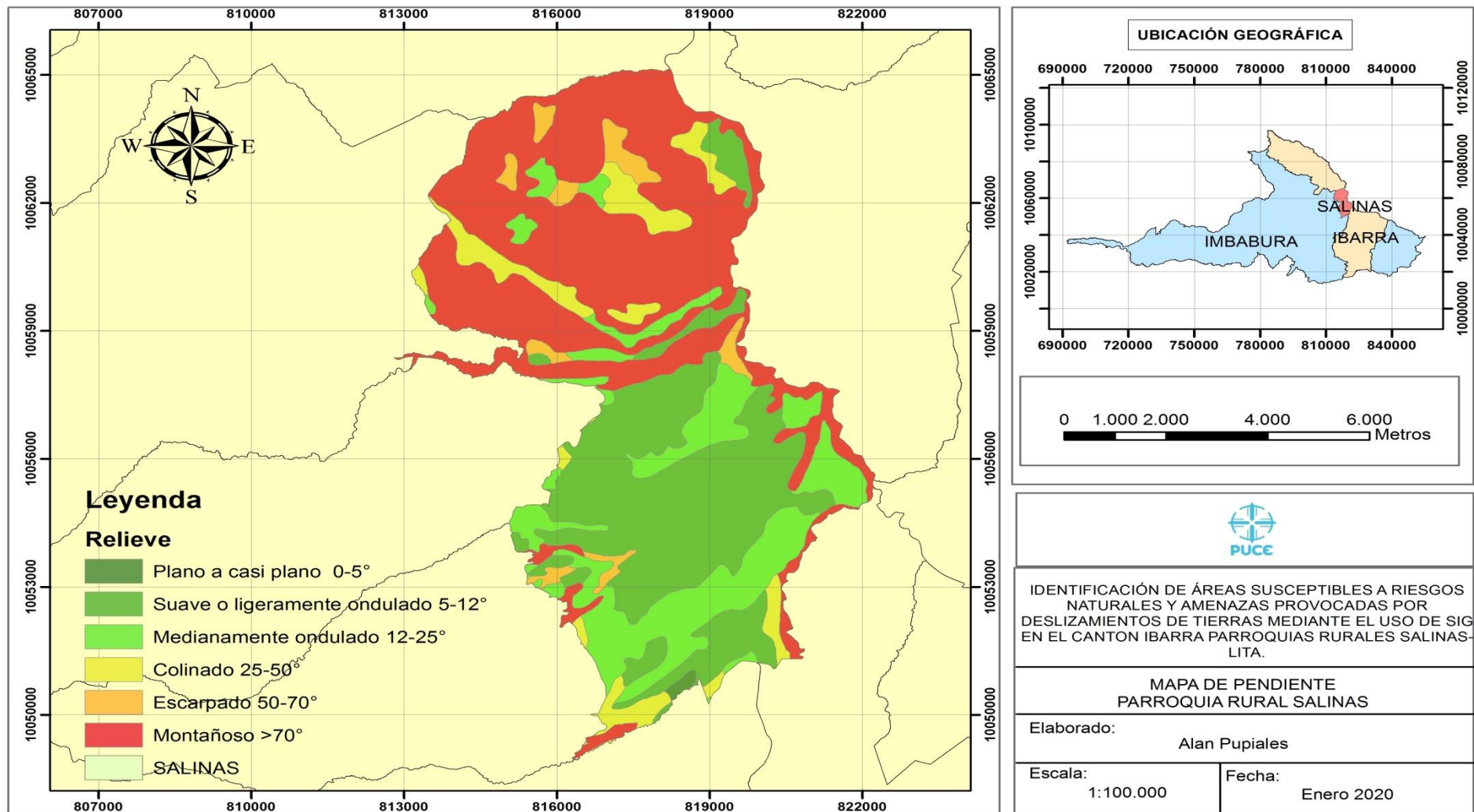


Figura 7. Mapa de Pendientes de la Parroquia Salinas.  
Fuente: El Autor.

Tabla 21.

*Distribución de las clases de pendientes para la Parroquia Lita.*

<b>N.º</b>	<b>Rango de Pendiente (º)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	5 – 12	Suave O Ligeramente Ondulada	422,70	1,77
2	12 – 25	Medianamente Ondulado	15,815	66,35
3	25 – 50	Colinado	4,768	20,42
4	50 – 70	Escarpado	2.031	8,52
5	>70	Montañoso	797	3,34
<b>TOTAL</b>			<b>23.835</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

En la Tabla 21 se presenta la distribución porcentual del factor pendiente, en donde prevalece un relieve medianamente ondulado con un 66,35% del territorio, seguido por un relieve colinado con un 20,42%, un relieve escarpado con un 8,52%, un relieve montañoso con un 3,34% y finalmente se presenta un relieve suave o ligeramente ondulado con un 1,77% siendo el de menor extensión.

Una vez analizado todos los datos, se puede aseverar que en la Parroquia de Lita existe una mayor superioridad de relieve Medianamente Ondulado que se extiende a lo largo de toda la superficie y las de menor extensión de la superficie son las de relieve suave o ligeramente ondulado, de acuerdo a lo anteriormente mencionado.

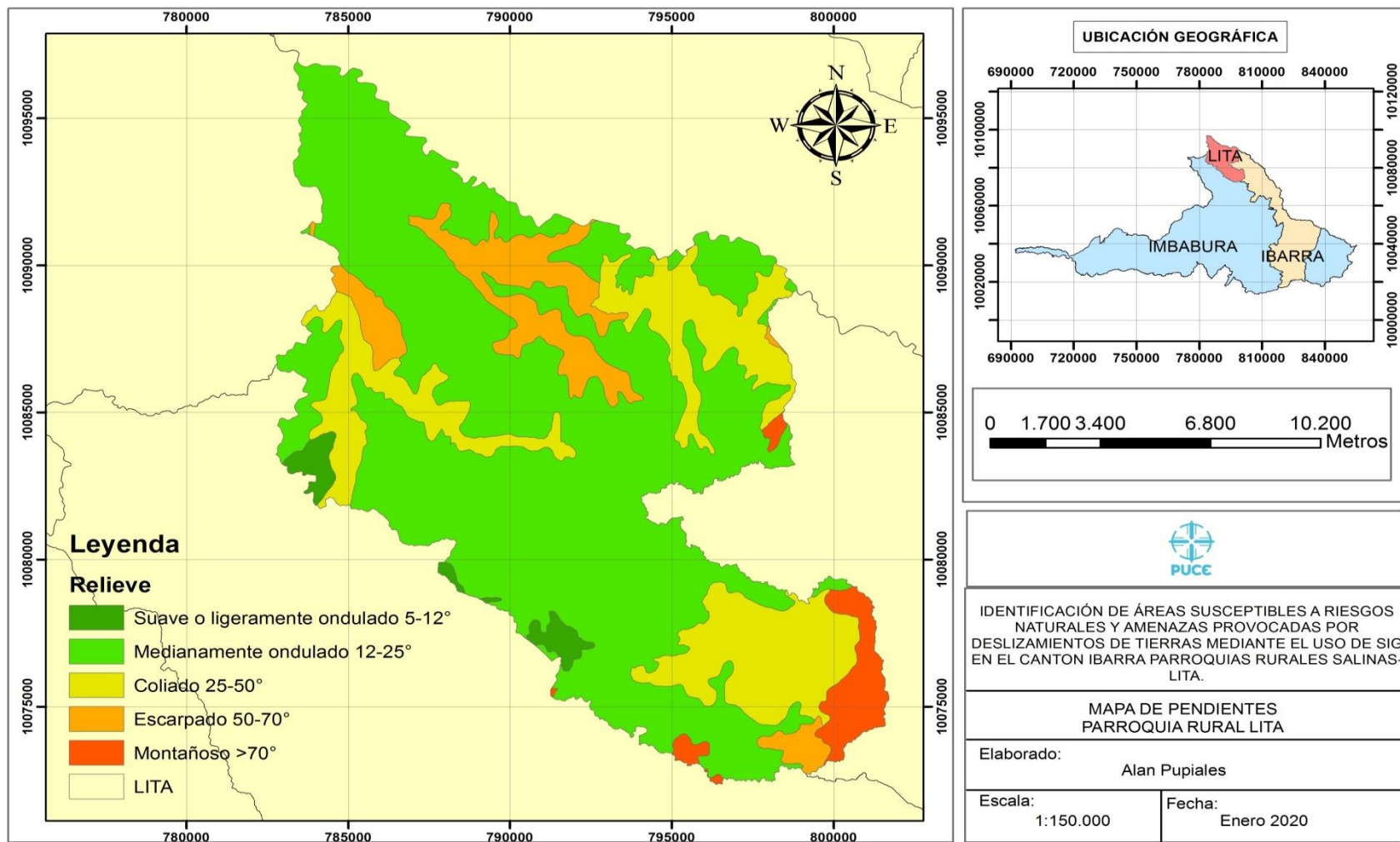


Figura 8. Mapa de pendientes de la Parroquia Lita.

Fuente: El Autor.

### 5.1.2 Geología

Las Parroquias rurales Salinas - Lita se caracterizan por estar conformadas de varias formaciones geológicas en donde se componen: Volcánicos de Yanahurco, Grupo Chota, U. Macuchi, Volcánicos de Chuquiraguas, Volcánicos del Imbabura, Volcánicos del Angochagua, Formaciones San Tadeo, Sedimentos San Gerónimo, Rocas intrusivas y terrazas indiferenciadas. Estas formaciones geológicas se hallan distribuidas a lo extenso de las diferentes zonas tanto urbano como rural, eso aclara su extensa diversificación geológica.

El mapa de factor de formaciones geológicas, se lo realizó a partir de los shapefiles adquiridos en el Sistema Nacional de Información, donde fue procesada a una escala significativa permitiendo así la identificación de las diferentes formaciones ubicadas en las zonas de estudio.

En la Tabla 22 se observa una breve descripción de las formaciones geológicas identificadas:

Tabla 22.

*Formaciones Geológicas de la Parroquia Salinas.*

<b>N.º</b>	<b>Formaciones Geológicas</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Depósitos aluviales	268,13	3,50
2	Brechas volcánicas	347,23	4,53
3	Grupo Chota	37,15	0,48
4	Terrazas (1-3)	2.357	30,79
5	Volcánicos de Volcánicos	1.562	20,41
6	Cangagua	2.346	30,64
7	U. Macuchi	49,57	0,64
8	Rocas Graníticas Indiferencias	69,42	0,90
9	Volcánicos de chuquiragua y volcánicos de Imbabura	27,18	0,35
10	F.Silante	584,83	7,63
11	Volcánicos de Angochagua	5,59	0,07
	<b>TOTAL</b>	<b>7.656</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

Depósitos aluviales: Este tipo de formaciones se encuentran compuestas por suelos aluviales, los cuales se transportan por medio del movimiento del agua y estos se depositan al final de una pendiente o ladera, estos tienden a ser muy propensos a originar suelos con erosión y deslizamientos.

Brechas volcánicas: Según González (2017), las brechas se generan en erupciones explosivas por rotura de la roca de caja y/o de tapones de lava que obturan los conductos de emisión. También se asocian a la extrusión de domos y a la formación de algunos diques.

Grupo Chota: Según Patiño (2018), esta formación geológica se encuentra compuesta principalmente de conglomerados y brechas areniscas, en ocasiones también se sitúan calizas con características físicas muy finas.

Terrazas indiferenciadas: Según Patiño (2018), este tipo de terrazas se encuentran relacionadas con grandes drenajes, por lo que se localizan a lo largo del Río Mira, litológicamente se encuentra compuesto por terrazas 1-3 es decir lavas, andesitas y

sedimentos que con el tiempo han llegado a sufrir erosiones por las formaciones que atraviesan estas áreas, con respecto a su edad geológica es pleistocénica.

Volcánicos del Yanahurco: Están constituidas por lavas andesíticas brechas volcánicas y productos piroclásticos.

Cangahua: Es de origen eólico, normalmente se presenta en los depósitos sin estratificación, moldeada sobre la topografía ya existente recubriendo así sedimentos que fueron más antiguos.

U. Macuchi: Están originadas de pizarras las que se encuentran de forma masiva y formadas por rocas volcánicas y volcano sedimentarias.

Rocas graníticas indiferencias: Según Patiño (2018), este tipo de rocas se forman principalmente por la cristalización del magma, por esta razón su estructura es relativamente fina, su característica principal es que está formada por rocas graníticas, y granodiorita lo que lo convierte en una roca estructuralmente resistente frente a la descomposición.

Volcánicos de Chuquiraguas y volcánicos del Imbabura: Según Patiño (2018), la formación geológica de los volcánicos de Chuquiraguas y de Imbabura se encuentra ubicado en la zona de Ibarra, pero una parte de este elemento se conecta con la zona sur del cantón Ibarra, litológicamente está compuesto por lavas de color gris oscuro y abundante cantidad de piroclastos, además presenta lavas de andesitas silicificadas y piroxénicas.

F.Silante: Esta formación esta principalmente constituida por conglomerados, los que se intercalan con areniscas con menor frecuencia lavas andesíticas. Esta formación está en contacto con la formación Macuchi.

Volcánicos de Angochagua: Están constituidos por lavas, tobas, areniscas, greda y conglomerados volcánicos.

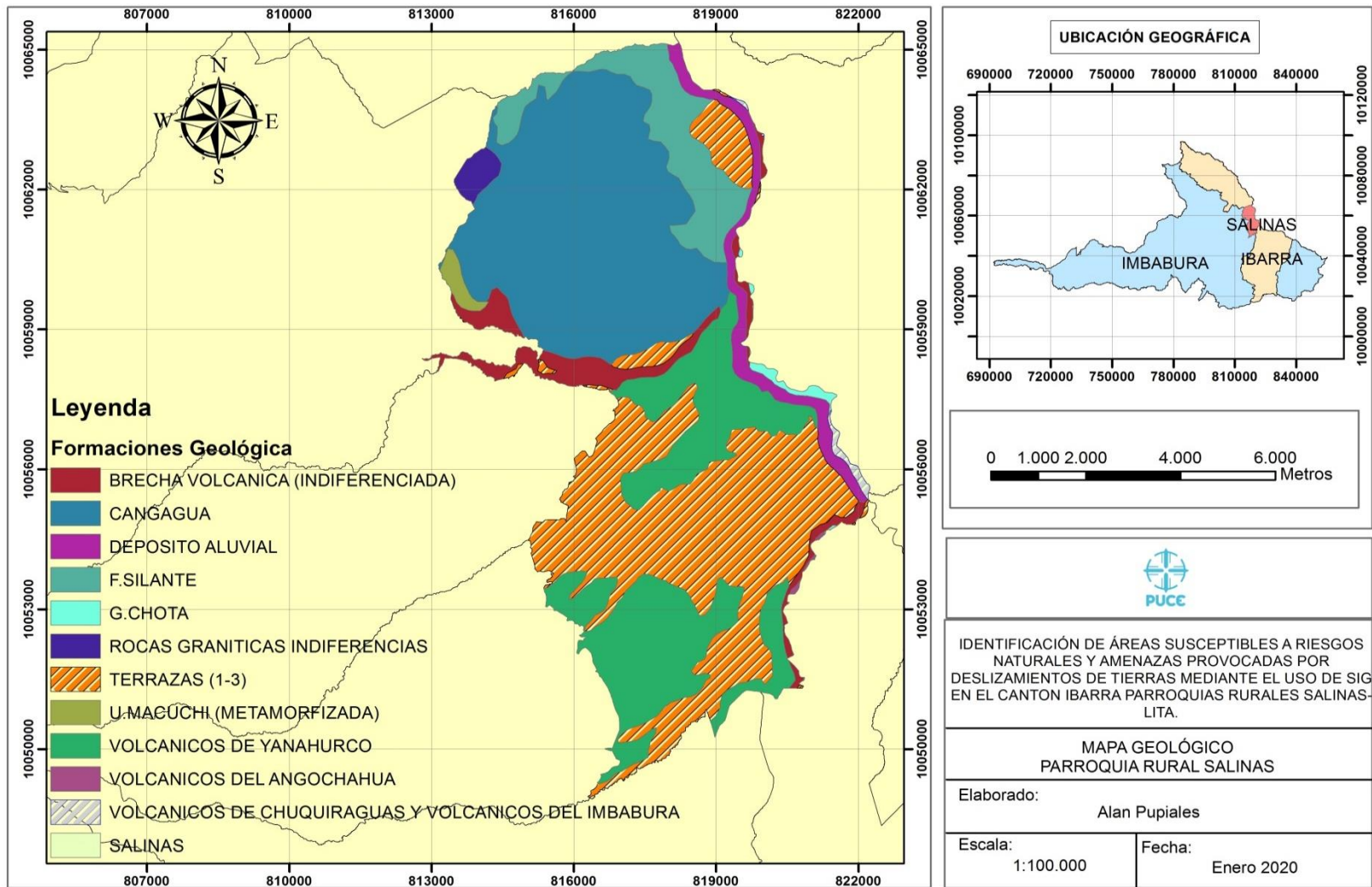


Figura 9. Mapa Geológico de la Parroquia Salinas.  
Fuente: El Autor.

Tabla 23.  
*Formaciones Geológicas de la Parroquia Lita.*

N.º	Formaciones Geológicas.	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Depósitos aluviales	1423,80	5,97
2	F. San Tadeo	3969,54	16,65
3	U. Macuchi	5578,73	23,40
4	Sedimentos San Jerónimo	6443,50	27,03
5	Terrazas Indiferenciadas	627,22	2,63
6	Rocas Intrusivas	2286,32	9,59
7	Rocas Intrusivas Indiferencias	3506,13	14,70
<b>TOTAL</b>		<b>23835,23</b>	<b>100</b>

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

Depósitos aluviales: Este tipo de formaciones se encuentran compuestas por suelos aluviales, los cuales se transportan por medio del movimiento del agua y estos se depositan al final de una pendiente o ladera, estos tienden a ser muy propensos a originar suelos con erosión y deslizamientos.

F. San Tadeo: Esta formación está compuesto por lo general de material piroclástico y las rocas superficiales se convierten en caolín.

U. Macuchi: Están originadas de pizarras las que se encuentran de forma masiva y formadas por rocas volcánicas y volcano sedimentarias.

Sedimentos San Jerónimo: Según Patiño (2018), la formación geológica se encuentra situada en la vía Salinas Lita en dirección a San Jerónimo, estos sedimentos se caracterizan por ser de origen volcánico, y que visualmente se los puede identificar por el color gris verdoso, grano medio a grueso, estas además se encuentran intercaladas con areniscas, lutitas chertosas, calizas y grauvacas debido a esta composición son conocidas o denominadas como “arenas”.

Terrazas indiferenciadas: Según Patiño (2018), este tipo de terrazas se encuentran relacionadas con grandes drenajes, por lo que se localizan a lo largo del Río Mira,

litológicamente se encuentra compuesto por terrazas 1-3 es decir lavas, andesitas y sedimentos que con el tiempo han llegado a sufrir erosiones por las formaciones que atraviesan estas áreas, con respecto a su edad geológica es pleistocénica.

Rocas Intrusivas - Indiferencias: Su composición es heterogénea teniendo granodiorita a tonalita, también se identificó al batolito de Apuela comenzando por granito y la monzonita.

En la Tabla 23 se representa las formaciones geológicas dando como resultado que los Sedimentos San Jerónimo tienen el mayor nivel porcentual en área de 27.03%, seguido de la U. Macuchi con un 23.40% y como menor nivel porcentual en área las Terrazas indiferenciadas con un 2.63% siendo este el que menor predomina en el área de estudio.

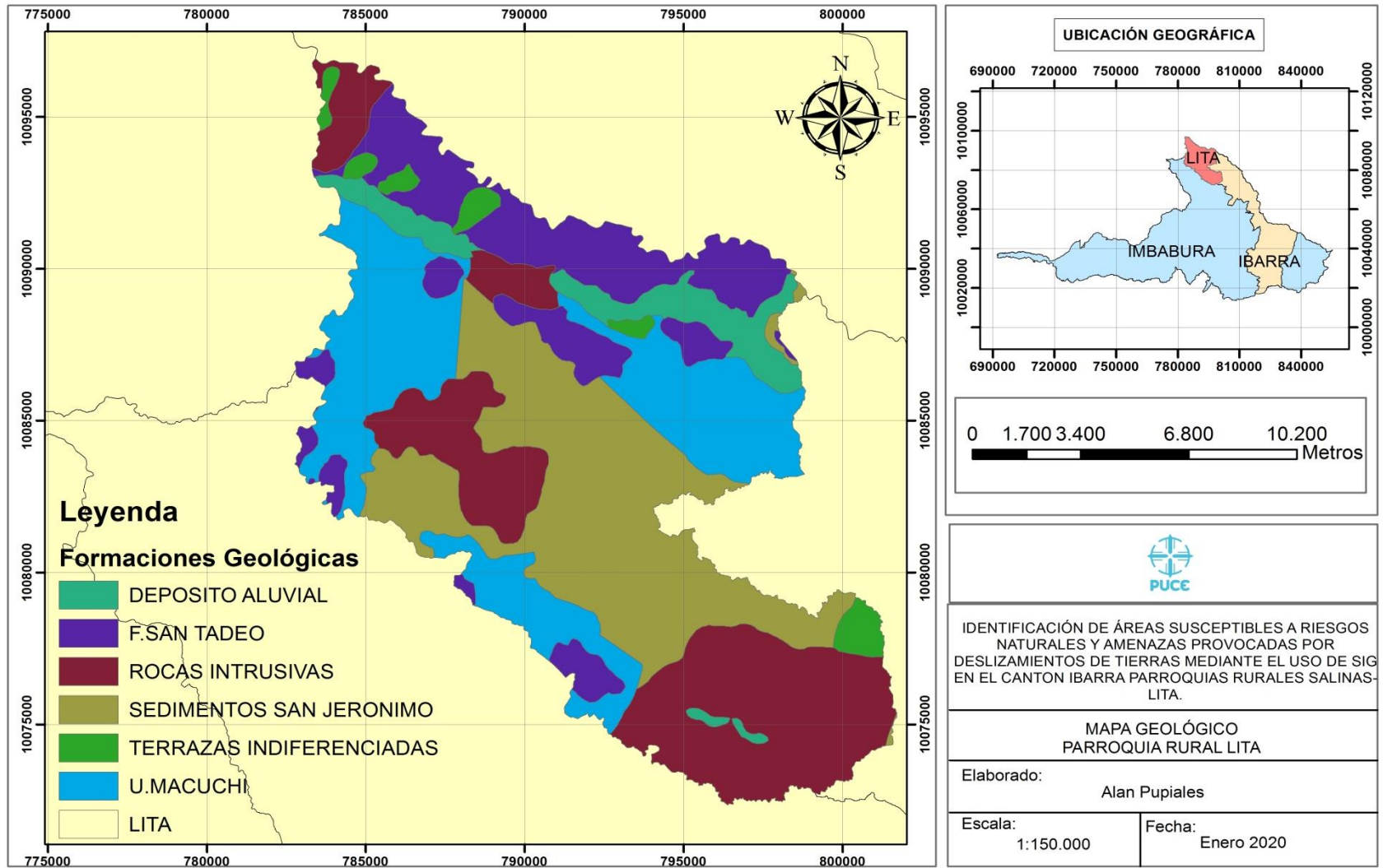


Figura 70. Mapa Geológico de la Parroquia Lita.  
Fuente: El Autor.

#### 5.1.4 Litología

Para la elaboración del mapa litológico se consideraron los shapefiles que se obtuvieron del Sistema Nacional de Información, para aseverar que la información que vamos a utilizar es confiable. A continuación, se presentan las tablas con sus respectivas descripciones de la litología de cada lugar tanto para Salinas como para Lita.

Tabla 24.

#### *Unidades Litológicas de la Parroquia de Salinas.*

<b>N.º</b>	<b>Unidades Litológicas</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Deposito aluvial	268,13	3,50
2	Brecha volcánica (indiferenciada)	347,23	4,53
3	Conglomerado, brecha arenisca	37,15	0,48
4	Terrazas (1-3)	2.357	30,79
5	Volcánicos de Yanahurco	1.562	20,41
6	Cangagua	2.346	30,64
7	Candesita	49,57	0,64
8	Rocas graníticas indiferencias, granodiorita	69,42	0,90
9	Lavas, andesitas piroxenicas	27,18	0,35
10	Dactia, lutitas violáceas, areniscas, conglomerado	584,83	7,63
11	Andesita, brecha, aglomerado	5,59	0,07
<b>TOTAL</b>		<b>7.656</b>	<b>100</b>

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

Volcánicos del Yanahurco: Están constituidas por lavas andesíticas brechas volcánicas y productos piroclásticos.

Granodiorita: Las rocas Granodioritas pertenecen al grupo de las rocas ígneas de tipo plutónica, que se generan a partir del ascenso de magma. Están formadas básicamente por los mismos componentes del cuarzo, feldespato y granito, con la única diferencia de que estas contienen el doble de plagioclasa que, de ortoclasa, asimismo poseen minerales en

bajas cantidades como la biotita, además de presentar una textura granítica, de tipo grueso, en este caso cristales desordenados (Graterol y Vásquez, 2013).

**Brecha:** Son rocas sedimentarias terrígenas que se generan a partir de procesos de meteorización física, presentan una textura granular, constituida por un conjunto de fragmentos de rocas angulosos y con aristas, rodeados por una matriz muy fina. Su color es muy variable, dependiendo en gran medida de los clastos; Los colores más comunes son el gris, el pardo y el beige, a menudo con manchas y venas (USAC., 2014).

**Granito:** El granito pertenece al grupo de las rocas ígneas de tipo intrusiva de grano grueso, que se genera gracias a la lenta cristalización del magma, posee una estructura uniforme, formada por el 65% de feldespato y el 25% de cuarzo, además de cantidades pequeñas de mica, anfíboles, el conjunto de estos minerales le da un color rosa, gris, blanco, rojo o rosa con granos minerales oscuros visibles en toda la roca (Tarbuck y Lutgens, 2005).

**Arenisca:** La arenisca pertenece al grupo de rocas sedimentarias de tipo detríticas en la cual predominan los clastos de tamaño arena. Están formadas principalmente por cuarzo que aporta su brillo, cantidades mínimas de feldespato, sílice y otros minerales. El principal componente que mantiene unidos a los granos de la arenisca es el óxido de hierro lo que genera areniscas de color rojizas, mientras que un mayor contenido de sílice produce areniscas grisáceas, blancas y amarillentas (Tarbuck y Lutgens, 2005).

**Lutita:** La lutita pertenece al grupo de rocas sedimentarias de tipo detríticas de grano fino, que se generan a partir de la sedimentación gradual de pequeñas rocas en ambientes donde existen corrientes no turbulentas, que están expuestas a inundaciones. Posee una textura variopinta o política, debido a que está estructurada por detritos clásticos formados por partículas de los tamaños similares a los de la arcilla y del limo. Su color varía de acuerdo al ambiente en el que se encuentre, las coloraciones amarillas y rojizas son característicos de ambientes oxidantes, mientras que los colores: verde, gris, y blanco de ambientes de posicionales (Del Ramo y Guillén, 2020).

**Cangahua:** La Cangahua es una roca sedimentaria de tipo volcánico de grano duro, que se genera por la caída de material volcánico piroclástico antiguo, en su mayoría ceniza. Posee una textura porosa de baja compactación (Custode et al., 1992).

Andesita: La andesita es una roca ígnea de tipo volcánica de grano fino, que se genera a partir del ascenso de magma por lo que presenta una textura porfídica. Están formadas básicamente por biotita, plagioclasa, hornblenda y pequeñas cantidades de cuarzo, por lo cual presentan habitualmente coloraciones marrones, grisáceas y oscuras (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Bloques: Los bloques son masas de rocas adyacentes que están formadas por clastos angulares que se originan por la desintegración de rocas sólidas (Griem, 2020).

Dacita: Son rocas que pertenecen al grupo de las rocas ígneas de tipo extrusiva de grano fino a medio, que se generan a partir de erupciones volcánicas lo que les da una textura porfírica. Están formadas básicamente por un 5% de biotita, 10% de anfíbol, 15% de feldespato, 30% plagioclasa y pequeñas cantidades de cuarzo por lo cual presentan habitualmente coloraciones rojizas, grises y purpuras (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Conglomerado: Los conglomerados son rocas que pertenecen al grupo de las rocas sedimentarias detríticas, están compuestos básicamente por clastos grandes de grava con el fin de permitir su identificación en los tipos de roca distintivos; por tanto, pueden ser valiosos para identificar las áreas de origen de los sedimentos. En un conglomerado, los clastos gruesos quizá reflejan la acción de corrientes montañosas enérgicas o son consecuencia de una fuerte actividad de las olas a lo largo de una costa en rápida erosión (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Deposito Aluvial: Los depósitos aluviales se originan por depósito y transporte de detritos debido a la acción del agua. Están formados por bloques de formas muy variables desdredondeadas y subangulosas, gránulos, arenas y arcillas. Por lo que ocupan cauces, llanuras y paleocauces bajo la forma de abanicos. Mientras que los que se hallan a lo largo de valles de gran amplitud y recorrido están representados por depósitos fluviales (Guillen, 2019).

En la tabla 24 se muestra la distribución litológica dando como resultado que la litología Terrazas (1-3) tienen el mayor nivel porcentual en área de 30.79%, seguido de la Cangahua con un 30.64% y como menor nivel porcentual en área la andesita, brecha y aglomerado con un 0.07% siendo este el que menor predomina en el área de estudio.

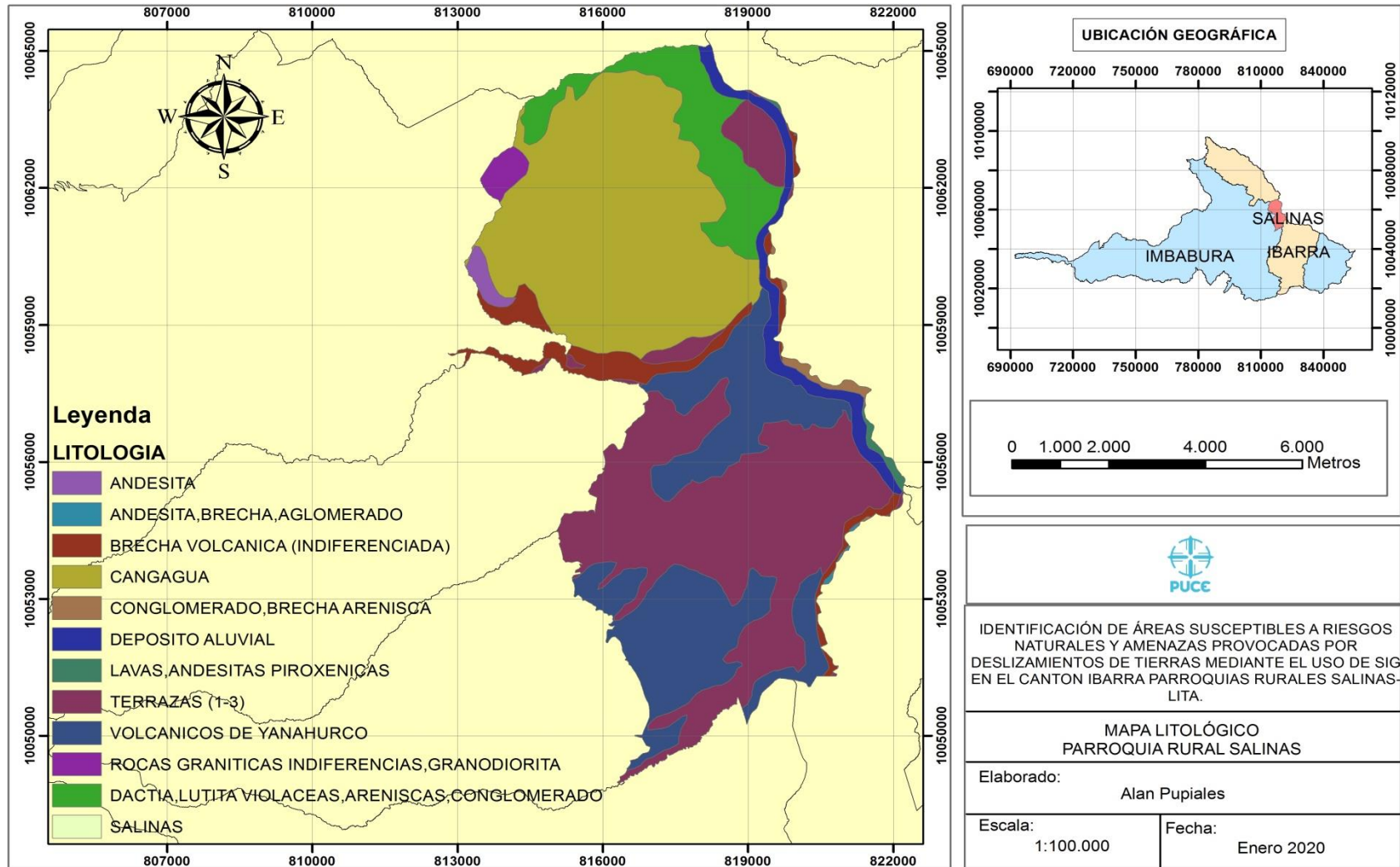


Figura 11. Mapa Litológico de la Parroquia Salinas.  
Fuente: El Autor.

Tabla 25.  
*Unidades Litológicas de la Parroquia de Lita.*

N.º	Unidades Litológicas	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Deposito aluvial	1.423	5,97
2	Brechas, toba	3.969	16,65
3	Tobas, diabasas, andesitas, lavas, brechas, sedimentos volcánicos, pillow lavas	1.938	8,13
4	Areniscas, lutitas chertosas, calizas, grauvaca	6.443	27,03
5	Terrazas indiferenciadas	627,22	2,63
6	Granodiorita, tonalita	2.286	9,59
7	Lavas andesíticas, tobas, volcanoclastos	3.640	15,27
8	Rocas graníticas indiferencias	3.506	14,70
<b>TOTAL</b>		<b>23.835</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

Toba: Son rocas que pertenecen al grupo de las rocas ígneas de tipo extrusivas, conformadas por un alto porcentaje de sílice y por vidrio volcánico procedente de la acumulación de ceniza volcánica, presentan texturas porosas y livianas. Su color va desde las tonalidades marrones, amarillas, cafés y rojizas debido a que puede contener cierto porcentaje de hierro (Nielson, 1984).

Caliza: Las rocas calizas pertenecen al grupo de las rocas sedimentarias de tipo química, se forman por la combinación de los productos solidos de la meteorización y los sedimentos químicos que se encuentran en solución acuosa en los lagos y mares (Tarbuck y Lutgens, 2005). Están formadas principalmente por un 50% de calcita y dolomita, lo que les da una apariencia dura y compactada, las calizas presentan coloraciones blancas y gris azuladas (Dirección General del Desarrollo Minero., 2014).

Tonalita: Las tonalitas pertenecen al grupo de las rocas ígneas de tipo plutónica de grano medio a grueso, que se generan a partir de la fundición parcial de rocas preexistentes lo que les da una textura fanerítica. Están formadas por tres tipos de minerales; félsicos como el cuarzo y plagioclasa, máficos como la biotita y el anfíbol y por un 63% de sílice. Las

rocas tonalíticas presentan tonalidades grisáceas, verdes y negras (Universidad Complutense de Madrid, 2020).

**Vulcanoclástico:** Según Pettjohn (1975), las rocas vulcanoclásticas son rocas formadas por fragmentos volcánicos de origen variado, sedimentados en tierra, bajo el mar o el hielo, y que pueden estar mezclados con fragmentos no volcánicos: la proporción de fragmentos volcánicos en estas rocas puede ser mayoritaria o no.

**Aglomerado:** El aglomerado es una roca ígnea de tipo volcánica que se origina en las superficies terrestres después de una erupción volcánica, debido al rápido enfriamiento del magma. Está formada por trozos angulares y esféricos de lava con una variedad de clastos de andesitas y basaltos (Balboa, 2016).

**Diabasas:** Las diabasas o doleritas pertenecen al grupo de las rocas ígneas de tipo intrusiva de granos finos, están formadas químicamente con un gran contenido de calcio, sodio y magnesio, mientras que dentro de su composición mineral están compuestas por hornblenda, piroxeno, olivino y ferromagnesianos. Su color varía de verde oscuro a verde grisáceo (USAC, 2014).

**Sedimentos volcánicos:** Son partículas expulsadas por un volcán tras su erupción que forman depósitos por decantación suspensiva luego de que el material ha sido eyectado explosivamente desde la boca eruptiva ascendente. (Borrero et al., 2008).

**Pillow:** Las lavas de almohada o pillow están formadas por composición basáltica que contienen komatiita, picrita, boninita, andesita basáltica, andesita y dacita, poseen estructuras en forma de almohada que se atribuyen a la extrusión de la lava bajo el agua, o extrusión subacuática. Las lavas de almohada en roca volcánica se caracterizan por secuencias gruesas de masas discontinuas en forma de almohada, comúnmente de hasta un metro de diámetro. Forman la parte superior de la capa 2 de la corteza oceánica normal (Harmon y Rapela, 1991).

En la tabla 25 se muestra la distribución de las formaciones geológicas dando como resultado que la litología arenisca, lutitas chertosas tienen el mayor nivel porcentual en área de 27.03%, seguido de las brechas, toba con un 16.65% y como menor nivel porcentual en área las terrazas indiferenciadas con un 2.63% siendo este el que menor predomina en el área de estudio.

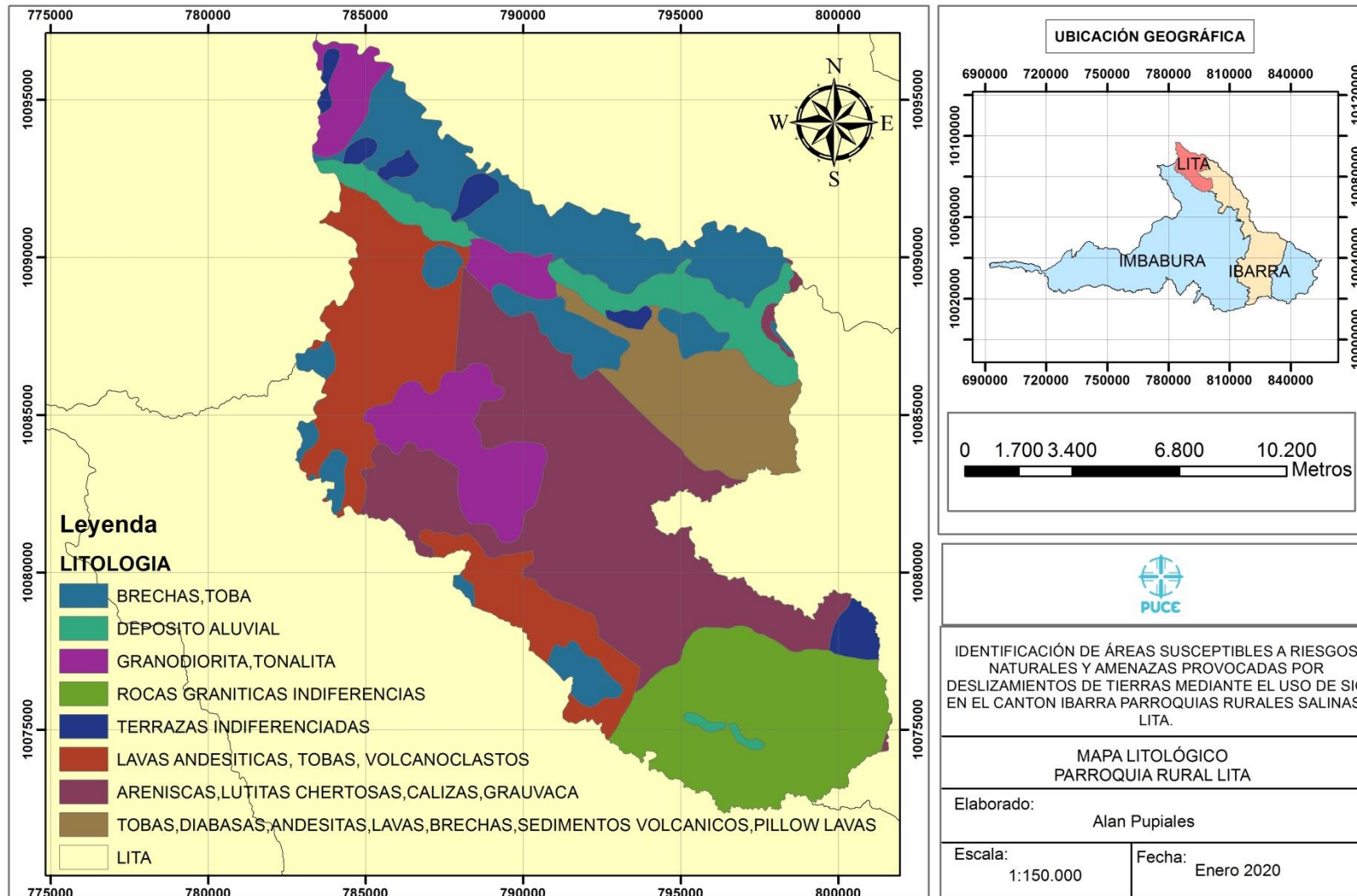


Figura 12. Mapa Litológico de la Parroquia Lita  
Fuente: El Autor.

### 5.1.5 Permeabilidad

La permeabilidad es un factor importante para poder determinar la capacidad que tiene el suelo al momento que un flujo de agua atraviesa, es esencial considerar las características y las propiedades que tiene el suelo, también depende de la estructura para determinar la velocidad a la que un líquido pueda entrar con facilidad. En los deslizamientos es de vital importancia considerar el tamaño de las partículas del suelo, ya que la permeabilidad tiende a variar con la relación del diámetro de las partículas, esto quiere decir que entre más pequeña la partícula la permeabilidad va hacer baja.

Para la obtención del mapa de permeabilidad se utilizó la información adquirida del Sistema Nacional de Información en donde se identificó la información correspondiente a permeabilidad dentro de las zonas de estudio, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 26.

*Permeabilidad de la zona de estudio de la Parroquia de Salinas.*

<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Baja	3.050	39,84
2	Moderado	1.942	25,37
3	Bueno	37,15	0,48
4	Excesivo	2.625	34,29
<b>TOTAL</b>		<b>7.656</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

En la tabla 26 se muestra la permeabilidad que se distribuye en la Parroquia de Salinas, en la cual se destaca con un 39,84% una permeabilidad baja, seguidamente con un 34,29% una permeabilidad excesiva, posteriormente con un 25,37% una permeabilidad buena y finalmente con 0,48% una permeabilidad moderada. Al momento que la permeabilidad aumenta este se convierte en un factor que incurre directamente en los deslizamientos de tierra.

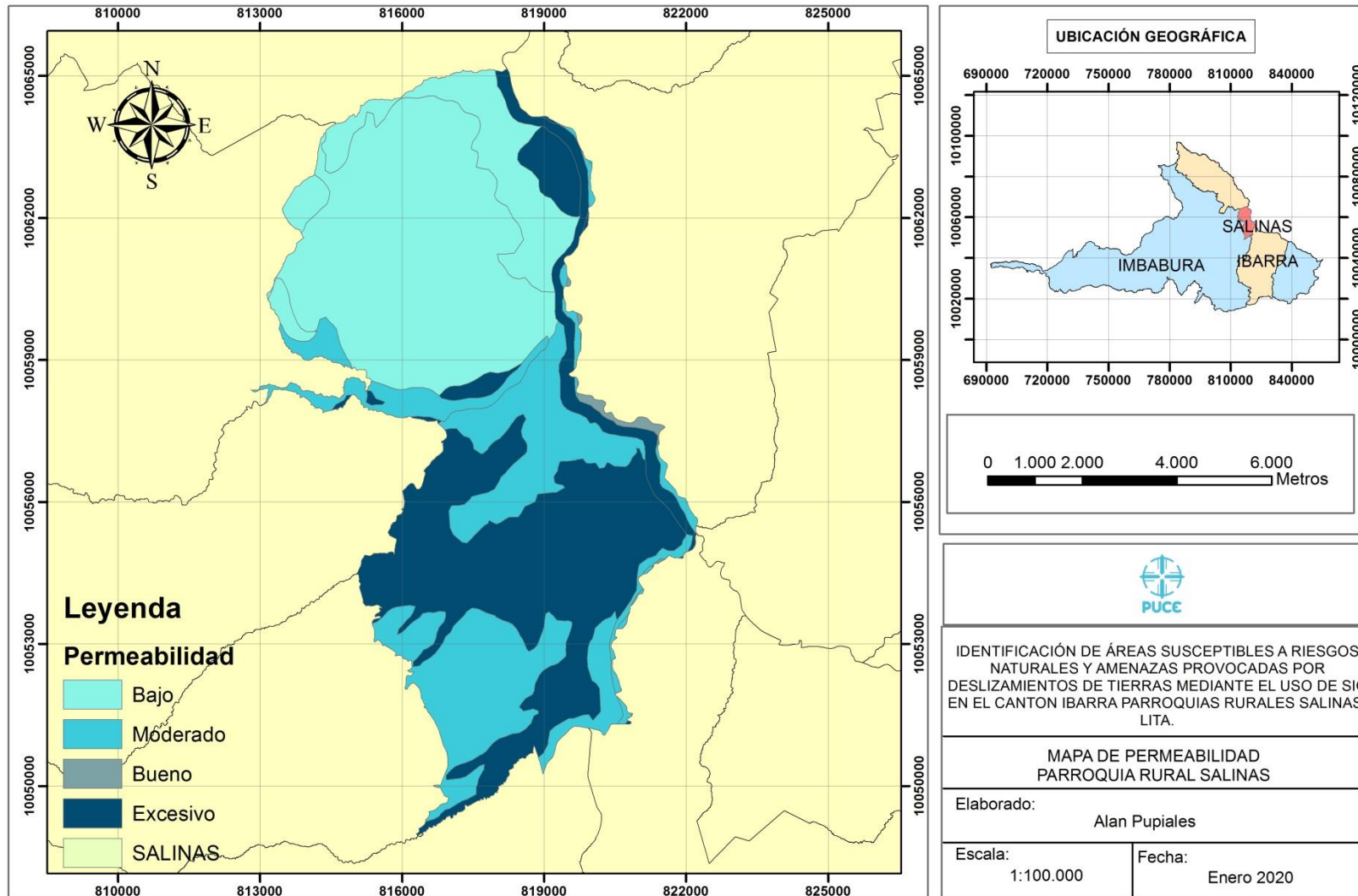


Figura 13. Mapa de Permeabilidad de la Parroquia Salinas.  
Fuente: El Autor.

Tabla 27.

*Permeabilidad de la zona de estudio de la Parroquia de Lita.*

<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Baja	21.784	91,40
4	Excesiva	2.051	8,60
<b>TOTAL</b>		<b>23.835</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

En la tabla 27 se muestra la representación gráfica de la permeabilidad que se distribuye en la Parroquia de Lita, en la cual se destaca con un 91,40% una permeabilidad baja y con un 8,60% una permeabilidad excesiva. Al momento que la permeabilidad aumenta este se convierte en un factor incurre directamente en los deslizamientos de tierra.

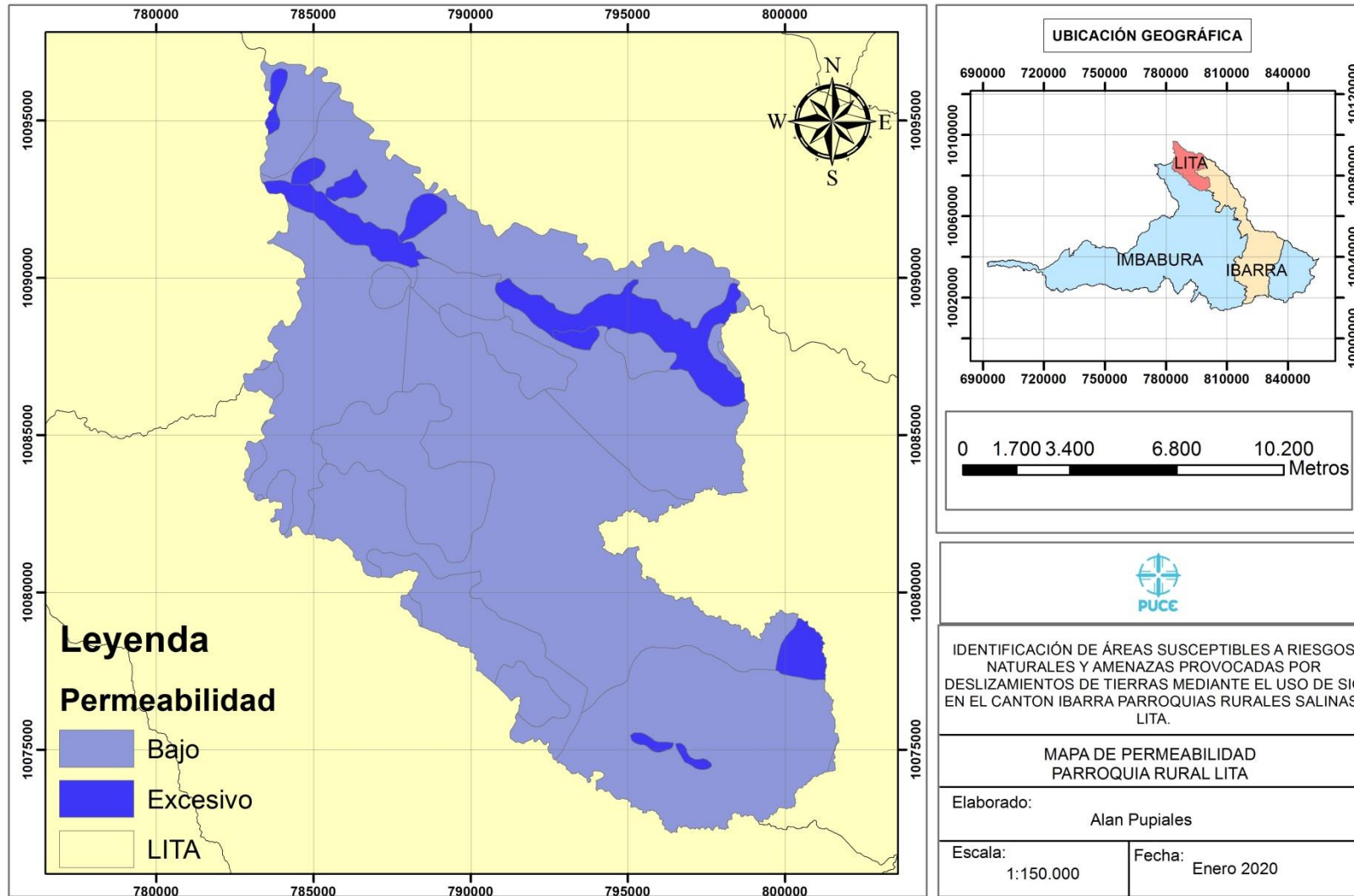


Figura 14. Mapa de Permeabilidad de la Parroquia Lita.  
Fuente: El Autor.

### 5.1.6 Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal es uno de los componentes principales al momento de establecer medidas, en cuanto a la elección de áreas susceptibles a algún tipo de movimientos en masa, debido a que la cobertura vegetal posee efectos condicionantes o activadores. (Imaizumi et al.,2008). Varios estudios de algunos autores indican que la cobertura vegetal que posee un sitio desempeña un papel importante puesto que intervienen en las características mecánicas e hidrológicas del suelo (Dai y Lee, 2002), refuerza la matriz del suelo, restablece el potencial mátrico, aumenta cohesión, a través de la intercepción y la evapotranspiración (Gómez y Kavzoglu, 2005), favoreciendo la estabilidad de las laderas. Según D'Amato y Giannecchini (2004), la intervención en la cobertura afecta los procesos de infiltración del suelo y la evapotranspiración, así como la capacidad de las raíces de arraigarse al suelo, disminuyendo con esto la estabilidad de taludes e incrementando el riesgo de deslizamientos.

La información adquirida se obtuvo de Sistema Nacional de Información.

*Tabla 28.*

*Cobertura Vegetal de la Parroquia Salinas.*

<b>N.º</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Eriales	748,18	9,77
2	Agropecuarias	5.492	71,73
3	Asociación agropecuaria	156,92	2,04
4	Vegetación arbustiva y herbácea	1.258	16,44
	<b>TOTAL</b>	<b>7.656</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

Eriales.

Son áreas de terreno secas que están expuestas a erosión eólica, presenta vegetación naciente de bajo desarrollo o sin uso (OEA, 1994).

Agropecuarias.

Son áreas de terreno para el desarrollo de las actividades agrícolas que agrupan a la ganadería, la actividad forestal y principalmente a la agricultura (OEA, 1994).

Asociación Agropecuaria.

Son áreas de terreno que han sufrido grandes cambios en su estructura, debido a la intervención del hombre para su beneficio económico (OEA, 1994).

Vegetación Arbustiva

Áreas formadas principalmente de especies vegetales leñosas nativas cuya estructura no cumple con la definición de bosque (Vilca, 2018).

Vegetación Herbácea:

Áreas formadas por especies vegetales de crecimiento espontaneo que no presentan órganos duros ni leñosos (Vilca, 2018).

En la tabla 28 se muestra el nivel en forma porcentual de cada cobertura vegetal, destacando con un 71,73% el área agropecuaria, seguidamente con un 16,44% la vegetación arbustiva y herbácea, a continuación, con un 9,77% las áreas eriales y por último con un 2,04% las asociaciones agropecuarias siendo esta la de menor porcentaje de terreno.

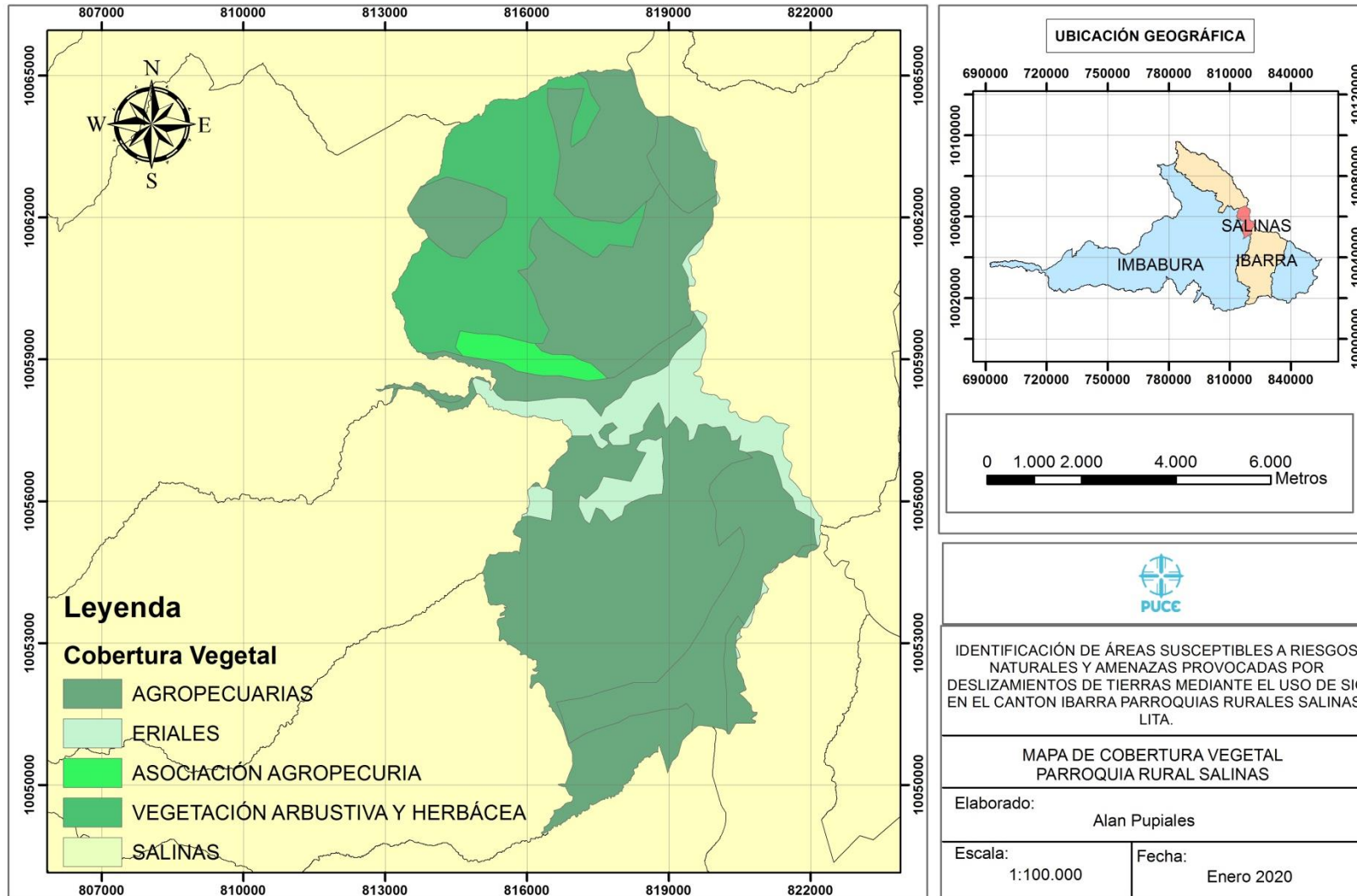


Figura 15. Mapa de Cobertura vegetal de la Parroquia Salinas.  
Fuente: El Autor.

Tabla 29.  
*Cobertura Vegetal de la Parroquia Lita.*

<b>N.º</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	Bosques	12.485	52,38
2	Agropecuarias	11.338	47,56
3	Vegetación arbustiva y herbácea	11,36	0,04
<b>TOTAL</b>		<b>23.835</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

Bosques (Tierra forestal).

Son poblaciones arbóreas naturales sembradas o plantadas bajo la supervisión e intervención del hombre en el proceso de forestación y reforestación, sea con una o varias especies; por lo general tienen una misma edad, altitud y similar densidad entre individuos (Ecuador Forestal, 2020).

Agropecuarias.

Son áreas de terreno para el desarrollo de las actividades agrícolas que agrupan a la ganadería, la actividad forestal y principalmente a la agricultura (OEA, 1994).

Vegetación Arbustiva

Áreas formadas principalmente de especies vegetales leñosas nativas cuya estructura no cumple con la definición de bosque (Vilca, 2018).

Vegetación Herbácea:

Áreas formadas por especies vegetales de crecimiento espontaneo que no presentan órganos duros ni leñosos (Vilca, 2018).

En la tabla 29 se muestra el nivel en forma porcentual de cada cobertura vegetal, destacando con un 52,38% el área de bosque, seguidamente con un 47,58% el área agropecuaria y por último con un 0,04% la vegetación arbustiva y herbácea siendo esta la de menor porcentaje de área.

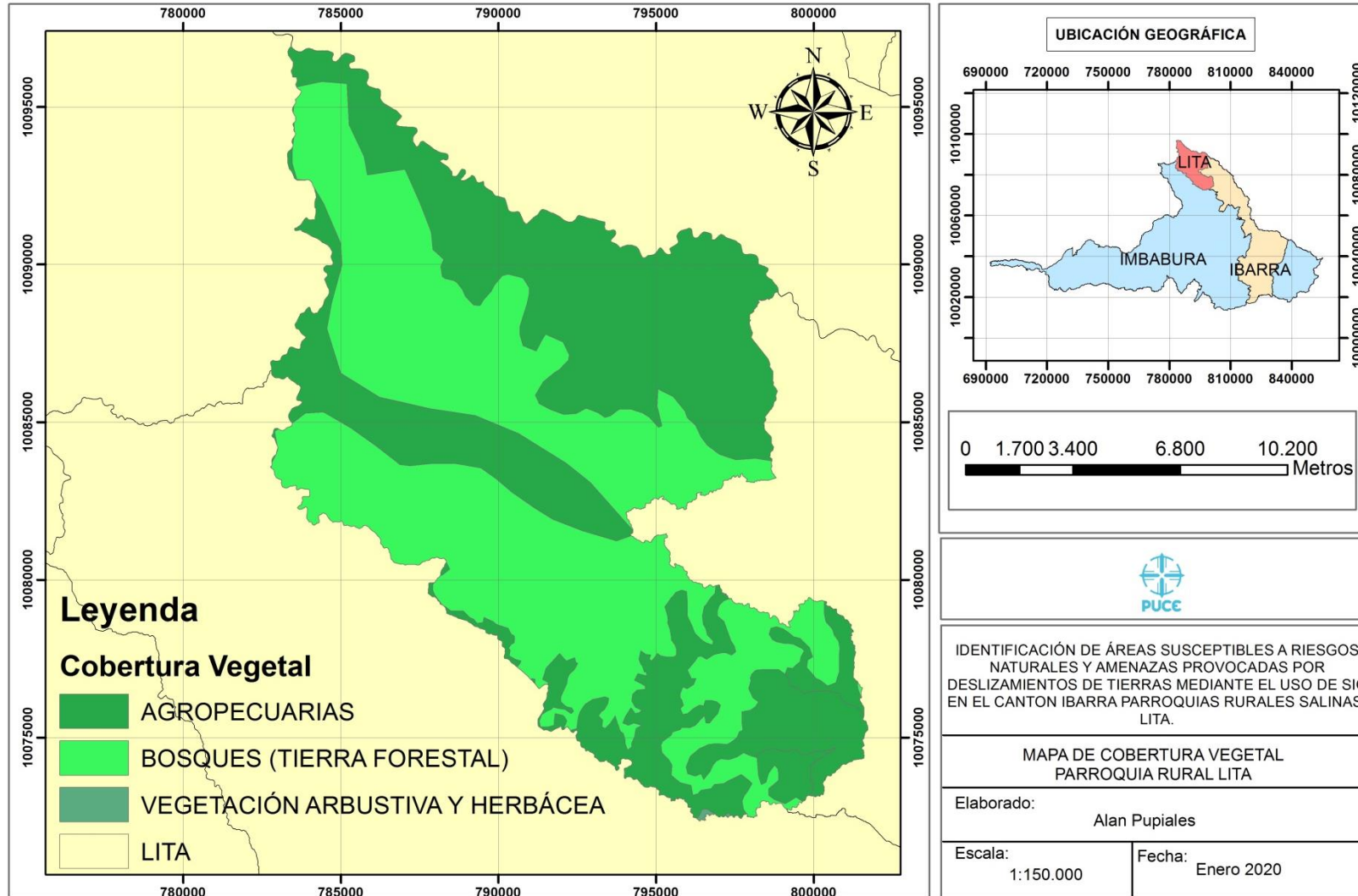


Figura 1610. Mapa de Cobertura vegetal de la Parroquia Lita.  
Fuente: El Autor.

### 5.1.7 Isoyetas

Para llevar a cabo el mapa temático alusivo a las isoyetas, se realizaron diferentes investigaciones bibliográficas, para obtener la información necesaria sobre la pluviometría y la cantidad de lluvia anual registrada en las zonas de estudio, para lo cual se identificaron las estaciones meteorológicas más cercanas a las parroquias a fin de recopilar los datos suficientes para la ejecución del trazado de líneas de igual cantidad con relación a la precipitación. Es importante tomar en cuenta que la precipitación es un elemento detonante en un deslizamiento por lo que es considerado el más importante frente a los factores condicionantes (Sáenz, 2002).

Tabla 30.

*Datos de precipitación de la Parroquia Salinas.*

<b>N.º</b>	<b>Rango (mm)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	0 – 500	5.283	69
2	500 - 750	2.372	31
<b>TOTAL</b>		<b>7.656</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

En la distribución de la precipitación por área en la parroquia de Salinas se observa en la (Tabla 30) el nivel porcentual que tiene cada unidad, dando así con un 69% una precipitación de 0-500 mm siendo este el que se distribuye en mayor parte por el área de estudio y por último con un 31% correspondiendo a una precipitación de 500-750 mm siendo esta la que se extiende en menor superficie por el área de estudio. Entre mayor sea la cantidad de precipitación esta tiende a ser mayor susceptible a deslizamientos de tierra, las zonas que presenten menor cantidad de precipitación no quiere decir que se encuentren libre de amenazas, depende de que cantidad de precipitación cae en determinado periodo de tiempo.

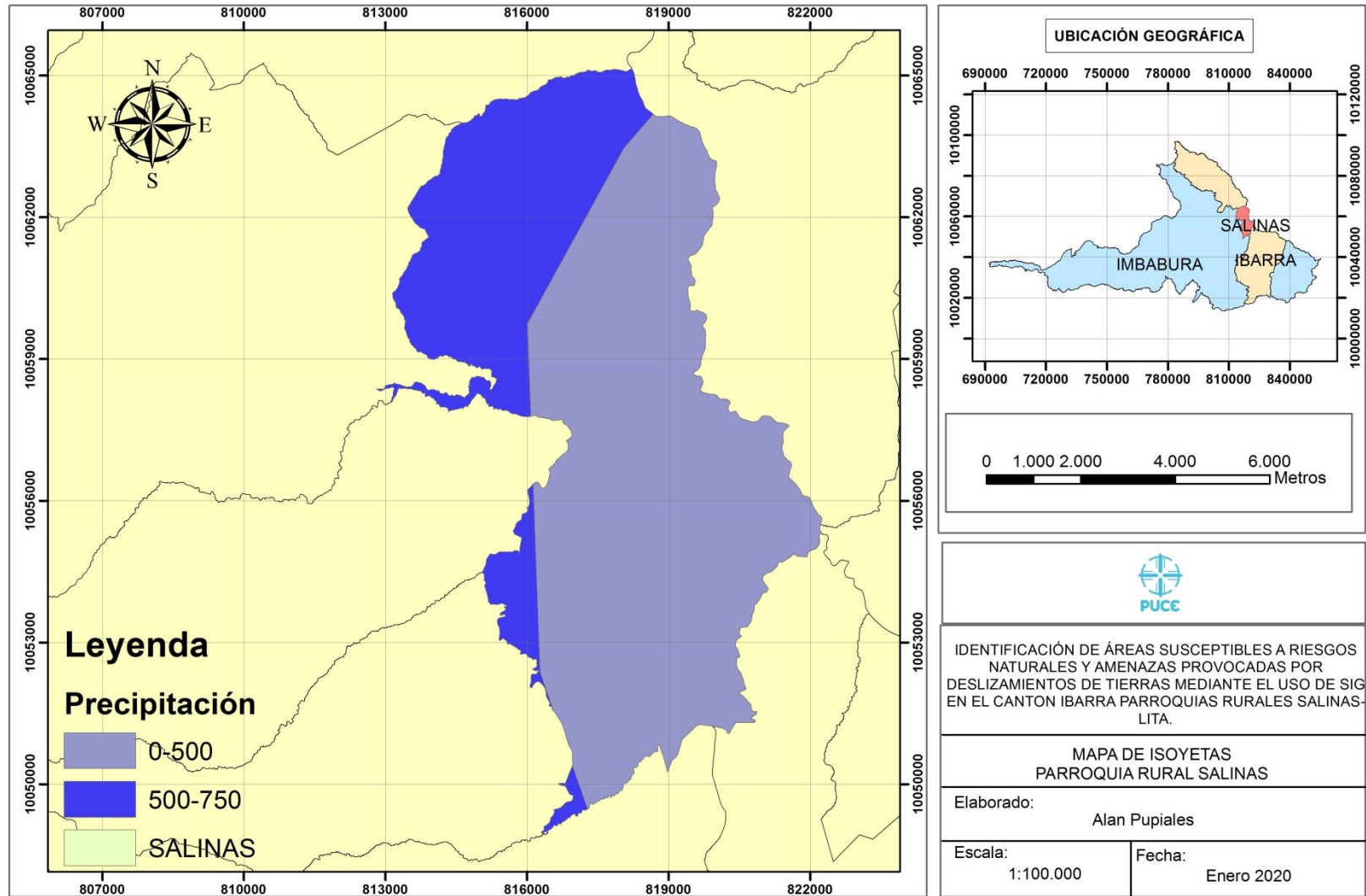


Figura 17. Mapa de Isoyetas de la Parroquia Salinas.  
Fuente: El Autor.

Tabla 31.

*Datos de precipitación de la Parroquia Lita.*

<b>N.º</b>	<b>Rango (mm)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1	1250 – 1500	4.182	17,54
2	1500 – 1750	6.171	25,89
3	1750 – 2000	6.478	27,18
4	2000 – 2500	5.566	23,35
5	2500 – 3000	1,079	4,53
6	3000 - 4000	356,69	1,49
<b>TOTAL</b>		<b>23.835</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

En la distribución de la precipitación por área en la parroquia de Lita se observa en la (Figura 29) el nivel porcentual que tiene cada unidad, dando así con un 27,18% una precipitación de 1.750-2.000 mm siendo este el que se distribuye en mayor parte por el área de estudio, seguidamente con un 25,89% correspondiendo a una precipitación de 1.500-1.750 mm y la precipitación que se extiende en menor superficie por el área de estudio con un 1,49% siendo la precipitación de 3.000-4.000 mm. Entre mayor sea la cantidad de precipitación esta tiende a ser mayor susceptible a deslizamientos de tierra, las zonas que presenten menor cantidad de precipitación no quieren decir que se encuentren libre de amenazas, depende de que cantidad de precipitación cae en determinado periodo de tiempo.

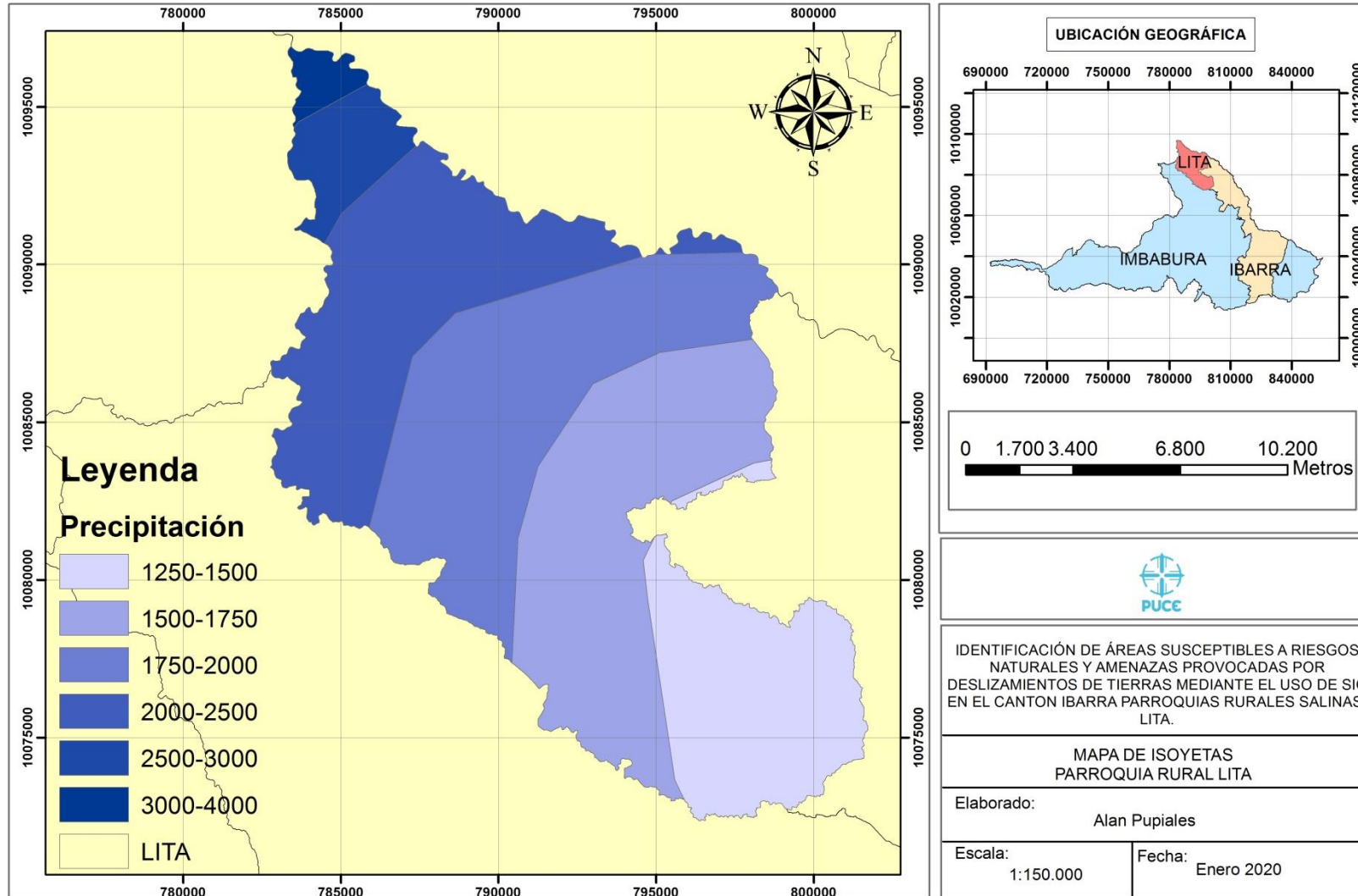


Figura 1811. Mapa de Isoyetas de la Parroquia Lita.  
Fuente: El Autor.

## 5.2 Fase de campo.

Para la realización de la siguiente cartografía fue primordial tomar en consideración los factores detonantes como la precipitación y condicionantes como son: la litología, la pendiente, la cobertura vegetal y la permeabilidad, utilizando el método heurístico, para lo cual se empleó un análisis multicriterio que nos permitió jerarquizar las zonas de mayor importancia y de esta manera otorgarles ponderaciones de sumatoria total al 100% de acuerdo a la incidencia que presenta cada uno en los deslizamientos.

Dentro de la Parroquia Lita, la precipitación constituye un factor de mayor importancia en comparación a las demás variables, pues este factor detonante marca rangos donde el nivel de lluvia es muy intensa en los meses de diciembre enero, febrero, marzo, abril y mayo por lo que existe la presencia grandes deslizamientos principalmente en las comunidades de Santa Cecilia, Parambas, Palo Amarillo, Santa Rosa y La Colonia. Cabe recalcar que el riesgo a deslizamientos provocados debido a la precipitación dependerá de la cantidad de lluvia producida en un determinado período de tiempo. Mientras que en la parroquia de Salinas el factor más importante es la pendiente debido a que está asociada a relieves volcánicos montañosos y relieves colinados muy altos, cuyas pendientes van de 40 a 100 %.

Los factores condicionantes representan el 75% del valor de susceptibilidad a deslizamientos de tierra dentro de la zona de estudio, donde la variable pendiente presenta un valor de incidencia elevado y en conjunto con el resto de las variables que integran este factor, se ha logrado determinar los porcentajes del nivel de amenaza que presentan las Parroquias Lita y Salinas.

En la siguiente Tabla 32, se representa la valorización de cada factor con la asignación de valores establecidos en el rango del 1 al 5, metodología adquirida de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador.

### 5.2.1 Identificación de Áreas Susceptibles a Deslizamientos de la Parroquia Salinas

Para la identificación de las áreas susceptibles a deslizamientos se utilizó el método de Mora Vahrson que consiste en la superposición de los diferentes mapas obtenidos para así obtener un mapa final.

Tabla 32

*Jerarquización de factores condicionantes y detonantes relacionados a la susceptibilidad de deslizamientos de la Parroquia Salinas.*

<b>Factor</b>	<b>Variables</b>	<b>Clase</b>	<b>Valor</b>
<b>FACTORES CONDICIONANTES (75%)</b>	Pendiente (23%)	Plano Casi Plano	1
		Suave o ligeramente ondulada	2
		Moderadamente ondulado	3
		Colinado	4
		Escarpado	5
	Cobertura vegetal (20%)	Montañoso	5
		Vegetación arbustiva y herbácea	2
		Agropecuarios	3
		Asociación agropecuaria	4
	Litología (17%)	Erial	5
		Rocas Graníticas Indiferencias, Granodiorita	1
		Andesita	2
		Volcánicos de Volcánicos	2
		Lavas. Andesitas piroxénicas	2
		Cangagua	2
Terrazas (1-3)	ANDESITA, BRECHA, AGLOMERADO	3	
	Brecha volcánica	3	
	Conglomerado, Brecha arenisca	4	

Continuación Tabla 32

<b>Factor</b>	<b>Variables</b>	<b>Clase</b>	<b>Valor</b>
<b>FACTOR CONDICION ANTE (75%)</b>	Litología (17%)	Dactia, Lutitas violáceas, Areniscas, conglomerado	4
		Depósito aluvial	5
	Permeabilidad (15%)	Bajo	1
		Moderado	2
		Bueno	3
<b>FACTOR DETONAN TE (25%)</b>	Precipitación (25%)	Excesivo	5
		0-500	0
		500-750	1

Elaborado por: El autor.

La superposición de los mapas temáticos y con el procedimiento propuesto en la investigación, el mapa que se enfoca en la susceptibilidad de deslizamientos de tierra en la zona de estudio, basándose en varias investigaciones sobre deslizamientos de tierra, se ejecutó la pertinente clasificación de los niveles de amenaza los cuales fueron 5 tipos: muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto.

Tabla 33.

*Clases de peligro de deslizamientos de la Parroquia Salinas.*

<b>Deslizamientos</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Muy Bajo	7.290	95,22
Moderado	107,06	1,39
Alto	250,12	3,26
<b>Total</b>	<b>7.656</b>	<b>100</b>

Fuente (Sistema Nacional de información 2013).

La amenaza con mayor representación es la de “Muy Bajo”, esta presenta una superficie de 7.290 ha con un porcentaje de 95,22% el cual se extiende por la mayor parte de la superficie de la zona de estudio, abarcando a poblados cercanos, en esta amenaza de nivel muy bajo se puede localizar pendientes de 0 a 5°, lo que les caracteriza es que son lugares planos a casi planos. Su cobertura vegetal compuesta por lo general por vegetación arbustiva y herbácea y zonas agropecuarias. Su permeabilidad es moderada y su precipitación anual es de 500-750 mm. La litología del lugar está compuesta de cangagua, andesita y terrazas, estos factores ayudan a que no exista mayor riesgo de amenaza de deslizamiento, habiendo la posibilidad de que no suceda el deslizamiento.

Para el nivel de riesgo “Moderado”, su extensión es de 107,06 ha con un porcentaje de 1,39%. En lo que representa a la pendiente está en un rango de 12 a 25° siendo así medianamente ondulado. La litología del lugar está compuesta por andesita, conglomerados, depósitos aluviales etc. La cobertura vegetal compuesta por eriales y asociaciones agropecuarias, estos factores ya tienen mucha más influencia en los riesgos para producirse un deslizamiento de tierra.

Y por último el nivel de amenaza “Alto” que se extiende con una superficie de 250,12 ha representado un 3,26% después del nivel de riesgo muy bajo, la pendiente de este riesgo va desde los 50 a 70° y mayores de 70° por lo que su relieve es escarpado a montañoso, es decir que existe mucha más altitud de las laderas, su cobertura vegetal en su mayor expresión son eriales con procesos de erosión muy fuertes, su permeabilidad va desde lo moderado a lo excesivo con una precipitación de 0 a 500 mm en la zona de estudio. Su litología por lo general está compuesta por depósitos aluviales y por areniscas, este tipo de

litología es muy susceptible a los desprendimientos o deslizamientos frente al factor detonante que es la precipitación, por este motivo está considerado como el de mayor amenaza a deslizamientos de tierra dentro de la zona de estudio afectando algunas vías principales de acceso.

En el Cantón Ibarra existen estudios relacionados con el deslizamiento de tierra, pero en zonas urbanas y no en zonas rurales, en el cual presenta un enfoque general de cuáles son las zonas que presentan mayor susceptibilidad a deslizamientos de tierra. Es de gran importancia actualizar la información cada dos años ya que la Provincia de Imbabura está catalogada como Geoparque a nivel mundial, por este motivo la información debe estar actualizada ya que con el análisis realizado el nivel de riesgo en algunas zonas es alto.

Esta investigación se encamina a zonas en donde el nivel de riesgo a deslizamientos de tierra es alto, tomando como consideración zonas en el cual existan poblados y principales vías de acceso. Estas zonas son vulnerables a recibir daño cuando en las épocas del año, el principal factor detonante es la precipitación aumentando así el nivel de riesgo a deslizamientos de tierra.

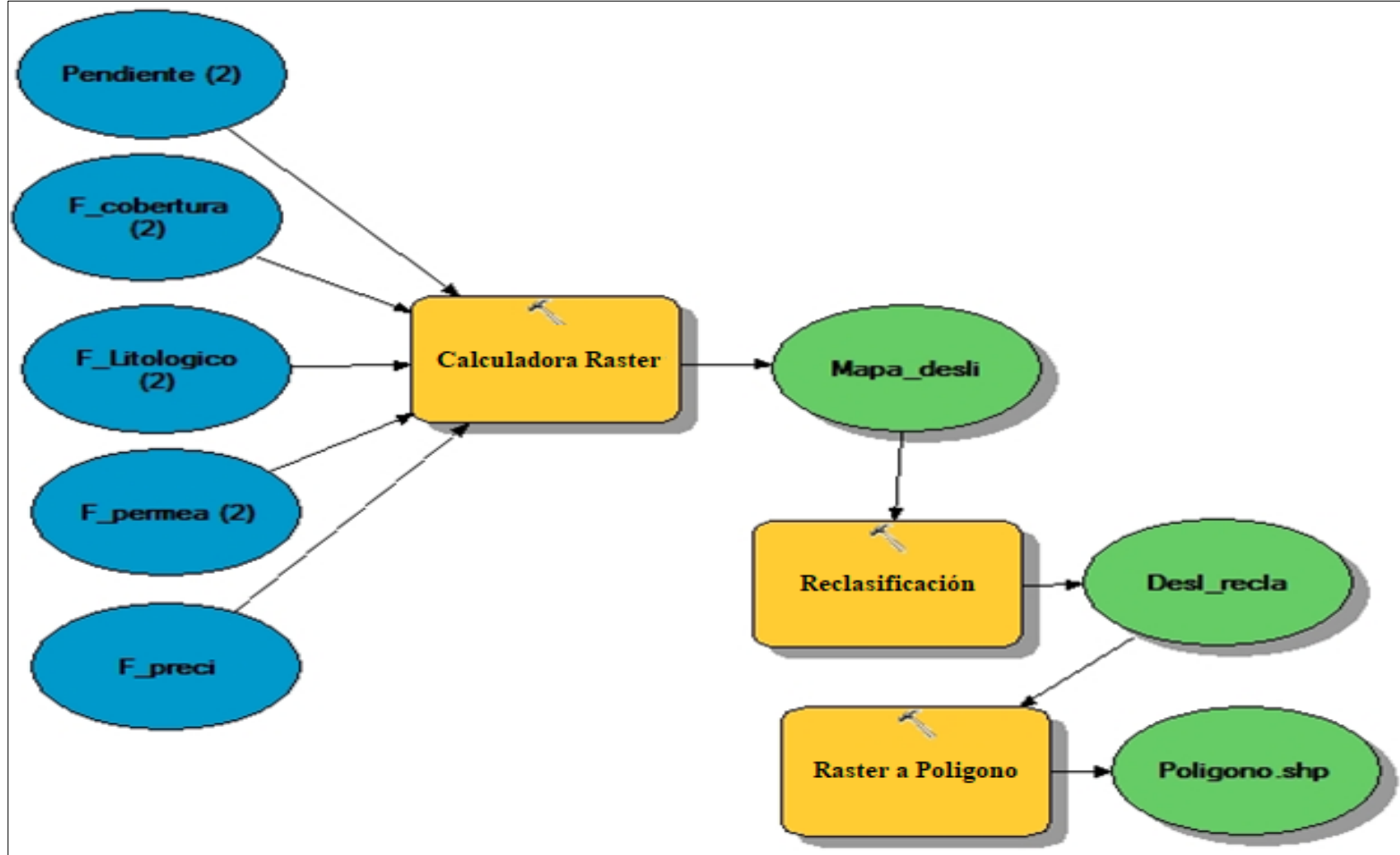


Figura 19. Diseño del Model Builder para obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de tierra Parroquia Salinas.

Fuente: El Autor.

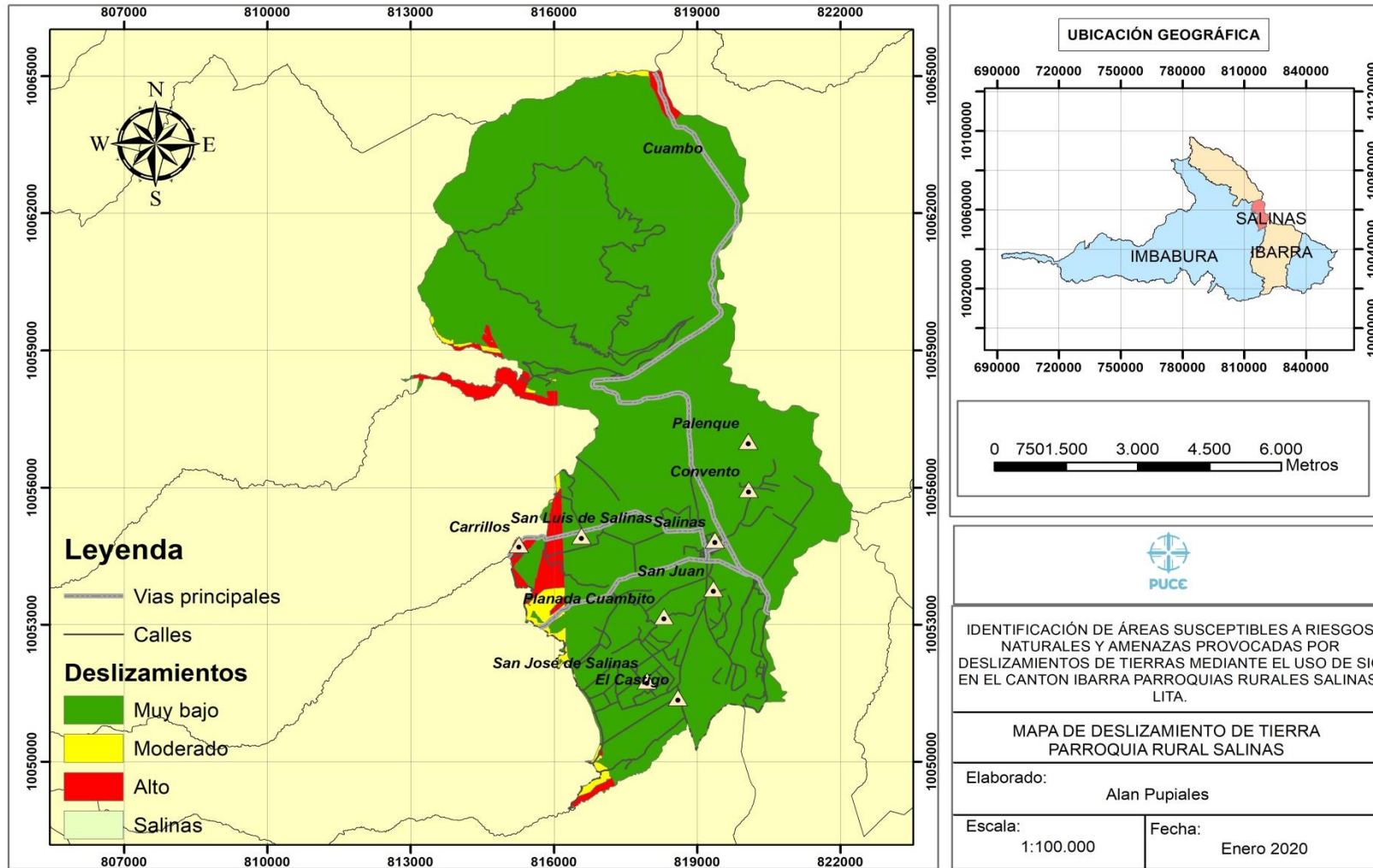


Figura 20. Mapa de Deslizamientos de la Parroquia Salinas.

Fuente: El Autor.

## 5.2.2 Identificación de Áreas Susceptibles a Deslizamientos de la Parroquia Lita

Tabla 34.

*Jerarquización de factores condicionantes y detonantes relacionados a la susceptibilidad de deslizamientos de la Parroquia Lita.*

<b>Factor</b>	<b>Variables</b>	<b>Clase</b>	<b>Valor</b>
<b>FACTORES CONDICIONANTES (75%)</b>	Pendiente (23%)	Suave O Ligeramente Ondulada	2
		Moderadamente Ondulado	3
		Colinado	4
		Escarpado	5
		Montañoso	5
	Cobertura vegetal (20%)	Bosques	1
		Vegetación arbustiva y herbácea	2
	Litología (17%)	Agropecuarios	3
		Rocas Graníticas Indiferencias	1
		Granodiorita, Tonalita	1
Areniscas, Lutitas Chertosas, Calizas, Grauvaca		1	
Brechas, Toba		1	
Lavas Andesíticas, Tobas, Volcanoclastos		2	
Terrazas Indiferenciadas		3	
Permeabilidad (15%)	Tobas, Diabasas, Tobas, Diabasas, Sedimentos Volcánicos, Pillow Lavas	3	
	Deposito Aluvial	5	
	Bajo	1	
	Excesivo	5	

Elaborado por: El autor.

Continuación Tabla 34

<b>Factor</b>	<b>Variables</b>	<b>Clase</b>	<b>Valor</b>
<b>FACTOR DETONANTE (25%)</b>	Precipitación (25%)	1.250 – 1.500	2
		1.500 – 1.750	3
		1.750 – 2.000	3
		2.000 – 2.500	4
		2.500 – 3.000	4
		3.000 – 4.000	5

Elaborado por: El autor.

La superposición de los mapas temáticos y con el procedimiento propuesto en la investigación, el mapa que se enfoca en la susceptibilidad de deslizamientos de tierra en la zona de estudio, basándose en varias investigaciones sobre deslizamientos de tierra, se ejecutó la pertinente clasificación de los niveles de amenaza los cuales fueron 5 tipos: muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto.

Tabla 35.

*Clases de peligro de deslizamientos de la Parroquia Lita.*

<b>Deslizamientos</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Muy Bajo	20.060	84,16
Bajo	1.206	5,06
Moderado	346,83	1,45
Alto	2.209	9,26
<b>Total</b>	<b>23.835</b>	<b>100</b>

Elaborado por: El autor.

La amenaza con mayor representación es la de “Muy Bajo”, esta presenta una superficie de 20.060 ha con un porcentaje de 84,16% el cual se extiende por la mayor parte de la superficie de la zona de estudio, abarcando a poblados cercanos, en esta amenaza de nivel muy bajo se puede localizar pendientes de 0 a 5°, lo que les caracteriza es que son lugares planos a casi planos. Su cobertura vegetal compuesta por lo general por vegetación arbustiva y herbácea y zonas agropecuarias. Su permeabilidad es moderada y su precipitación anual es de 500-750 mm. La litología del lugar está compuesta de cangagua, andesita y terrazas, estos factores ayudan a que no exista mayor riesgo de amenaza de deslizamiento, habiendo la posibilidad de que no suceda el deslizamiento.

En el nivel de riesgo “Bajo”, se extiende en una superficie de 1.206 ha de la zona de estudio. Algunas de sus características como la pendiente correspondiente a un rango de 5 a 12° es decir suave o ligeramente ondulado. La litología del lugar está compuesta por cangagua, brechas volcánicas y andesita. La cobertura vegetal del lugar está compuesta por vegetación arbustiva y herbácea, esto permite que el nivel de riesgo a deslizamientos de tierra sea bajo.

Para el nivel de riesgo “Moderado”, su extensión es de 346,83 ha con un porcentaje de 1,45%. En lo que representa a la pendiente está en un rango de 12 a 25° siendo así medianamente ondulado. La litología del lugar está compuesta por andesita, conglomerados, depósitos aluviales etc. La cobertura vegetal compuesta por eriales y asociaciones agropecuarias, estos factores ya tienen mucha más influencia en los riesgos para producirse un deslizamiento de tierra.

Y por último el nivel de amenaza “Muy Alto” que se extiende con una superficie de 2.209ha representado un 9,26% después del nivel de riesgo muy bajo, la pendiente de este riego va desde los 50 a 70° y mayores de 70° por lo que su relieve es escarpado a montañoso, es decir que existe mucha más altitud de las laderas, su cobertura vegetal en su mayor expresión son eriales con procesos de erosión muy fuertes, su permeabilidad va desde lo moderado a lo excesivo con una precipitación de 0 a 500 mm en la zona de estudio. Su litología por lo general está compuesta por depósitos aluviales y por areniscas, este tipo de litología es muy susceptible a los desprendimientos o deslizamientos frente al factor detonante que es la precipitación, por este motivo está considerado como el de mayor amenaza a deslizamientos de tierra dentro de la zona de estudio afectando algunas vías principales de acceso.

En el Cantón Ibarra existen estudios relacionados con el deslizamiento de tierra, pero en zonas urbanas y no en zonas rurales, en el cual presenta un enfoque general de cuáles son las zonas que presentan mayor susceptibilidad a deslizamientos de tierra. Es de gran importancia actualizar la información cada 2 años ya que la Provincia de Imbabura está catalogada como Geoparque a nivel mundial, por este motivo la información debe estar actualizada ya que con el análisis realizado el nivel de riesgo en algunas zonas es alto.

Esta investigación se encamina a zonas en donde el nivel de riesgo a deslizamientos de tierra es alto, tomando como consideración zonas en el cual existan poblados y principales vías de acceso. Estas zonas son vulnerables a recibir daño cuando en las épocas del año el principal factor detonante es la precipitación aumentando así el nivel de riesgo a deslizamientos de tierra.

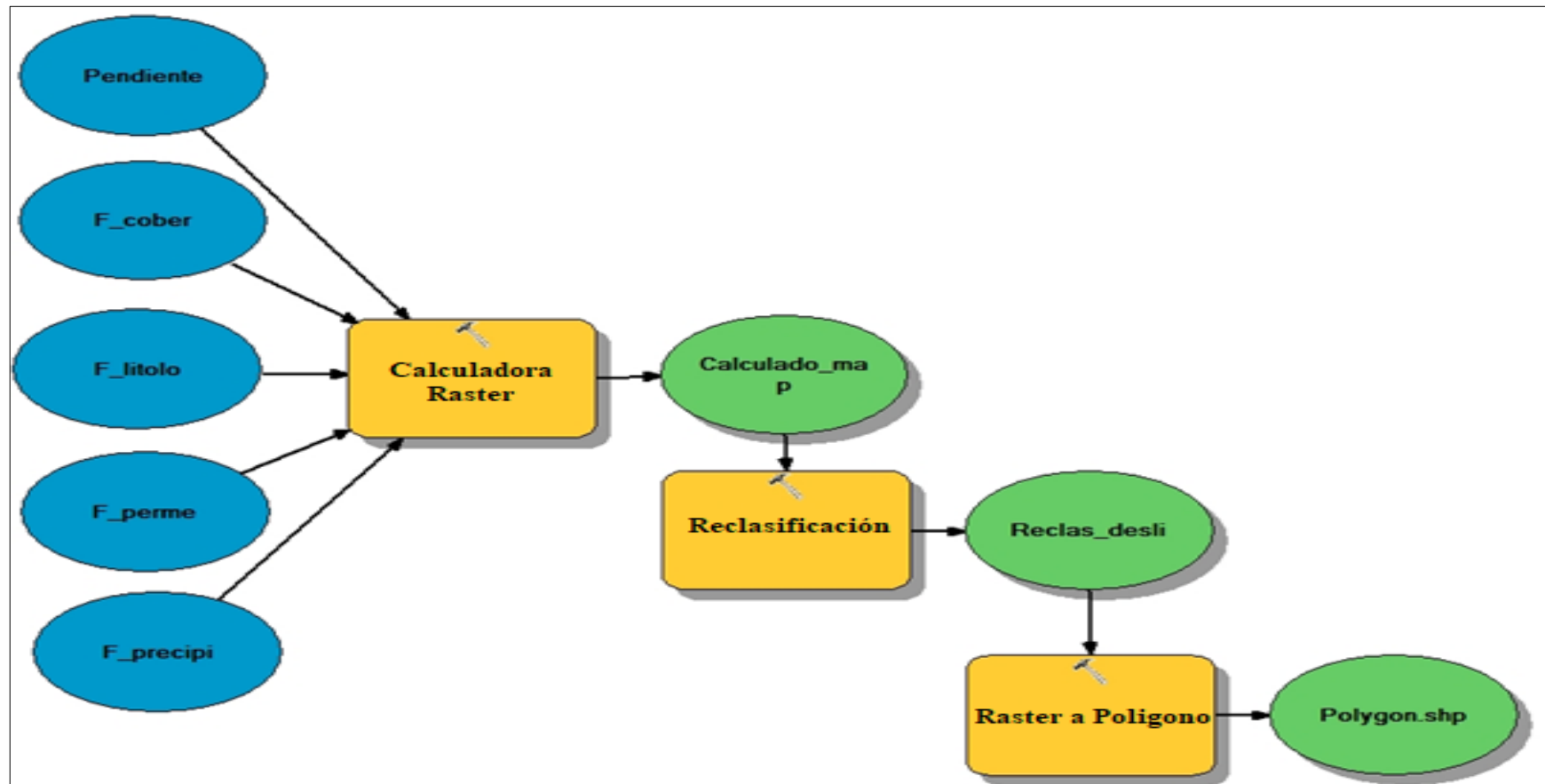


Figura 2112. Diseño del Model Builder para obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de tierra Parroquia Lita.

Fuente: El Autor.

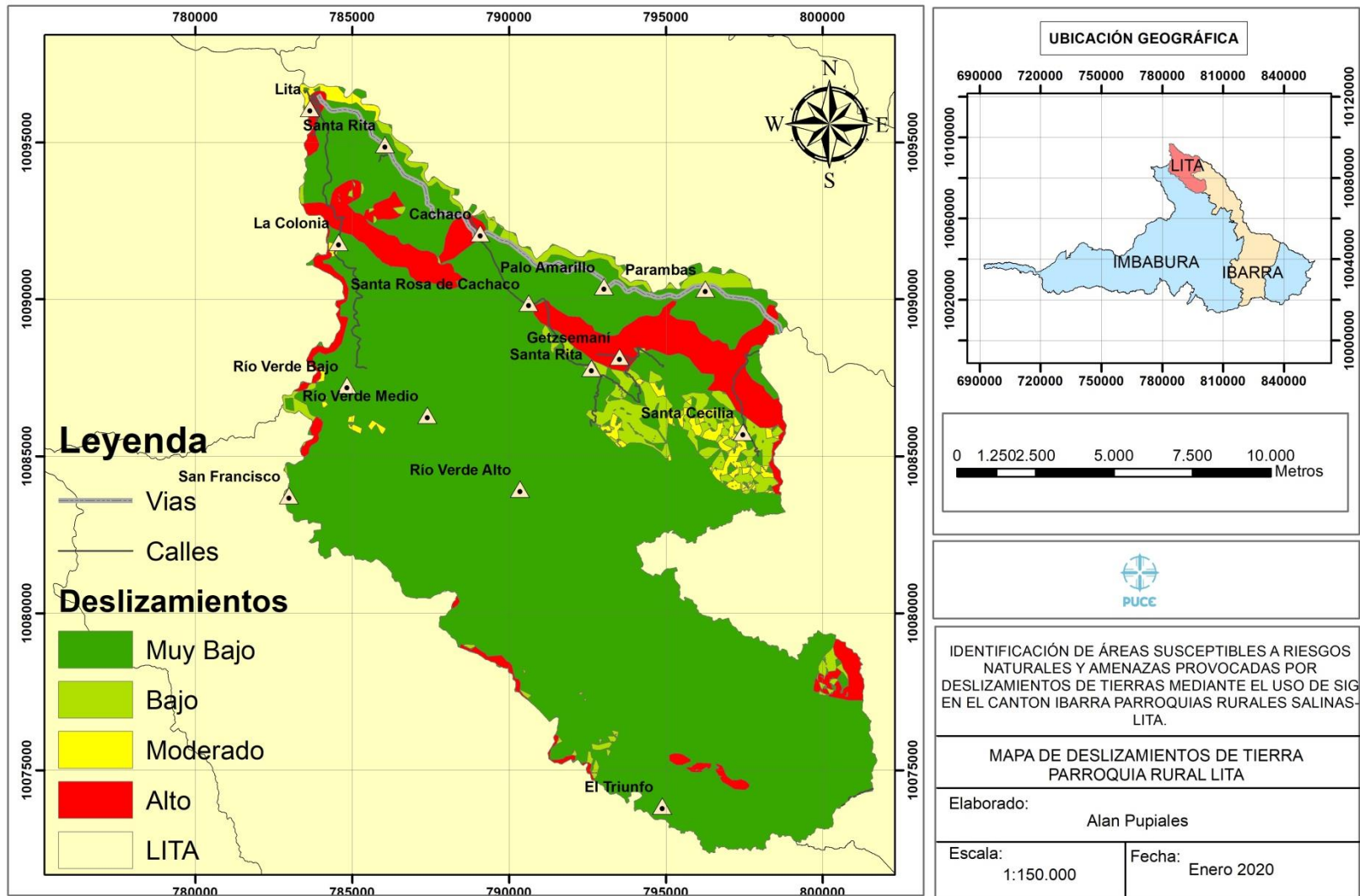


Figura 2213. Mapa de Deslizamientos de la Parroquia Lita.  
Fuente: El Autor.

### 5.3 Fase de post-campo

Con la información adquirida en las diferentes salidas de campo y la creación del mapa temático de zonas susceptibles a deslizamientos de tierra en el cantón Ibarra, se considera importante establecer una propuesta sobre el tema de prevención y mitigación de deslizamientos de las zonas identificadas anteriormente en el mapa tanto en la parte urbana como rural, donde su nivel de amenaza es de un grado medio a alto.

Para establecer en este caso las respectivas medidas se tomó en cuenta el modelo propuesto al inicio de la investigación, en donde se realizó la superposición de los diferentes mapas temáticos relacionados con los factores condicionantes y detonantes en estudio, adquiriendo la información necesaria para identificar aquellos sectores en donde su nivel de susceptibilidad a deslizamientos es muy probable, cabe recalcar que los eventos de movimientos de masa en muchas de las ocasiones no son tan severos e incluso se encuentran en estado de inmovilidad, pese a esto, no se debe descartar la atención que requiere cada uno de ellos pues con el paso de los años pueden convertirse en desastres mayores, por lo que es necesario tratar con objetividad e interés cada signo de amenaza.

Con respecto a esta información dentro del cantón, se evidenciaron zonas en donde el nivel de peligro a deslizamientos es medio y alto especialmente en localidades donde su relieve es muy significativo, es por ello que se consideró que dentro de las dos parroquias que conforman el cantón existen peligros de deslizamientos especialmente en las localidades bajas, es por ello que se tomó en cuenta la matriz urbana de estas áreas; además se registran eventos de movimientos de masa dentro de las vías de tránsito vehicular primarias y secundarias distribuidas en la zona de estudio.

En este sentido es importante aplicar medidas y acciones que puedan generar el bienestar hacia los bienes públicos como en este caso las carreteras y el ambiente, así como reducir posibles afectaciones hacia la población con respecto al riesgo de deslizamientos. A continuación, se presenta una propuesta en donde se destacan aquellas medidas relacionadas con obras de ingeniería (construcciones), además de las normativas necesarias para el uso del suelo y ordenamiento territorial del cantón Ibarra.

### 5.3.1 Prevención y mitigación de deslizamientos de tierra

Con la información adquirida en las diferentes salidas de campo y la creación del mapa temático de zonas susceptibles a deslizamientos de tierra en el cantón Mira, se considera importante establecer una propuesta sobre el tema de prevención y mitigación de deslizamientos de las zonas identificadas anteriormente en el mapa tanto en la parte urbana como rural, donde su nivel de amenaza es de un grado medio a alto.

Para establecer en este caso las respectivas medidas se tomó en cuenta el modelo propuesto al inicio de la investigación, en donde se realizó la superposición de los diferentes mapas temáticos relacionados con los factores condicionantes y detonantes en estudio, adquiriendo la información necesaria para identificar aquellos sectores en donde su nivel de susceptibilidad a deslizamientos es muy probable, cabe recalcar que los eventos de movimientos de masa en muchas de las ocasiones no son tan severos e incluso se encuentran en estado de inmovilidad, pese a esto, no se debe descartar la atención que requiere cada uno de ellos pues con el paso de los años pueden convertirse en desastres mayores, por lo que es necesario tratar con objetividad e interés cada signo de amenaza.

Con respecto a esta información dentro del cantón se evidenciaron zonas en donde el nivel de peligro a deslizamientos es medio y alto especialmente en localidades donde su relieve es muy significativo, es por ello que se consideró que dentro de las cuatro parroquias que conforman el cantón existen peligros de deslizamientos especialmente en las localidades bajas, es por ello que se tomó en cuenta la matriz urbana de estas áreas; además se registran eventos de movimientos de masa dentro de las vías de tránsito vehicular primarias y secundarias distribuidas en la zona de estudio.

### 5.3.2 Prevención:

La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad y el control de las causas que pueden generar los deslizamientos, para disminuir la probabilidad de que se presente la amenaza o el riesgo. La prevención consiste en un trabajo en conjunto tanto de parte del Estado en conjunto con Secretaria de Gestión de Riesgos y de la comunidad (en todos sus niveles) mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita reducir las amenazas y los riesgos a deslizamiento, en un área determinada.

Se deberá aplicar medidas de sanción a aquellos individuos que realicen actividades de perforación o exploración en laderas e impedir el avance de la zona agrícola en lugares destinados a la conservación de especies vegetales y forestales evitando la pérdida de la cobertura vegetal y la remoción arbórea en zonas con pendientes muy pronunciadas.

Las medidas a considerarse dentro de este plan tienen como finalidad el prevenir, reducir y mitigar el riesgo de deslizamiento dentro de la zona en estudio, para ello se presentan algunas acciones que deberían aplicarse y se muestran a continuación:

- En las zonas de deslizamientos identificadas se tomarán medidas de mitigación, aplicando metodologías que ayuden a reducir su impacto, como en el caso de la construcción de muros de contención con enfoque naturalista, mediante esta forma se produce una reducción significativa del grado de peligrosidad.
- Un personal capacitado para producir e interpretar la información necesaria existente.
- Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales consientes de los riesgos que producen los desastres naturales
- Una Parroquia comprometida con el beneficio y desarrollo de su comunidad mediante los diferentes Programas de Prevención.
- Prohibición de la expansión de la frontera agrícola y de las áreas urbanas en las zonas que presenten un mayor riesgo a deslizamientos, utilizando un mapa de susceptibilidad.
- Las autoridades parroquiales deberán monitorear periódicamente las zonas en donde existe riesgo de deslizamientos especialmente en épocas lluviosas.
- Elaboración y aplicación de mapas de amenaza.
- Establecer programas de capacitación a comunidades expuestas a deslizamientos de tierra por parte de las autoridades encargadas de la administración de cada parroquia. La capacitación estará enfocada en informar a los actores sociales sobre el riesgo que pueden sufrir frente a deslizamientos, que acciones deben tomar antes, durante y después de un evento de peligro e incluso que actividades pueden potenciar la disminución de zonas con nivel riesgo (reforestación). Las capacitaciones también serán direccionadas hacia las autoridades que manejan actividades de seguridad y protección hacia la población, tales como bomberos, policías y agentes de tránsito, los cuales deberán informarse sobre las acciones que deben tomar en caso de deslizamientos en

vías públicas y evacuación de la población cuando se suscite este fenómeno natural a gran escala.

- Implementar programas de reforestación en zonas propensas a deslizamientos y concientizar a la población para evitar la tala de árboles que destruye la vegetación del área.
- Prohibir la eliminación de la vegetación, las excavaciones y rellenos que pudieren activar deslizamientos.

### 5.3.3 Medidas de Mitigación:

La mitigación y estabilización de los deslizamientos en actividad o potencialmente inestables, es un trabajo relativamente complejo que requiere de metodologías especializadas de diseño y construcción. Cada sistema tiene su base teórica y sus procedimientos constructivos. A continuación, se indican algunos de los sistemas de remediación más efectivos.

#### a) Control de masas en movimiento.

El objetivo de este método de mitigación es el de controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo para personas o propiedades. Generalmente, consiste en la construcción de estructuras que retienen la masa en movimiento después de que se ha iniciado, estas estructuras de control se utilizan, especialmente, para mitigar los riesgos en los caídos de roca.

- Bermas o Escalonamiento del Talud.

El escalonamiento de taludes tiene como objetivo principal equilibrar un talud en base a su propio peso, este método se basa en elaboración de descansos planos en zonas medias de taludes haciendo que estos se comporten de manera independiente en base a su propio peso, con el propósito de reducir las fuerzas actuantes en las zonas más críticas. (Schuster y Kockelam, 1996).

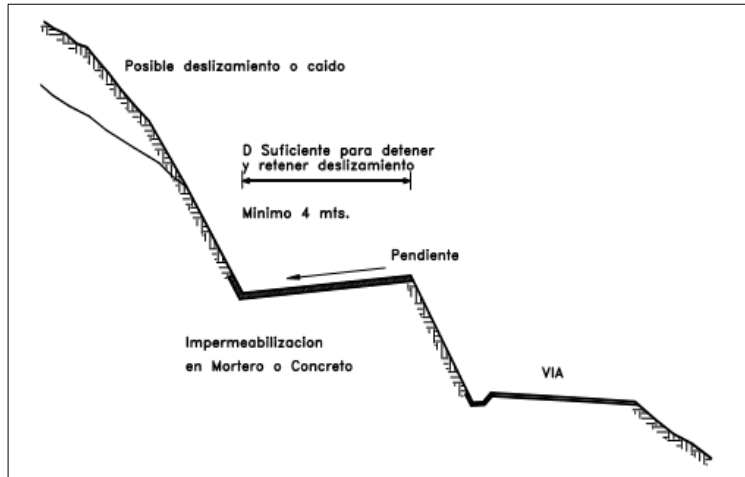


Figura 23. Escalonamiento del Talud para detener caídos o derrumbes de roca o suelo.

Fuente: Schuster y Kockelman W. (1996).

- Trincheras.

Las trincheras son excavaciones en el pie del talud que impiden que la roca afecte una vía, esta técnica es una medida cuando eficaz cuando existe una zona apropiada para su construcción, El ancho y profundidad de las trincheras está relacionado con la altitud y la pendiente del talud (Ritchie, 1963).

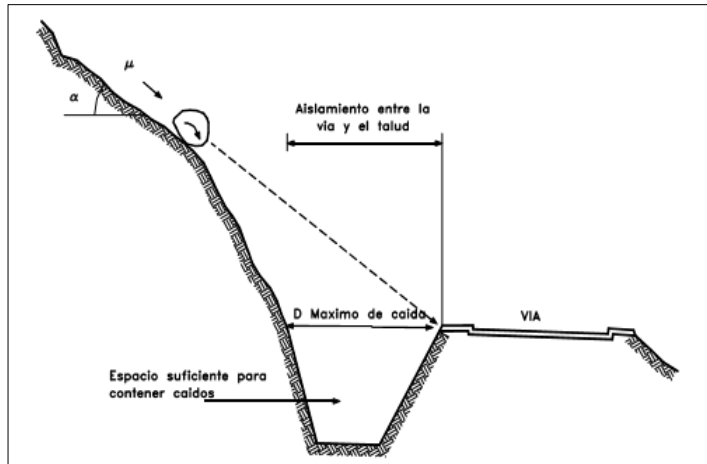


Figura 24. Trincheras para control de flujos caídos o avalanchas.

Fuente: Schuster y Kockelman W. (1996).

- Cubiertas de protección

Las cubiertas de protección son efectivas cuando existen caídos de rocas en taludes, este método consiste en la construcción de muros de concreto armado que se ubican de una forma inclinada con el fin de permitir el paso de los caídos. Para el diseño de estas estructuras se requiere calcular las cargas de impacto y el peso de los materiales que eventualmente van a pasar o a retenerse sobre la estructura.

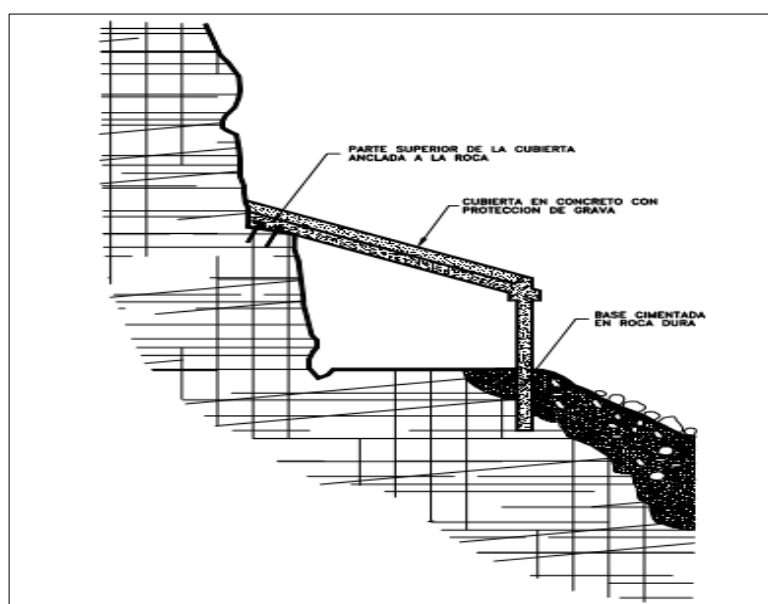


Figura 25. Trincheras para control de flujos caídos o avalanchas.  
Fuente: Schuster R. y Kockelman W. (1996).

Tabla 36.

*Ventajas y desventajas de los métodos de control de masas en movimiento.*

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas.</b>
Bermas.	Generalmente son económicas y rápidas de construir.	Se requiere un espacio grande a mitad de talud
Trincheras.	Sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias.	Los cantos fácilmente pasan por encima.
Estructuras de Retención.	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras.	Son muy costosas.

b) Métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas.

Estos métodos se basan en lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento.

- Abatimiento de la pendiente del talud

Este método consiste en modificar la pendiente con fin de reducir la inestabilidad, equilibrando el peso de los materiales sueltos, obteniendo un talud muy seguro pues en la parte del círculo crítico donde se sitúa la falla de deslizamiento se hace mucho más largo y profundo; para esta técnica no es recomendable aplicar en taludes que presentan pendientes fuertes pues el costo de inversión es muy alto.

Elaborado por: El Autor.

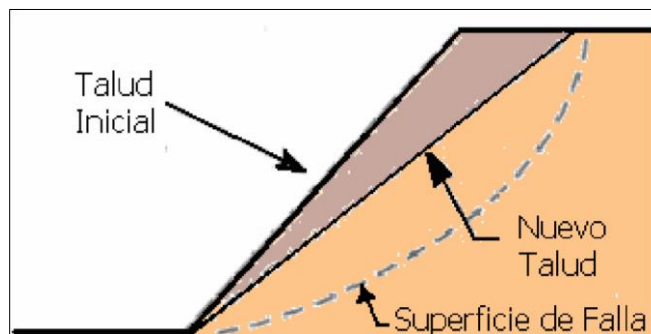


Figura 2614. Abatimiento de la pendiente del talud.

Fuente: Alberti et al., (2006).

- Remoción de materiales de la cabeza

Este método consiste en la remoción de una suficiente cantidad de materiales en la parte superior del talud, lo que produce un equilibrio de fuerzas que mejora la estabilidad del talud, son empleados generalmente en fallas activas. La cantidad de material a ser removido depende del tamaño y características del movimiento y de la geotecnia del sitio.

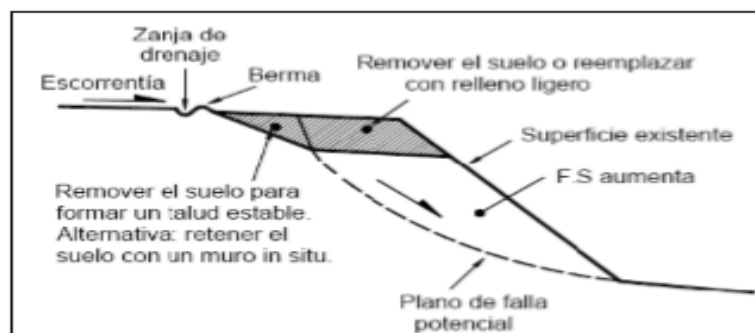


Figura 2715. Efecto de la remoción de materiales de la cabeza de un talud.

Fuente: García y Restrepo, (2016).

- Contrapeso al pie del talud

Para este caso se realiza un sistema de contrapeso ubicado en la parte baja del talud, de esta forma el círculo crítico del talud se hace mucho más largo, los materiales que se pueden implementar en esta técnica son los muros de contención que pueden estar rellenos de tierra o llanas usadas.

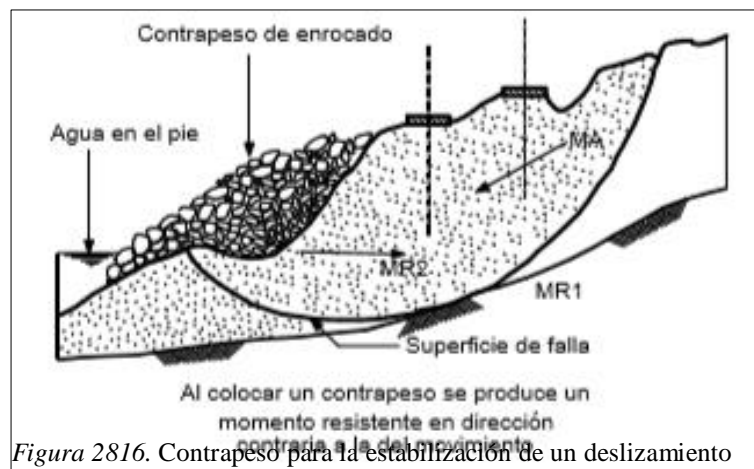


Figura 2816. Contrapeso para la estabilización de un deslizamiento activo.

Fuente: Suárez, (2012).

Tabla 37.

*Ventajas y desventajas de los métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas.*

Método	Ventajas	Desventajas.
Abatimiento de la pendiente	Efectivo especialmente en suelos friccionantes.	No es viable económicamente en taludes de gran altitud.
Remoción de materiales de la cabeza del talud.	Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas a remover tendrían una gran magnitud.
Contrapeso al pie del talud.	Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable e independiente.

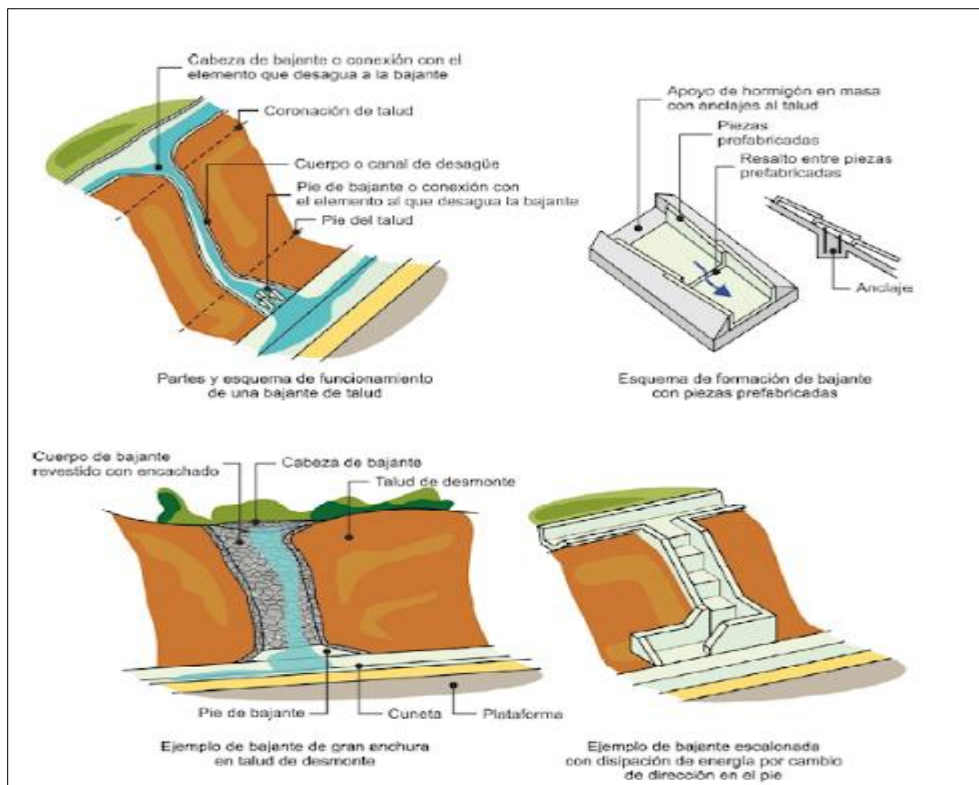
Elaborado por: El Autor.

c) Control de agua superficial.

Son una de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes mediante el control de las aguas superficiales y subterráneas. Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El drenaje y el subdrenaje generalmente son poco costosos y muy efectivos como medidas de prevención de deslizamientos.

- Canales superficiales para el control de escorrentía.

Se encuentran ubicadas en la corona o parte alta de un talud, y son utilizadas para captar y conducir las aguas lluvias de manera adecuada, evitando que las mismas pasen por el talud. Deben ser construidas alejadas del borde superior del talud, con suficiente pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua y deben ser totalmente impermeabilizadas. Requieren un mantenimiento habitual, ya que con el tiempo los taludes presentan movimientos que pueden causar grietas en el impermeabilizante, lo que generaría infiltraciones al terreno y una posterior disminución de la resistencia del suelo.



Fuente: Suárez, (2009).

Figura 29. Diferentes tipos de canales superficiales para el control de escorrentía.

Tabla 38. Ventajas y desventajas de los métodos control de agua superficial y subterránea.

Método	Ventajas	Desventajas.
Canales superficiales para el control de escorrentía.	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía

d) Estructuras de Contención.

Las estructuras de contención de tierras tienen por objeto la colocación de fuerzas adicionales que resistan el movimiento. El objetivo es colocar fuerzas externas que aumenten las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes.

- Muros de Contención.

Este método consiste en utilizar estructuras rígidas de concreto que impiden deformaciones importantes que se puedan producir. Se colocan sobre suelos estables para transmitir las fuerzas desde su cimentación hacia el cuerpo del muro, y de esta forma generar fuerzas de contención.

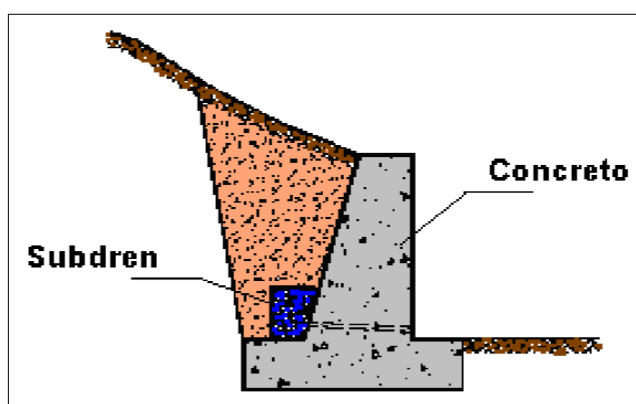


Figura 30. Esquema de un muro de concreto para la estabilización de taludes.

Fuente: Alberti et al., (2006).

- Pilotes.

Los pilotes se utilizan para controlar fallas superficiales, debido a que su función primordial es transmitir fuerzas de la superestructura a través de suelos inestables hasta que tengan la capacidad de carga suficiente para soportar la estructura completa.

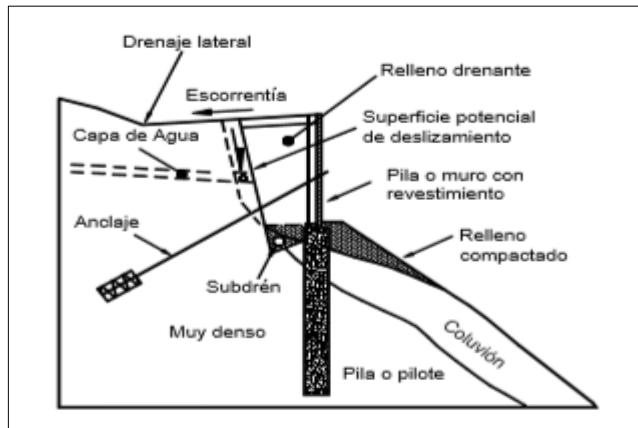


Figura 31. Técnica de pilotes.

Fuente: Suárez, (2009).

- Pantallas ancladas.

Este método se utiliza principalmente para evitar que se produzca el desprendimiento de rocas en el principio del talud, estas estructuras se establecen mediante perforaciones en las cuales se instalan elementos de tensión tales como cables o varillas las cuales pueden ser tensionadas posteriormente y se les funde una placa de concreto en su extremo para que con la fricción que existe con el suelo no permita su caída.

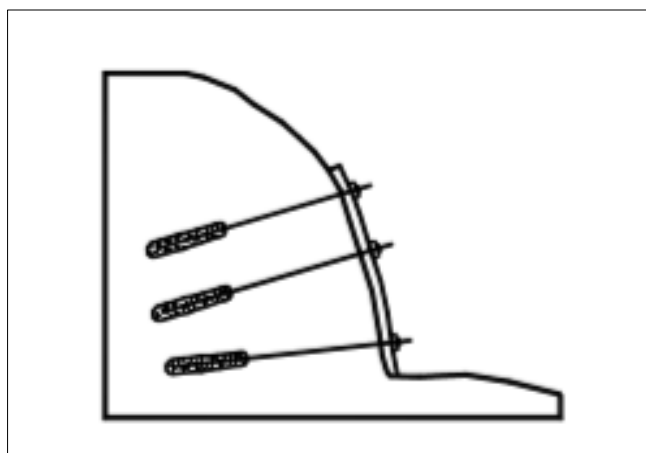


Figura 32. Técnica de pantallas ancladas.

Fuente: Suárez, (2009).

Tabla 37.

*Ventajas y desventajas de los métodos de estructuras de contención.*

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas.</b>
Muros de Contención.	Útiles para estabilizar masas relativamente pequeñas.	Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altitud.
Pilotes.	No requieren gran espacio. Se pueden cimentar a gran profundidad por lo que son efectivos en movimientos poco profundos. Su construcción es rápida.	No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o el suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Poco efectivos en deslizamientos rotacionales.
Pantallas Ancladas.	Útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano. Son muy efectivos cuando hay una roca para el anclaje.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos casos, especialmente, cuando hay aguas subterráneas y son generalmente costosas.

Elaborado por: El Autor.

#### 5.3.4 Identificación de zonas seguras

Se aplicó el “Protocolo para Instalación de Albergues” y la “Guía técnica de procedimientos para la identificación de rutas de evacuación y zona seguras en lugares públicos, ante lluvias intensas y sus peligros asociados como inundación y movimientos en masa”, a continuación, se procedió a la identificación de las zonas seguras de las Parroquias Rurales Salinas-Lita.

➤ Parroquia Salinas

- Zona Segura 1: “Canchas deportivas San Luis de Salinas”

Se localiza en San Luis de Salinas, su área es de 2884,18 m<sup>2</sup> considerado este lugar como una zona de encuentro para que los pobladores del lugar se reúnan en caso de alguna emergencia, es de fácil acceso al situarse en el centro de San Luis de Salinas.

- Zona Segura 2: “Escuela Manuel de Jesús”

Ubicado en la comunidad de Cuambo, esta cuenta con una extensión de 2970,06 m<sup>2</sup>, en esta zona es en donde más peligros existen ya que es una zona montañosa y la susceptibilidad a deslizamientos es elevada.

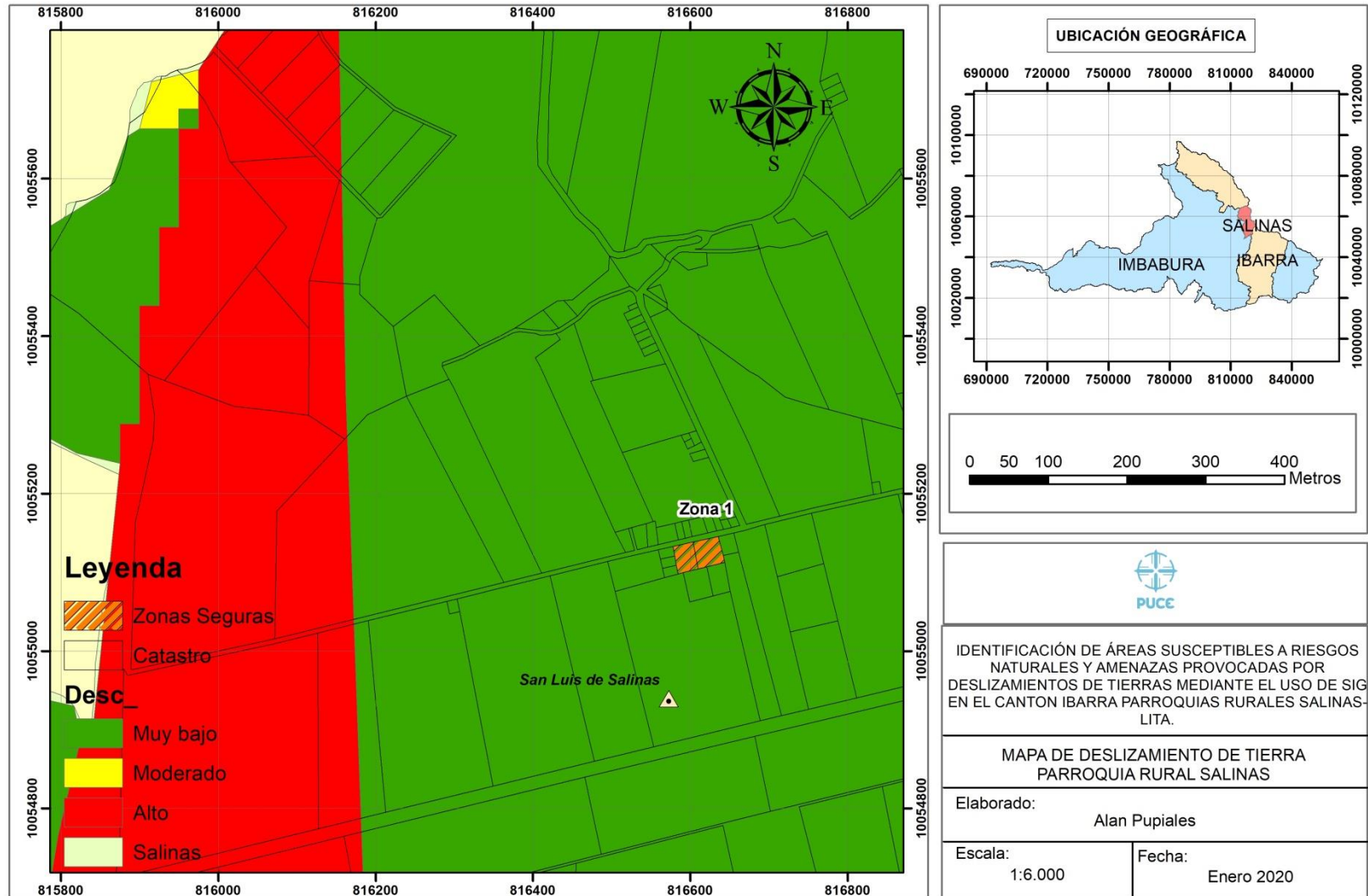


Figura 33. Zonas seguras de la Parroquia Salinas.  
Fuente: El Autor.

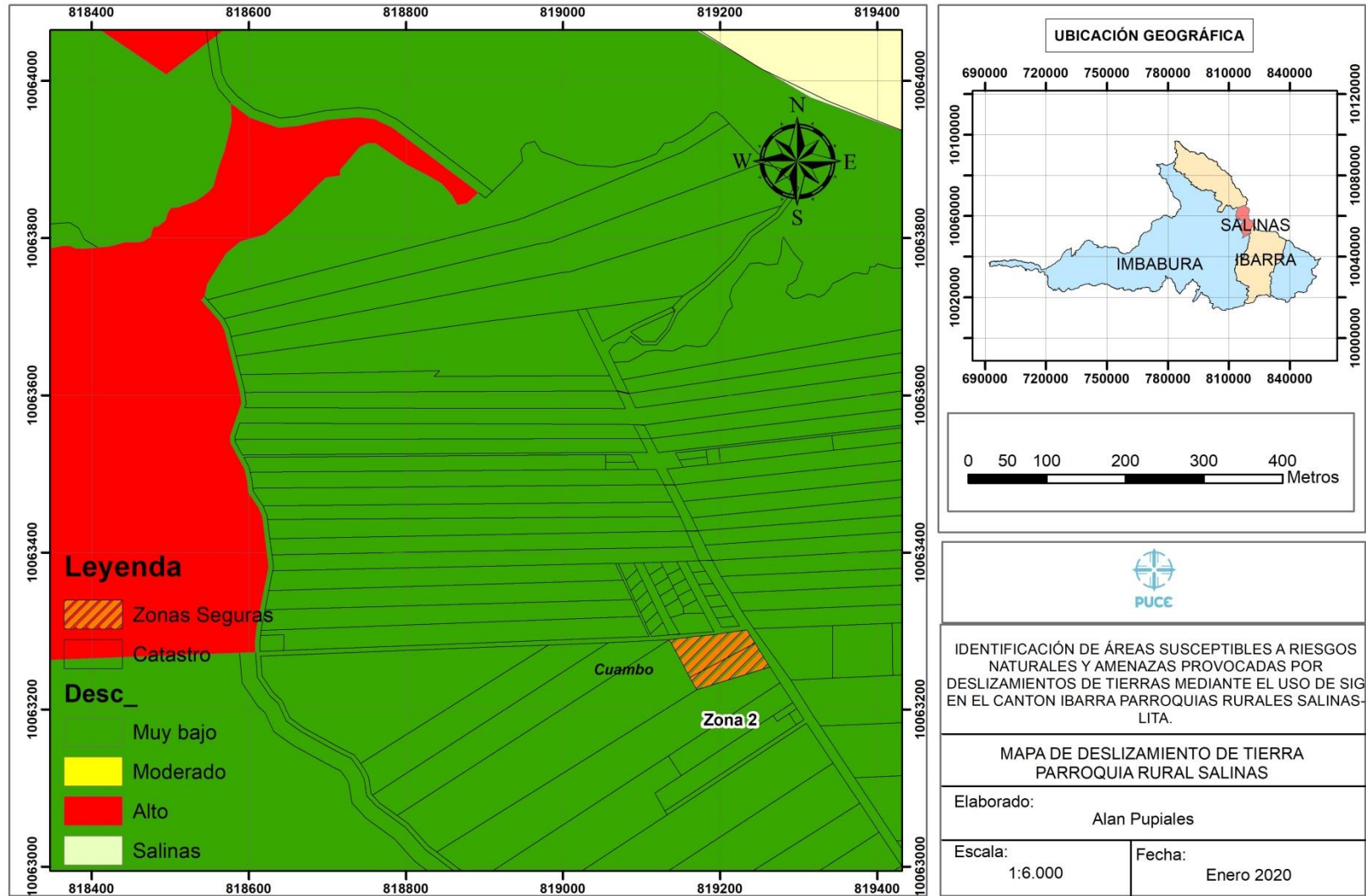


Figura 34. Zonas seguras de la Parroquia de Salinas.  
Fuente: El Autor.

➤ Parroquia Lita

- Zona Segura 1: “Unidad Educativa Parambas”

Esta área está ubicada en la Comunidad de Parambas, antes de llegar a la salida de Lita que colinda con la Parroquia La Carolina, este tiene una extensión de 1661,95 m<sup>2</sup>, y es apto como zona segura para los moradores del sector en caso de que suceda algún riesgo.

- Zona Segura 2: “Escuela K+H PI”

Se encuentra ubicado en la Comunidad de Rio Verde Medio al suroeste de la cabecera parroquial, esta cuenta con una extensión de 1013,50 m<sup>2</sup>, en estas zonas son aptos las zonas seguras ya que presentan riesgos mucho más alto a comparación de otros sitios.

- Zona Segura 3: “Centro Intercultural Bilingüe Tarqui”

Se encuentra ubicado en la Comunidad de Rio Verde Bajo al suroeste de la cabecera parroquial, este cuenta con una extensión de 1102,39 m<sup>2</sup>, en estas zonas son aptas las zonas seguras ya que presentan riesgos mucho más alto a comparación de otros sitios.

- Zona Segura 4: “Dispensario Cachaco-Seguro Campesino”

Esta zona se encuentra ubicada en la Comunidad de Cachaco al sureste de la cabecera parroquial, cuenta con una extensión de 900 m<sup>2</sup> sirviendo como albergue a los pobladores cuando exista un siniestro.

- Zona Segura 5: “Unidad Educativa Gonzalo Zaldumbide”

Ubicado en la cabecera parroquial, este cuenta con una extensión de 1786,67 m<sup>2</sup> siendo considerado como zona segura para los pobladores del sector.

- Zona Segura 6: “Plaza Central”

Se encuentra ubicado en la cabecera parroquial, tiene una extensión de 4301,15 m<sup>2</sup> y se consideró como zona segura ya que tiene un amplio espacio para poder realizar la instalación de albergues temporáneos hasta que pase el riesgo.

- **Zona Segura 7: “Canchas Deportivas”**

Ubicada en la Comunidad de La Colonia, esta tiene una extensión de 700 m<sup>2</sup> y se consideró como zona segura ya que en el sector ocurren riesgos mucho más altos a otros sectores.

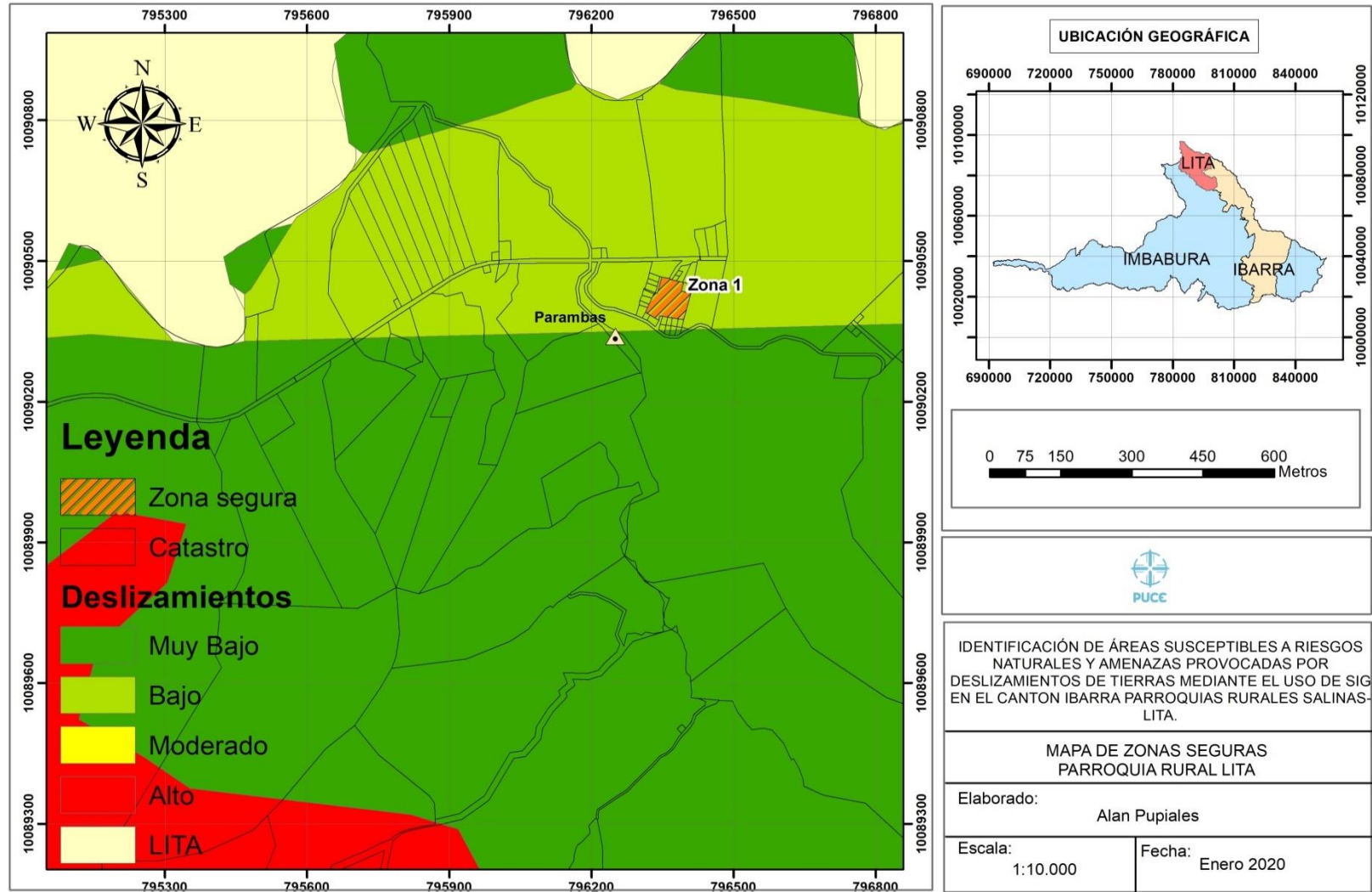


Figura 35. Zona segura uno de la Parroquia de Lita.  
Fuente: El Autor.

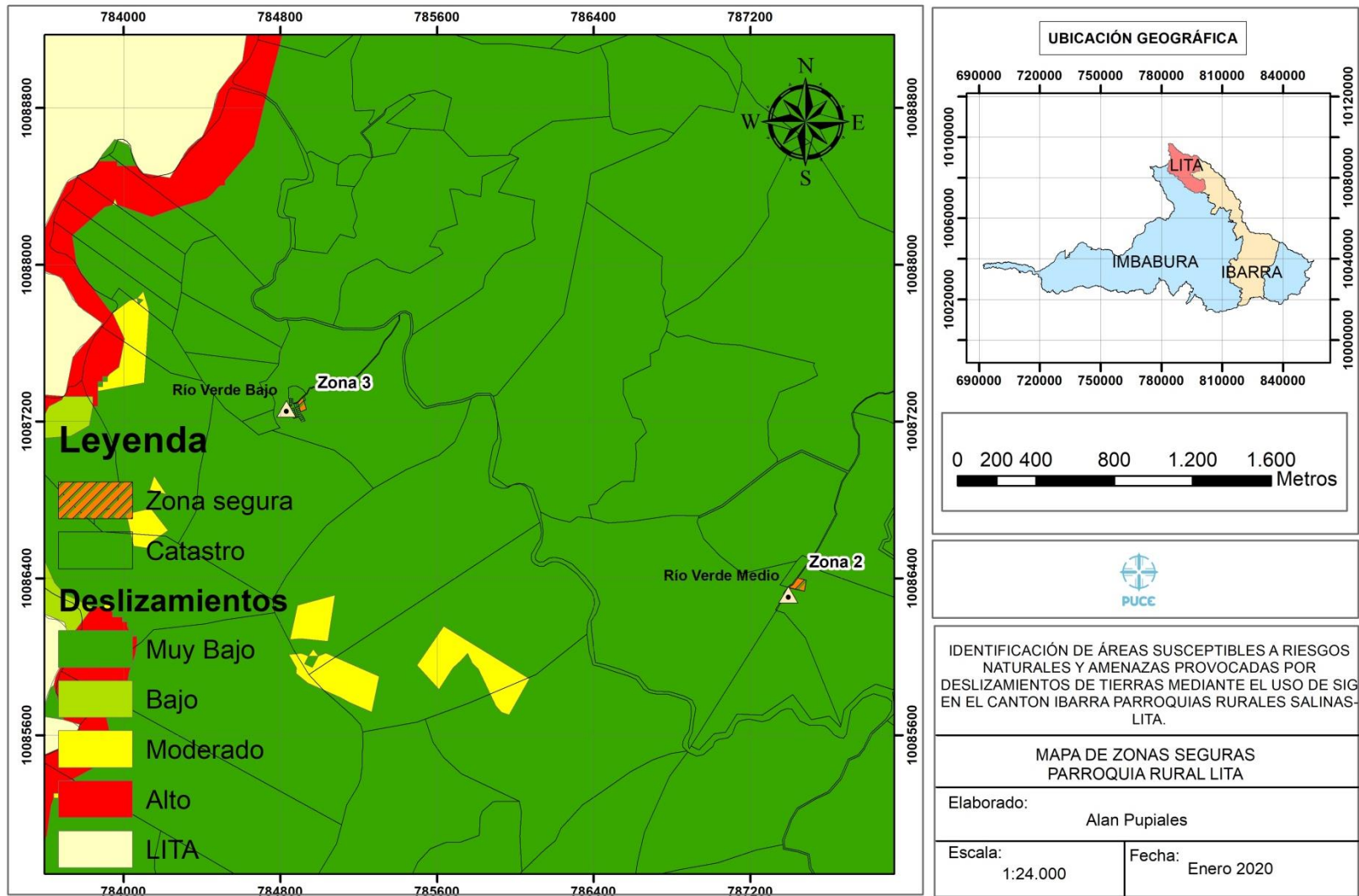


Figura 36. Zonas seguras dos y tres de la Parroquia de Lita.  
Fuente: El Autor.

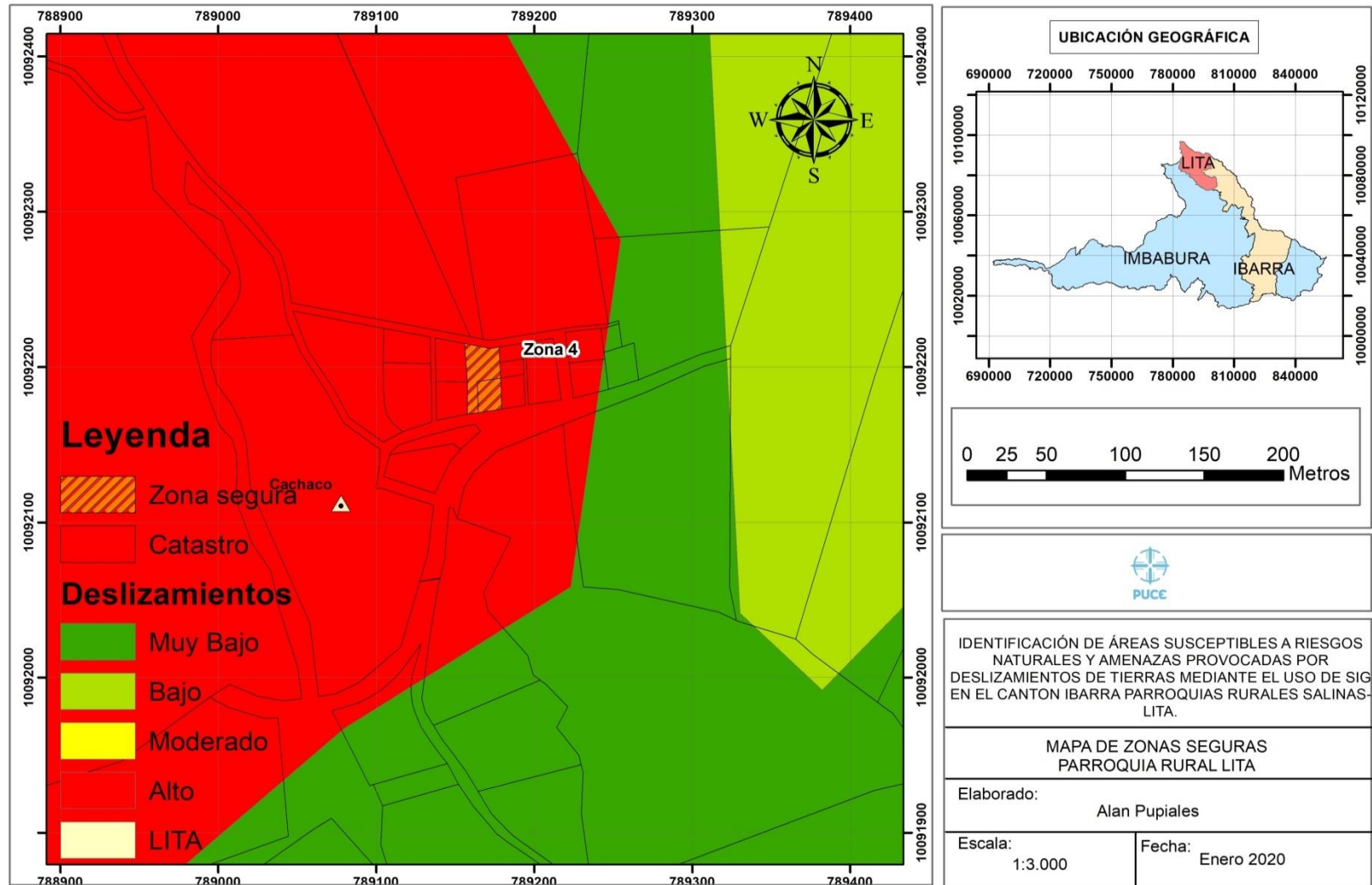


Figura 37. Zona segura cuatro de la Parroquia de Lita.  
Fuente: El Autor.

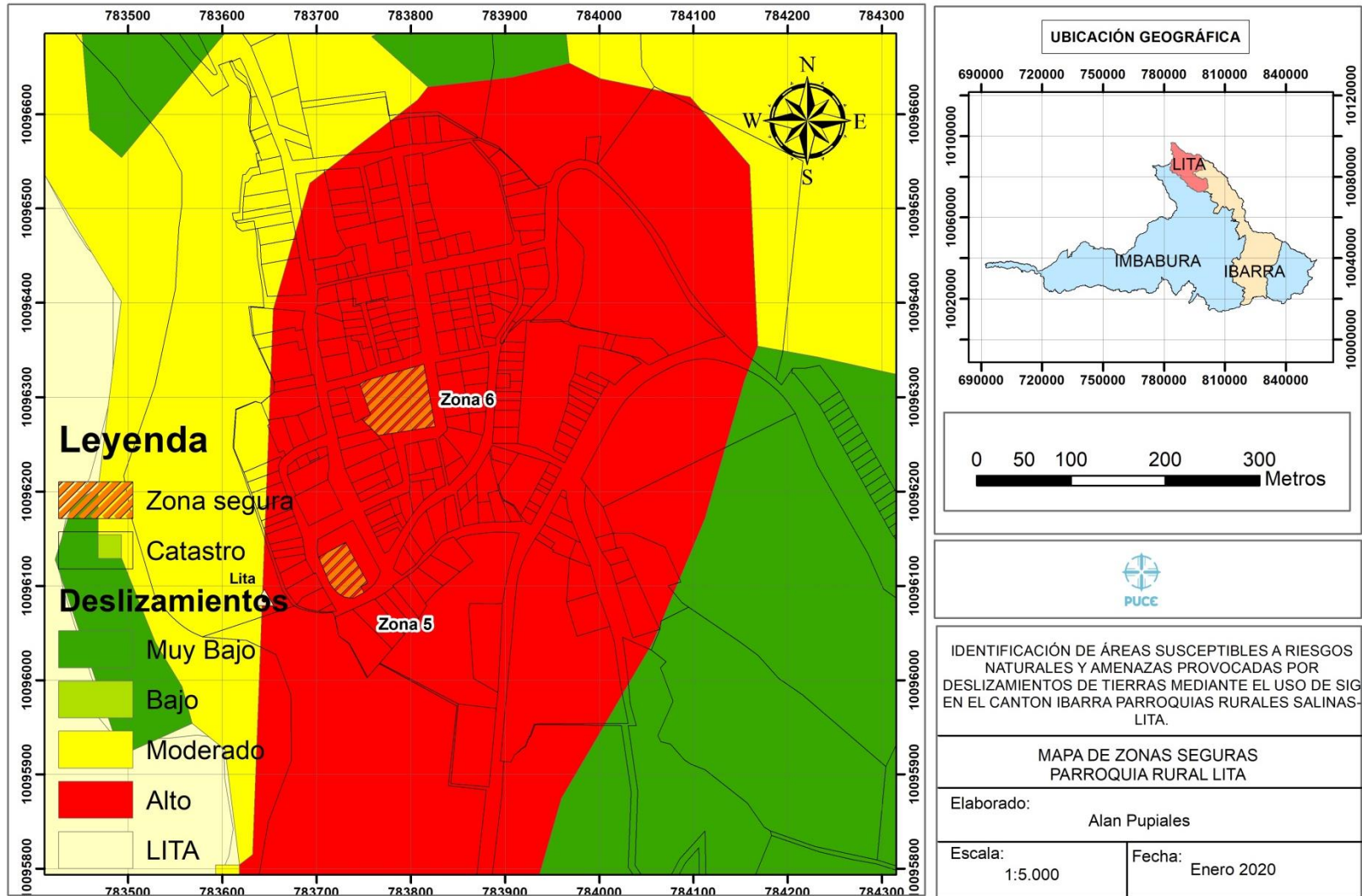


Figura 38. Zonas seguras cinco y seis de la Parroquia de Lita.  
Fuente: El Autor.

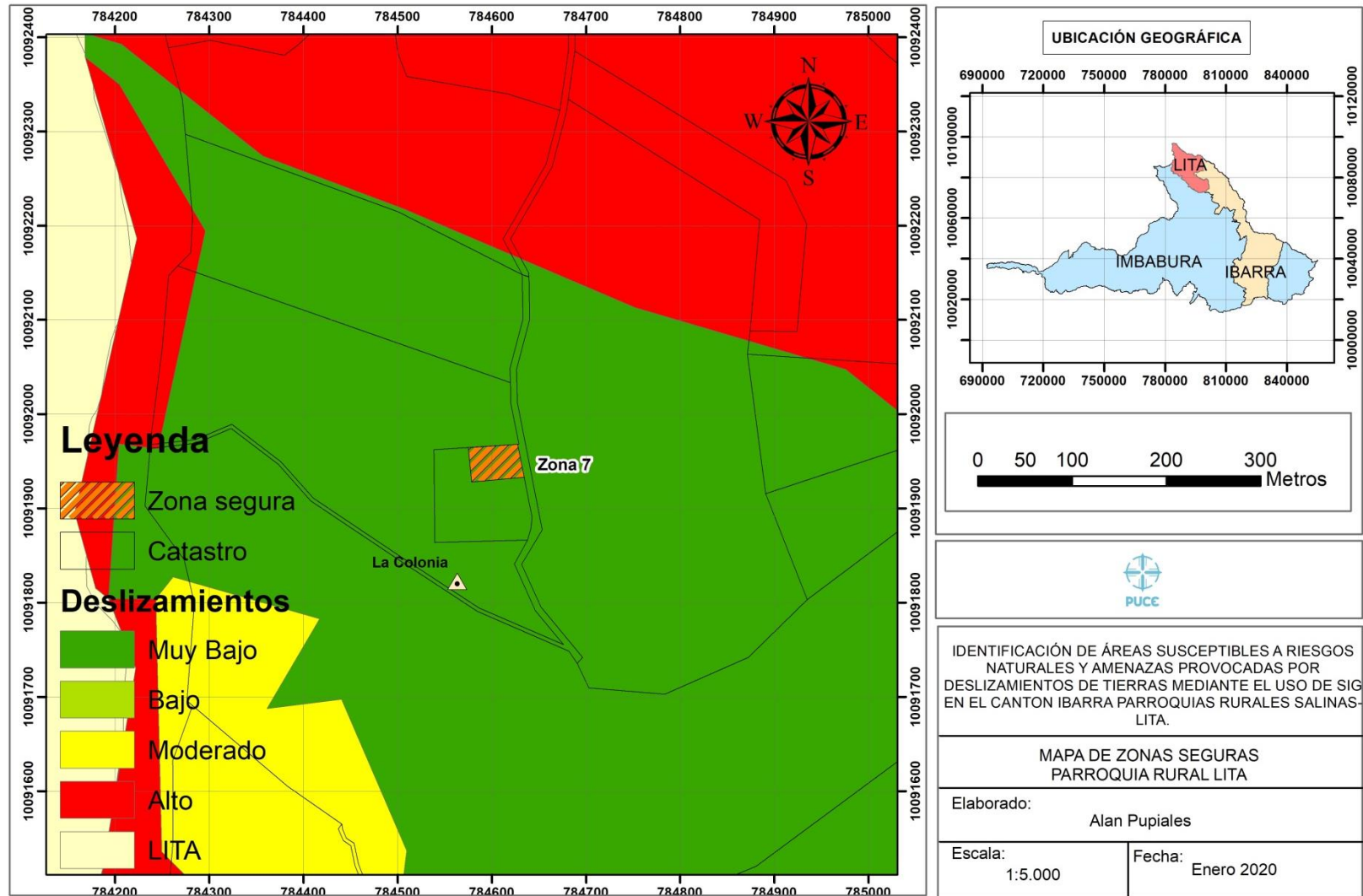


Figura 39. Zona segura siete de la Parroquia Lita.  
Fuente: El Autor.

### 5.3.5 Discusión

En este tipo de investigaciones la metodología que más se usa es de “métodos cuantitativos”, tal como lo ha realizado en sus estudios De Paula, (2016) así como también IEE, (2013).

Para llevar a cabo la presente investigación se realizó un análisis multicriterio, en la cual se tomó en cuenta investigaciones anteriores sobre deslizamientos del cantón Ibarra en los cuales se establecieron cuatro niveles de amenaza: alto, medio, bajo y nulo.

De Paula, (2016) menciona que los factores condicionantes en el cantón Ibarra son la litología, permeabilidad, pendiente, cobertura vegetal, y como factor detonante la precipitación, a cada uno de estos factores se le asignó ponderaciones tomando en cuenta el nivel de importancia que posee cada una de estos al momento de producirse un deslizamiento de tierra, otorgándoles los porcentajes de 17%, 15%, 15%, 33% y 20% respectivamente. Tomando en cuenta que la presente investigación se realizó en las parroquias rurales Salinas y Lita pertenecientes al cantón Ibarra cuyas características son similares con relación a las variables, por lo que se establecieron los mismos factores detonantes y condicionantes para esta investigación, con la diferencia de que el nivel porcentual asignado a cada uno de ellos varía en su nivel de importancia frente a los deslizamientos.

Cabe recalcar que las variables consideradas en este estudio son también tomadas en cuenta por el IEE, (2013) que realiza investigaciones sobre los movimientos de masa que se desarrollan a nivel nacional, con la diferencia que se establecen como factores condicionantes la pendiente, cobertura vegetal, permeabilidad, mientras que en los factores detonantes establecen la sismicidad y la precipitación, no obstante los datos generados por el IEE, sobre los niveles de zonas susceptibles a deslizamientos clasificados en cuatro tales como: muy bajo o nulo, bajo, medio y alto, si fueron aplicados en este estudio dentro del mapa cartográfico de deslizamientos de las parroquias rurales Salinas, Lita.

#### 5.4. Socialización.

La socialización fue realizada por medio de Google Meet en el 12 de enero del 2021, para la cual se invitó a docentes y a estudiantes de la carrera de Ciencias Agrícolas y Ambientales, habiendo un total de 17 participantes, presentando un resumen con la información detallada sobre los riesgos naturales a deslizamientos de tierra.

Al finalizar la exposición se procedió a realizar una encuesta a cada uno de los asistentes, con el fin de conocer su opinión acerca del trabajo de titulación, además del desempeño del expositor, alcanzando los siguientes resultados que se detallan a continuación.

Organización del Evento Socializado.

#### 1. ¿Considera usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?

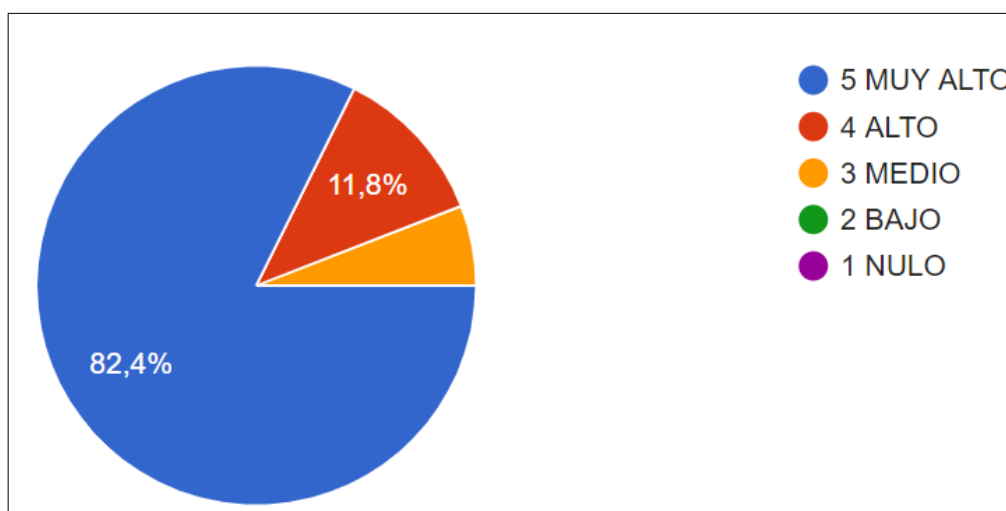
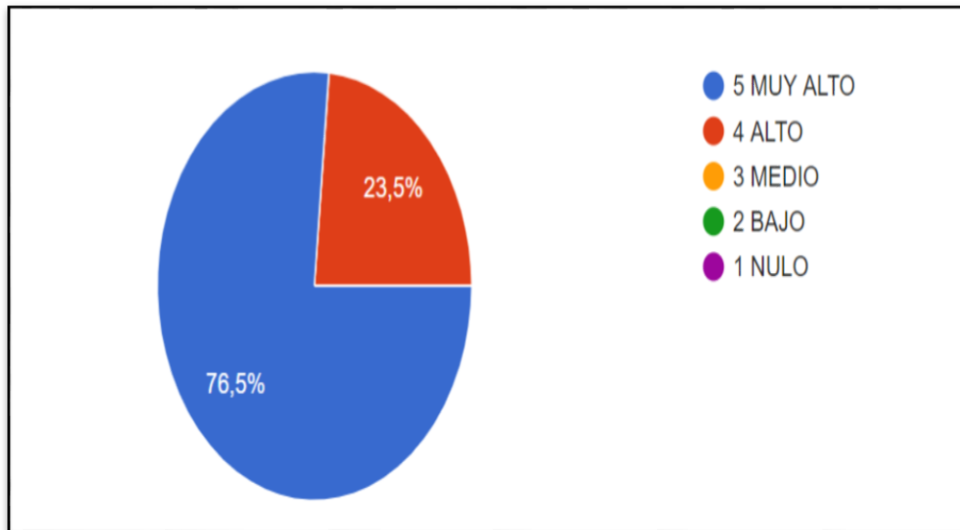


Figura 40. Representación gráfica de las comodidades necesarias que brinda el lugar en donde se desarrolló la exposición.

Fuente: El Autor.

Como se muestra en la figura 40, el 82,4% de los asistentes encuestados señaló que el lugar en donde se desarrolló la socialización posee un nivel muy alto, es decir este lugar brindó las comodidades necesarias para efectuar el evento sin ningún inconveniente, mientras que el 11,8% señaló que posee un nivel alto.

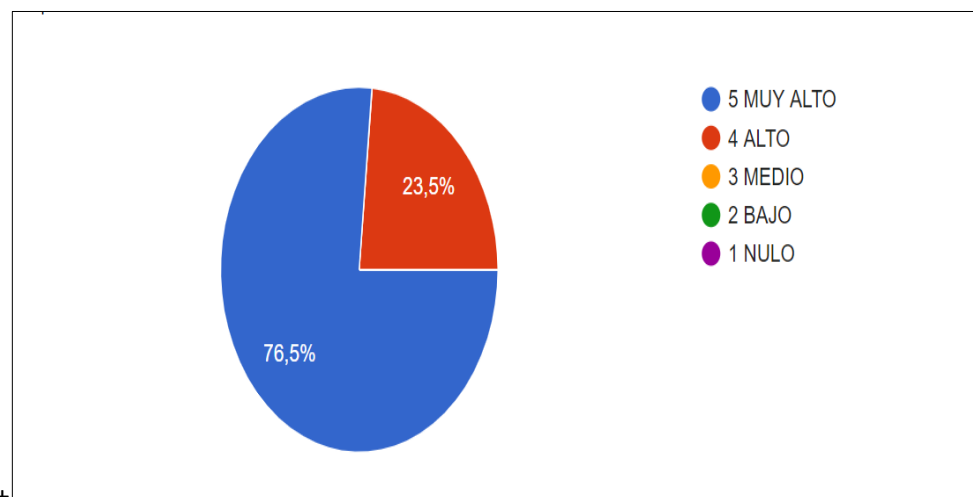
**2. ¿Considera usted que el material audiovisual utilizado en la presente investigación fue adecuado?**



*Figura 41.* Representación gráfica del material audiovisual utilizado en la exposición.  
Fuente: El Autor.

Como se puede observar en la figura 41 el 76,5% de los asistentes encuestados señaló que el material audiovisual utilizado en la exposición presenta un nivel muy alto, mientras que el 23,5% manifiesta según su criterio que el material presentado tiene un nivel alto, sumando los dos porcentajes entre muy alto y alto nos da como resultado un 100% de la aprobación de las personas encuestadas.

**3 ¿Considera usted que el expositor mostró dominio del tema?.**



*Figura 42.* Representación gráfica del dominio del tema por parte del expositor.  
Fuente: El Autor.

Con respecto del dominio del tema por parte del expositor, como se muestra en la figura 42 el 76,5% de los asistentes encuestados señaló que el dominio del tema que presentó el expositor en la socialización tiene un nivel muy alto, y el 23,5% señala que el expositor presenta un nivel alto.

**4. Estima usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?**

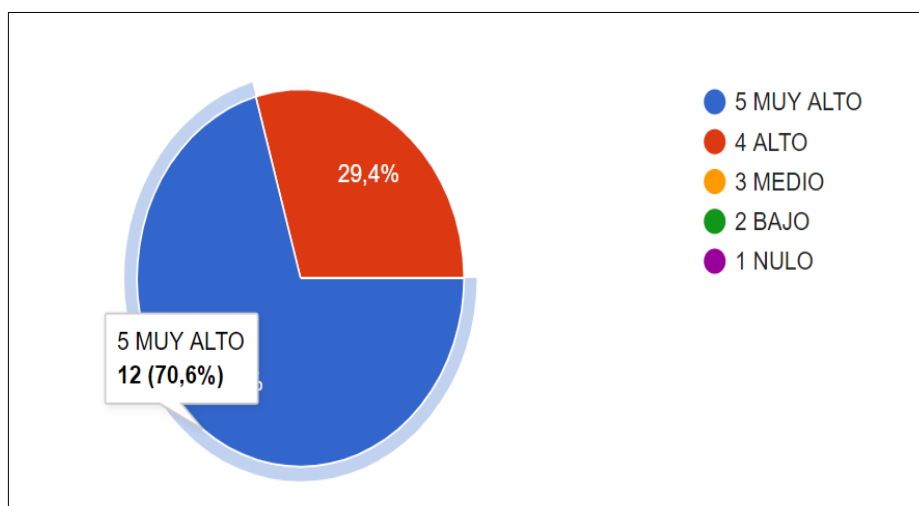


Figura 43. Representación gráfica del manejo del auditorio por parte del expositor.  
Fuente: El Autor.

Como se muestra en la figura 43, el 70,6% de los asistentes encuestados menciona que el manejo del auditorio por parte del expositor presentó un nivel muy alto, y un 29,4% indica que tiene un nivel alto.

**5. ¿Considera usted que el expositor manifestó facilidad de expresión?**

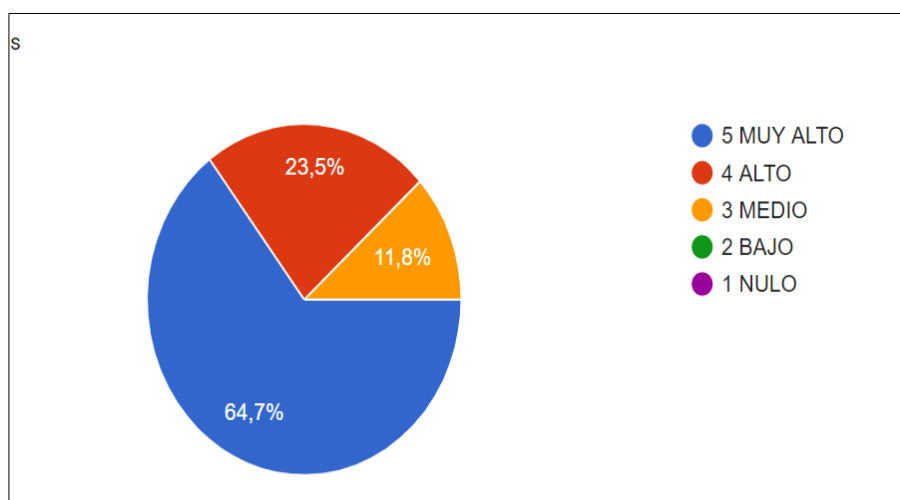


Figura 44. Representación gráfica de la relevancia que tiene el tema investigado para la sociedad.  
Fuente: El Autor.

Como se muestra en la figura 44, el 64,7% de los asistentes encuestados señala que la relevancia que tiene el tema investigado en la sociedad posee un nivel muy alto, mientras que un 23,5% menciona que tiene un nivel alto, y por ultimo un 11,8% indica que presenta un nivel medio de facilidad de expresion.

**6. ¿Considera usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?**

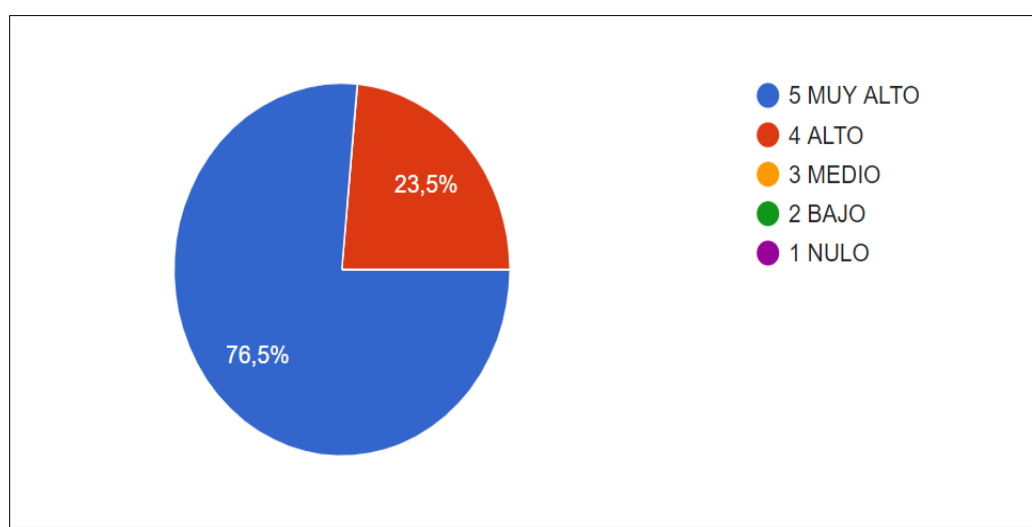
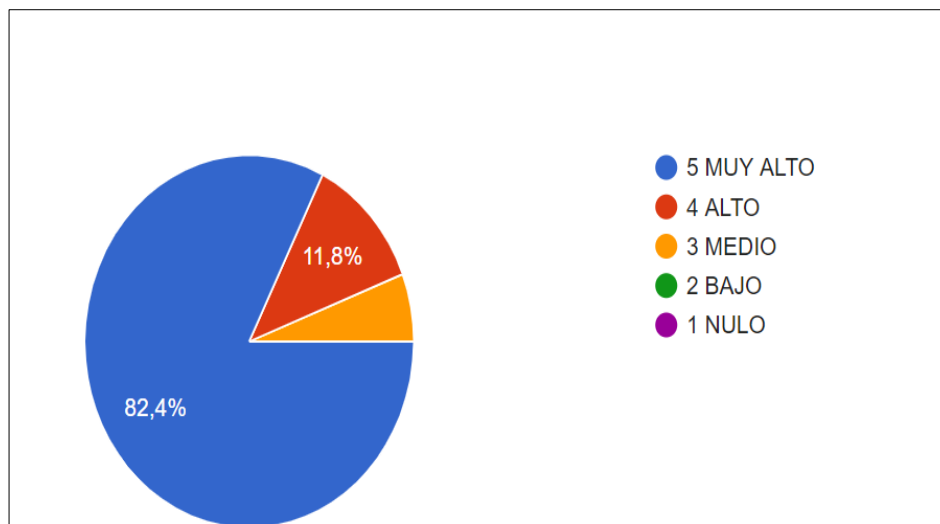


Figura 45. Representación gráfica de la relevancia que tiene el tema investigado para la sociedad.  
Fuente: El Autor.

Como se muestra en la figura 45, el 76,5% de los asistentes encuestados menciona que la relevancia que tiene el tema investigado en la sociedad posee un nivel muy alto, y un 23,5% señala que tiene un nivel alto.

**7. ¿Considera usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?**

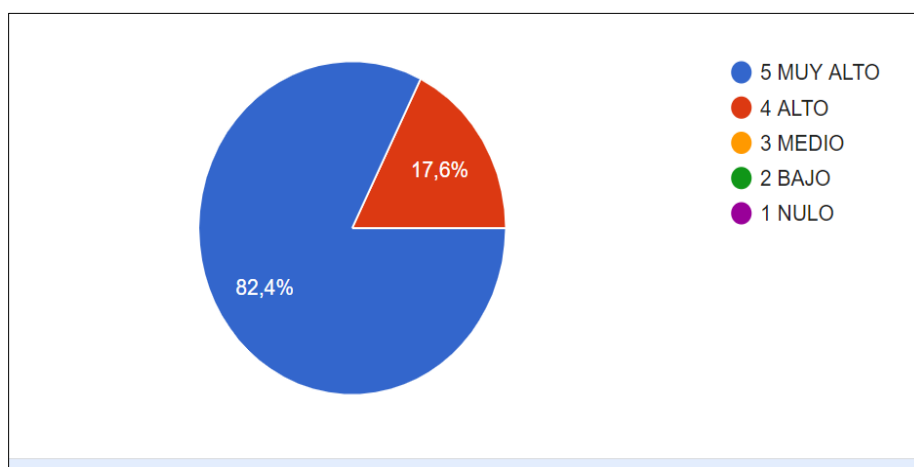


*Figura 46.* Representación gráfica sobre si la investigación posee perspectiva para estudios posteriores.

Fuente: El Autor.

Con respecto a la perspectiva que posee esta investigación por medio de estudios posteriores, como se muestra en la figura 46, el 82,4% de los asistentes encuestados indica que tuvo un nivel muy alto, mientras que un 11,8% de los encuestados manifiesta que presentó un nivel alto, y por ultimo un 6,8% de nivel medio.

**8. ¿Considera usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?**

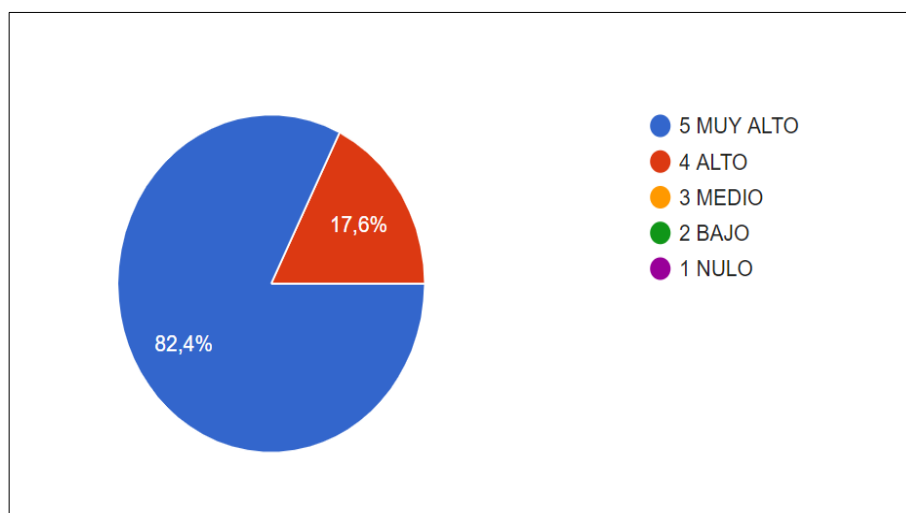


*Figura 47.* Representación gráfica acerca si el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio.

Fuente: El Autor.

Como se puede observar en la figura 47, el 82,4% señala que el tema investigado tiene un nivel muy alto, debido a que en la actualidad o a futuro generara un beneficio para la sociedad, un 17,6% señala que posee un nivel alto.

**9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera usted que estos se cumplieron?**



*Figura 48.* Representación gráfica acerca de si los objetivos planteados expuestos en la investigación, se cumplieron.

Fuente: El Autor.

Con respecto sobre si los objetivos fueron cumplidos, como se muestra en la figura 48 el 82,4% de los asistentes encuestados manifiesta que tuvo un nivel muy alto, mientras que el 17,6% de las personas restantes indica que presentó un nivel alto.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

- Después de realizar el mapa de la susceptibilidad a deslizamientos de tierra en la Parroquia de Salinas Cantón Ibarra, se identificaron los diferentes niveles de amenazas que hay en la zona de estudio, dando como resultado que el nivel de amenaza alto tiene un porcentaje de 3,26% de toda el área de estudio, el resto de la zona de estudio se encuentra con niveles moderados con un 1,39% y un nivel muy bajo con el 95,22%.
- Una vez realizado el mapa de la susceptibilidad a deslizamientos de tierra en la Parroquia de Lita Cantón Ibarra, se identificaron los diferentes niveles de amenazas que hay en la zona de estudio, dando como resultado que el nivel de amenaza alto tiene un porcentaje de 9,26% de toda el área de estudio, el resto de la zona de estudio se encuentra con niveles moderados con un 1,45% y un nivel muy bajo a bajo con el 89,22%.
- En la parroquia rural Lita se encontró 34 deslizamientos de tierra entre nivel moderado y alto de los cuales 19 se presentaron en las comunidades Rio Verde, Lita, Cachaco y Parambas afectando a las principales vías de acceso a las comunidades, al poseer relieves de origen volcánico, montañoso y cobertura vegetal herbácea seca produce que las precipitaciones afecten de manera drástica a la parroquia y se produzcan un mayor número de deslizamientos.
- La Parroquia Salinas en la mayoría de su territorio posee un nivel de peligrosidad bajo, donde su pendiente por lo general va de 0 a 5 grados, lo que nos indica que son pendientes planas a casi planas. A comparación de la Parroquia de Lita que posee un nivel de peligrosidad de moderado a alto debido a que sus pendientes son muy pronunciadas ya que son montañosas.
- Al realizar el mapa temático de identificación de las zonas seguras en la Parroquia de Salinas se establecieron dos zonas seguras las cuales son: Canchas deportivas San Luis de Salinas y la Escuela Manuel de Jesús, mientras que en la Parroquia de Lita se establecieron siete zonas seguras las cuales son: Unidad Educativa Parambas, Escuela K+H PI, Centro Intercultural Bilingüe Tarqui, Dispensario Cachaco-Seguro campesino,

Unidad Educativa Gonzalo Zaldumbide, Plaza central y Canchas deportivas La Colina siendo esta la parroquia que más presenta deslizamientos de tierra.

- En las Parroquias rurales Salinas, Lita no cuentan con un plan de prevención y mitigación para el manejo adecuado de deslizamientos de tierra que en su mayoría perjudican a la población asentada en zonas vulnerables, actualmente en el manejo de vías no se realiza de una forma inmediata, al momento de producirse un deslizamiento los cuales obstruyen el paso al tránsito vehicular.

## **CAPITULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- Promover convenios con los diferentes GADs aledaños, para que las investigaciones acerca del manejo, prevención y mitigación de deslizamientos de tierra sean más eficaces y puedan generar una mayor aplicación de éstos.
- Implementar programas de reforestación en zonas propensas a deslizamientos y concientizar a la población para evitar la tala de árboles que destruye la vegetación del área.
- Emitir regulaciones que prohíban el uso de zonas con riesgo a deslizamientos para actividades vulnerables como vivienda, almacenamiento de agua, instituciones educativas, etc. Igualmente, se debe prohibir la irrigación y otras acciones que aumenten los niveles de saturación del terreno.
- Establecer programas de capacitación a comunidades expuestas a deslizamientos de tierra por parte de las autoridades encargadas de la administración de cada parroquia. La capacitación estará enfocada en informar a los actores sociales sobre el riesgo que pueden sufrir frente a deslizamientos, que acciones deben tomar antes, durante y después de un evento de peligro e incluso que actividades pueden potenciar la disminución de zonas con nivel riesgo (reforestación).

## CAPÍTULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abril, A. (2004). *Metodología de zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento quimsacocha*. (Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca). Recuperado de [dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/739/1/ti866.pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/739/1/ti866.pdf)

Agencia de los Estados Unidos Para el Desarrollo Internacional (USAID). (2000). *Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. Recuperado de <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/begin.htm#Contents>

Alberti, J., Canales, R., y Sandoval, B. (2006). *Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico*. (Tesis de pregrado Universidad del Salvador). Recuperado de: <file:///F:/Técnicas%20de%20mitigación%20para%20el%20control%20de%20deslizamientos%20en%20taludes%20y%20su%20aplicación%20a%20un%20caso%20específico.pdf>

Alcantar, I (2005). *Landslides: deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología*, 41(210), pp. 8-11.

Araneda C, Edgardo. (2002). *Uso de Sistemas de Información Geográficos y análisis espacial en arqueología: Proyecciones y limitaciones*. *Estudios atacameños*, (22), 59-75. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-10432002002200004>

Balboa, J. (2016). *Rocas y Minerales*. Recuperado de: <https://www.rocasyminales.net/aglomerado/>.

Borrero, C., Rosero, J., Valencia, J., y Pardo, A. (2008). *La secuencia volcánica de aranzanzu: Registro del impacto del volcanismo en un sistema fluvial neógeno en la parte media de la cordillera central, Colombia*. *Boletín de Geología*,30(2), pp. 64.

Cardona O.(2001). *Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*. (Tesis doctoral, Universidad Politécnica De Catalunya Escola

Técnica Superior D'Enginyers De Camins, Canals I Ports). Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6219/04Capitulo2.PDF?sequence=4&isAllowed=y>

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2008). Evaluación de riesgos originados por desastres naturales. Recuperado de [https://cursospaíses.campusvirtualsp.org/pluginfile.php/68625/mod\\_page/content/7/man\\_eva\\_rie\\_nat.pdf](https://cursospaíses.campusvirtualsp.org/pluginfile.php/68625/mod_page/content/7/man_eva_rie_nat.pdf)

Centros para el Control y la prevención de Enfermedades (CDC). (2018). Desastres naturales y tiempo severo. Recuperado de <https://www.cdc.gov/es/disasters/landslides.html>

Chaverri, I. (2016). *Zonificación de la susceptibilidad a deslizamiento, por medio de la metodología Mora-Vahrson, en la microcuenca del Río Macho, San José, Costa Rica.* (Tesis para ingeniería, Instituto Tecnológico de Costa Rica). Recuperado de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7054/Zonificacion\\_susceptibilidad\\_deslizamiento\\_metodologia\\_mora\\_vahrson.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7054/Zonificacion_susceptibilidad_deslizamiento_metodologia_mora_vahrson.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Custode, E., De Noni, G., Trujillo, G., y Viennot, M. (1992). La cangahua en el Ecuador: caracterización morfoedafológica y comportamiento frente a la erosión. *Terra*, 1(10), pp. 20-26.

Dahal, R (2008). Predictive modelling of rainfall-induced landslide hazard in the Lesser Himalaya of Nepal based on weights-of-evidence. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X08002419?via%3Dihub>

De Paula, F. (2016). Identificación de zonas de riesgo naturales ocasionados por deslizamientos de tierra mediante el uso de SIG en el cantón Ibarra. Ibarra.

Del Ramo, H., y Guillén, F. (2020.). Región de Murcia digital. Recuperado de: <https://mail.google.com/mail/u/1/#search/maria+fernanda/FMfcgxwGBwbbVrvXVlcnXDpvPTPrNtML?projector=1&messagePartId=0.4>

Díaz, J. (1998). Vegetación y Bioingeniería. *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.* (pp.275-302). Colombia: Ingeniería de suelos Ltda.

Dirección General del Desarrollo Minero. (2014). Perfil de Mercado de la Caliza. México: Coordinación General de Minería.

García, N., y Restrepo, A. (2016.). Integración de medidas estructurales y no estructurales para la gestión del riesgo de desastres por deslizamiento en Colombia. (Tesis de pregrado Universidad Católica de Manizales). Recuperado de: <file:///F:/Natalia%20Andrea%20García%20Bonilla.pdf>

Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rural Lita (GAD).(2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Recuperado de [http://www.parroquialita.gob.ec/images/PDOT\\_GAD\\_LITA.pdf](http://www.parroquialita.gob.ec/images/PDOT_GAD_LITA.pdf)

Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rural Santa Catalina de Salinas (GAD).(2016). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1060023200001\\_DIAGN%C3%93STICO\\_SALINAS\\_18-05-2016\\_14-32-19.pdf](http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1060023200001_DIAGN%C3%93STICO_SALINAS_18-05-2016_14-32-19.pdf)

Graterol, M., y Vásquez, H. (2013.). Granodiorita. U ciencia, 1(1), pp. 2-3.

Griem, W. (2020.). Apuntes de Geología General. Recuperado de: <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04g.html>

Guanoquiza W.(2010). *Reconstrucción de la Estación del Ferrocarril en la Parroquia de Salinas Cantón Ibarra*. (Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte).

Recuperado de <http://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/558/1/MONOGRAFIA%20WILLIAM%20GUANOQUIZA.pdf>

Guillen, B. (2019.). Identificación de potenciales sitios de extracción de materiales pétreos, en el sector Monserrat, cantón La Troncal. (Tesis de pregrado, Universidad del Azuay). Recuperado de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8953/1/14598.pdf>

Harmon, R., & Rapela, C. (1991). El Magmatismo andino y su entorno tectónico. Argentina: Sociedad Geológica de América.

Hernandez, R., Fernandez, C y Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num11/art107/index.html>

Hervás, D. (2001). Evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos mediante el uso conjunto de sig, teledetección y métodos de evaluación multicriterio. aplicación al barranco de Tirajana (GRAN CANARIA). Recuperado de [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/Library/Themes/Landslides/Documents/Hervas\\_Barredo\\_2001\\_Madrid.pdf](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/Library/Themes/Landslides/Documents/Hervas_Barredo_2001_Madrid.pdf)

IEE. (s.f). Cartografía de libre acceso. Obtenido de <http://www.institutoespacial.gob.ec/>

Instituto Geografico Militar (IGM).(2003). Mapas de pendientes. Recupero de <http://www.igm.gob.ec/work/files/downloads/mapafisico.html>

Instituto Geografico Militar (IGM).(2013). Rios. Recupero de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/catalogo-de-datos/Rios>

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2006). Protocolo para instalación de albergues. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/Protocolo-de-Albergues.pdf>

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2015). “Guía técnica de procedimientos para la identificación de rutas de evacuación y zona seguras en lugares públicos, ante lluvias intensas y sus peligros asociados como inundación y movimientos en masa”. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201706290124351.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).(2010). Censo de Poblacion y viviendas. Recuperado de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Bibliotecas/Fasciculos\\_Censales/Fasc\\_Cantonaes/Imbabura/Fasciculo\\_Ibarra.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Imbabura/Fasciculo_Ibarra.pdf)

Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER). (16 de febrero, 2011). Método mora-vahrson. Recuperado de [https://webserver2.ineter.gob.ni/desliza/estudios/Mora\\_Vahrson.pdf](https://webserver2.ineter.gob.ni/desliza/estudios/Mora_Vahrson.pdf)

Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER). (2005). Mapas Interactivos de Vulnerabilidades y Amenazas Naturales Recuperado de <http://gestionderiesgo.ineter.gob.ni:8080/PortalMapas/index.html>

- Maldonado, Y. (2018). Deslizamientos, tipos de deslizamientos y movimientos en masa. Recuperado de [https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/deslizamientos/tipos-de-deslizamientos/#Deslizamientos\\_rotacionales](https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/deslizamientos/tipos-de-deslizamientos/#Deslizamientos_rotacionales)
- Molina, J. (2009). Técnica para crear e identificar mapas de susceptibilidad por remoción de masa usando aplicaciones sig. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/160c/c8c1ca4cb56f9169acac446d61cc2605194d.pdf>
- Mora, S., Vahrson, W. (1994). Macrozonation methodology for landslide hazard determination. *Bolletín of the Association of Engineering Geologists*, 31(1), pp. 49-58.
- Munarriz, B. (2000). *Metodos cualitativos y cuantitativos en investigacion evaluativa*. Madrid: Morata
- Nielson, H. (1984). Tobas volcánicas su aplicación en la construcción de viviendas económicas. (Tesis de pregrado, Universidad de Guanajuato). Recuperado de: <https://repositorio.segemar.gob.ar/bitstream/handle/308849217/2846/TOBAS%20VOLCANICAS%20-%20Su%20aplicaci%C3%B3n%20en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20viviendas%20econ%C3%B3micas%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Olaya, V (2014). Que es un SIG. *En Sistema de informacion Geografica* (pp.7-10). España
- Osorio, Y., Salazar, J., Gómez, N. (2013). *Sig para determinar la susceptibilidad a movimientos en masa en la cuenca del rio Campoalegre*. (Tesis de pregrado, Universidad De Manizales).
- Pettjohn, F. (1975). *Sedimentary Rocks*. Nueva York.: Harper.
- Pineda, L. (2014). Aspectos basicos de la estabilidad de taludes. Recuperado de [http://cef.uca.edu.sv/descargables/2011\\_12\\_cursoMAGMA/aspectos\\_basicos\\_sobre\\_estabilidad\\_de\\_laderas.pdf](http://cef.uca.edu.sv/descargables/2011_12_cursoMAGMA/aspectos_basicos_sobre_estabilidad_de_laderas.pdf)
- Pinilla, D. (2017). *Metodología para la evaluación cuantitativa de amenaza por deslizamientos en roca*.(Tesis de maestria, Universidad Nacional de Colombia).

Recuperado de [http://bdigital.unal.edu.co/59522/1/1122126882\\_Deisy\\_Viviana\\_Pinillos.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/59522/1/1122126882_Deisy_Viviana_Pinillos.pdf)

Ramirez, M. (2006). *La evaluacion del peligro por fenomenos de remocion de masa y su aplicación a la planificacion territorial.* ( Tesis de pregrado, Escuela Politecnica Nacional). Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/311/1/CD-0287.pdf>

Raymi.(2017). Santa Catalina de Salinas. Recuperado de <https://www.goraymi.com/es-ec/san-miguel-de-ibarra/santa-catalina-de-salinas-a9pf3jwv3>

Sarria, F. (2000). Sistema de Informacion Geografico. Recuperado de <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

Schuster, R., & Kockelam, W. (1996.). Principles of landslide hazard reduction.: Special report.

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2013). Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Recuperado de

Sieron, K. (2012). Mecanismos asociados a la inestabilidad de laderas: Factores que condicionan y desencadenan los deslizamientos. Recuperado de <http://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/5/2014/11/1-Katrin-Sieron-CCT-UV.pdf>

Sistema de Informacion Geografica Agropecuaria (SIGAGRO).(2002). Mapa de Pendientes de la Sierra. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL\\_SNI/PORTAL/AIG/15\\_pendientes\\_sierra.pdf](http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL_SNI/PORTAL/AIG/15_pendientes_sierra.pdf)

Sistema de Informacion Geografica Agropecuaria (SIGAGRO).(2002). Mapa de Suelos (Textura) de la Sierra. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL\\_SNI/PORTAL/AIG/18\\_textura\\_sierra.pdf](http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL_SNI/PORTAL/AIG/18_textura_sierra.pdf)

Sistema de Informacion Geografica Agropecuaria (SIGAGRO).(2003). Mapa de Agrologico Sierra. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL\\_SNI/PORTAL/AIG/10\\_agrologico\\_sierra.pdf](http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL_SNI/PORTAL/AIG/10_agrologico_sierra.pdf)

Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGR). (2010). Deslaves. Recuperado de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/>

Sistema Nacional De Información (SIN). (2013). “Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25000”. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA9/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/PICHINCHA/QUITO/IEE/MEMORIA\\_TECNICA/mt\\_quito\\_movimientos\\_en\\_masa.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA9/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINCHA/QUITO/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_quito_movimientos_en_masa.pdf)

Suárez, J. (2009.). Deslizamientos: Técnicas de Remediación: Santander.

Suárez, J. (2013). Análisis de estabilidad: modelos determinísticos. Recuperado de <https://www.erosion.com.co/analisis-y-modelacion-de-deslizamientos/133-analisis-de-estabilidad-modelos-deterministicos.html>

Tambo, W. (2011). *Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador.* ( Tesis de Maestría, Universidad de la Habana). Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/316/1/T-SENESCYT-0086.pdf>

Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). Ciencias de la Tierra: Una Introducción a la Geología Física. Madrid: Pearson Educación S. A.

Universidad Complutense de Madrid. (2020). Atlas de rocas ígneas. Recuperado de: <https://petroignea.wordpress.com/tiposrocosos/afloramientos-en-rocas-plutonicas/tonalita/>

USAC. (2014.). Litología y Estructura Geológica. Guatemala.

Varnes, P. (2004). Análisis de susceptibilidad a los movimientos de ladera. Recuperado de [https://www.ugr.es/~ren03366/DEA/TEMAS/memoria/3\\_MOVIMIENTOS.pdf](https://www.ugr.es/~ren03366/DEA/TEMAS/memoria/3_MOVIMIENTOS.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1. Lista Histórica de Desastres Naturales en las Parroquias rurales Salinas-Lita.

CANTÓN	PARROQUIA	COMUNIDAD O BARRIO	EVENTO	AÑO	AFECTACIÓN
<b>Ibarra</b>	Lita	La Pradera	Colapso Estructural	2011	5 viviendas afectadas
		Rio Verde	Deslizamiento	2011	Vías de acceso a la comunidad
		La Pradera	Hundimiento	2011	Afectación a viviendas
	Lita	Cabecera Parroquial	Inundación	2012	Afectación a viviendas
		Rocafuerte	Inundación	2012	Afectación a viviendas
	Lita	Palo Amarillo	Deslizamiento	2013	Vías de acceso a la comunidad
		La Colonia	Deslizamiento	2013	Vías de acceso y persona fallecida
		Cachaco	Deslizamiento	2013	Vías de acceso a la comunidad
	Salinas	Cuambo	Deslizamiento	2014	Vías de acceso
	Lita	Lita	Deslizamiento	2015	Vías de acceso
		Lita	Deslizamiento	2015	Vías de acceso
		Palo Amarillo	Deslizamiento	2015	Vías de acceso
		Lita	Deslizamiento	2015	Vías de acceso
		Lita	Deslizamiento	2016	Vías de acceso
	Lita	Parambas	Deslizamiento	2016	Vías de acceso
		Parambas	Deslizamiento	2017	Vías de acceso
	Lita	Parambas	Deslizamiento	2017	Vías de acceso
Parambas		Deslizamiento	2017	Vías de acceso	
Salinas	Cuambo	Deslizamiento	2018	Vías de acceso	

Continuación Anexo 1.

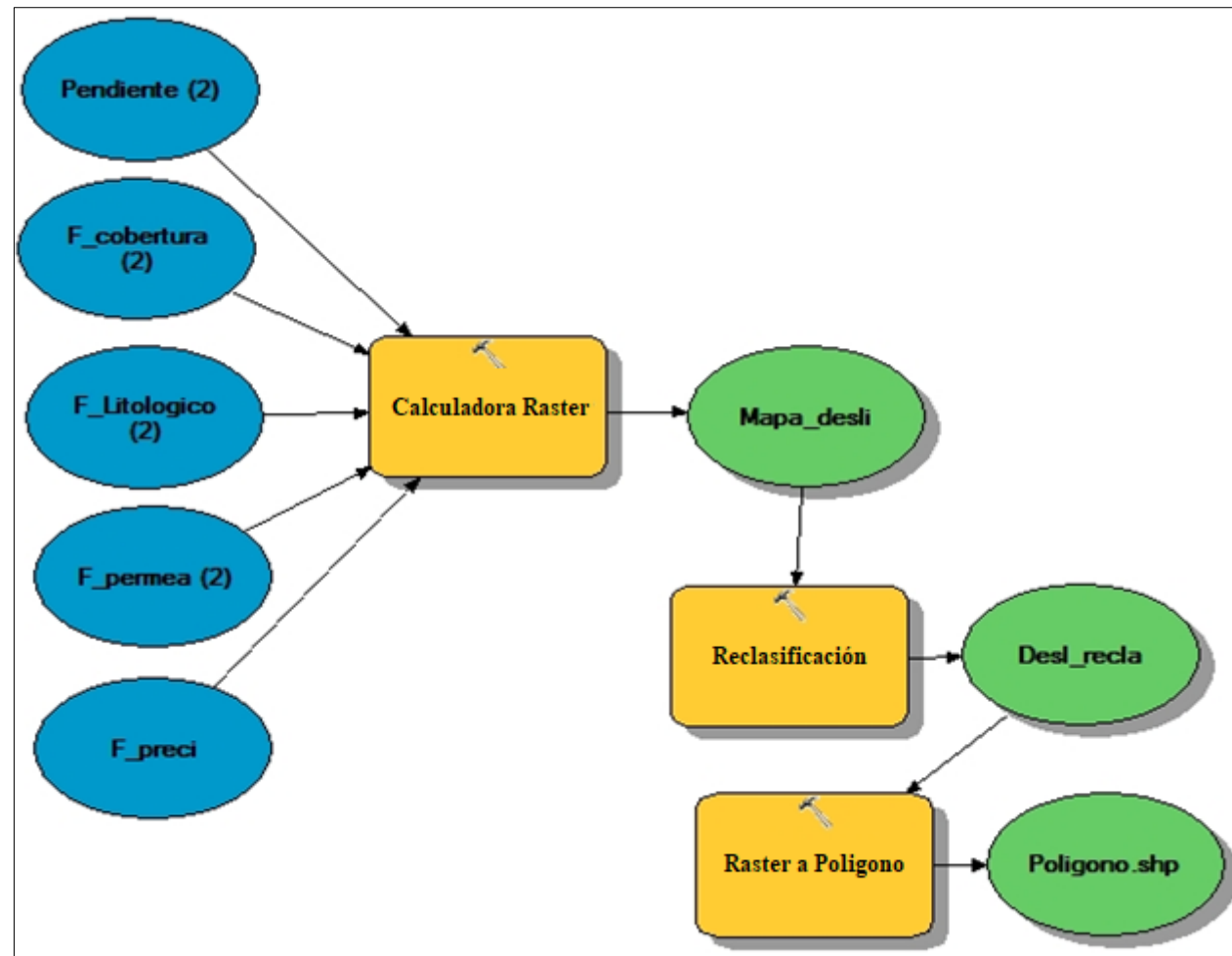
		Salinas	Incendio Forestal	2018	Áreas de caña y pastizales
	Lita	Cachaco	Deslizamiento	2018	Vías de acceso
<b>Ibarra</b>		Control Militar	Deslizamiento	2019	Vías de acceso
		Parambas	Deslizamiento	2019	Vías de acceso
		Lita	Deslizamiento	2019	Vías de acceso
	Lita	Cachaco	Deslizamiento	2019	Vías de acceso
		Palo Amarillo	Deslizamiento	2019	Vías de acceso
		Cachaco	Deslizamiento	2019	Vías de acceso
		Palo Amarillo	Deslizamiento	2019	Vías de acceso
		Las Tablas	Incendio Forestal	2020	Maleza
	Lita	Parambas	Incendio Forestal	2020	Matorrales

Fuente: (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias Zonal 1, 2020)

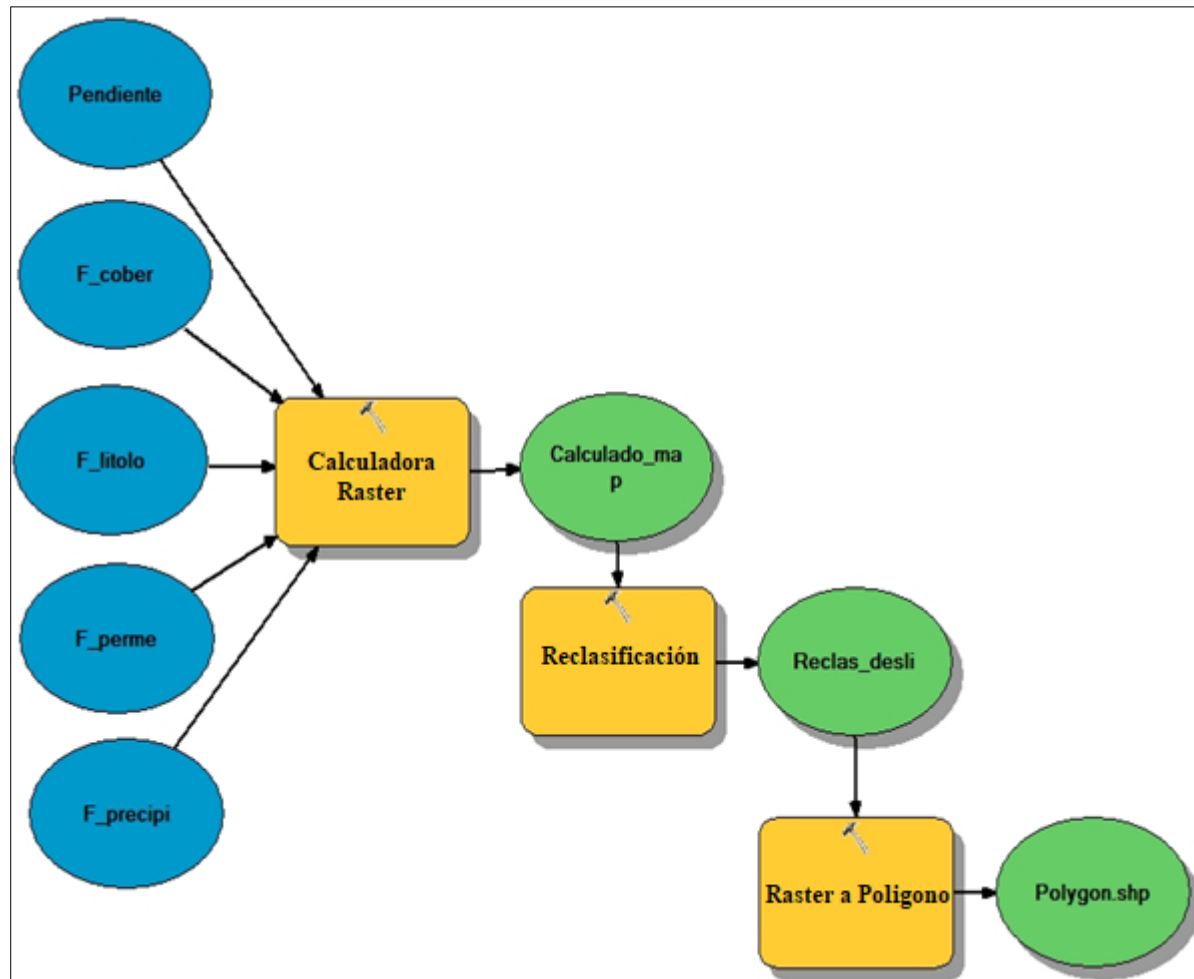
Anexo 2. Datos para la elaboración de mapas.

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fuente</b>
Matriz catastral	Zona Urbana y Rural Salinas-Lita	SENPLADES
Limites	Parroquias del Cantón Ibarra	CONALI
Vías	Vías de acceso a nivel cantonal	GAD Imbabura
Curvas de nivel	Curvas de nivel	IGM
Cobertura vegetal	Cobertura vegetal	SNI
Pendiente	Pendientes	SNI
Isoyetas.	Precipitación	SNI
Clima	Tipos de clima	SNI
Litología.	Permeabilidad del suelo	SNI
Uso del suelo.	Uso del suelo	SENPLADES
Erosión	Intensidad y tipos de erosión	SNI

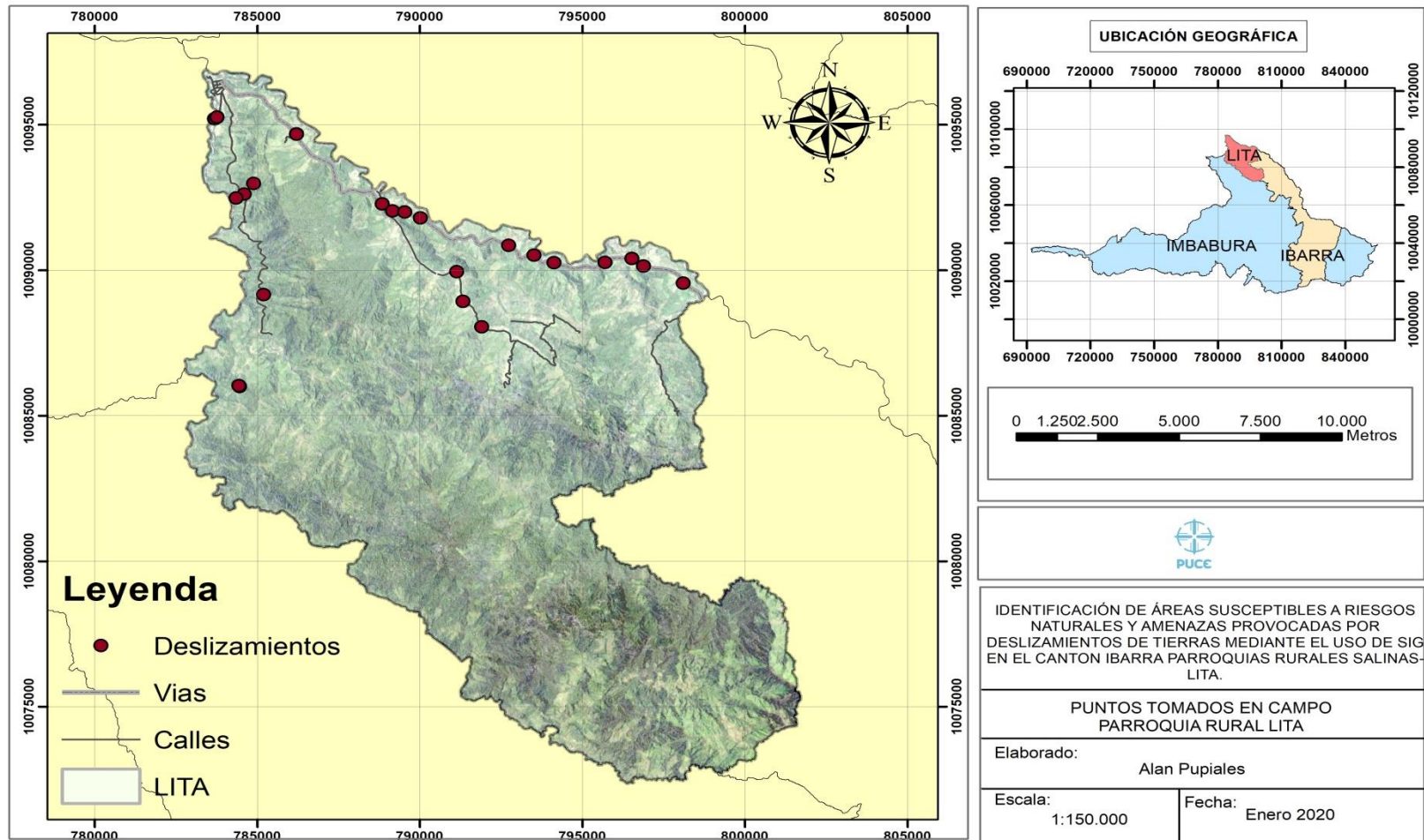
Anexo 3. Model Builder de la Parroquia Salinas.



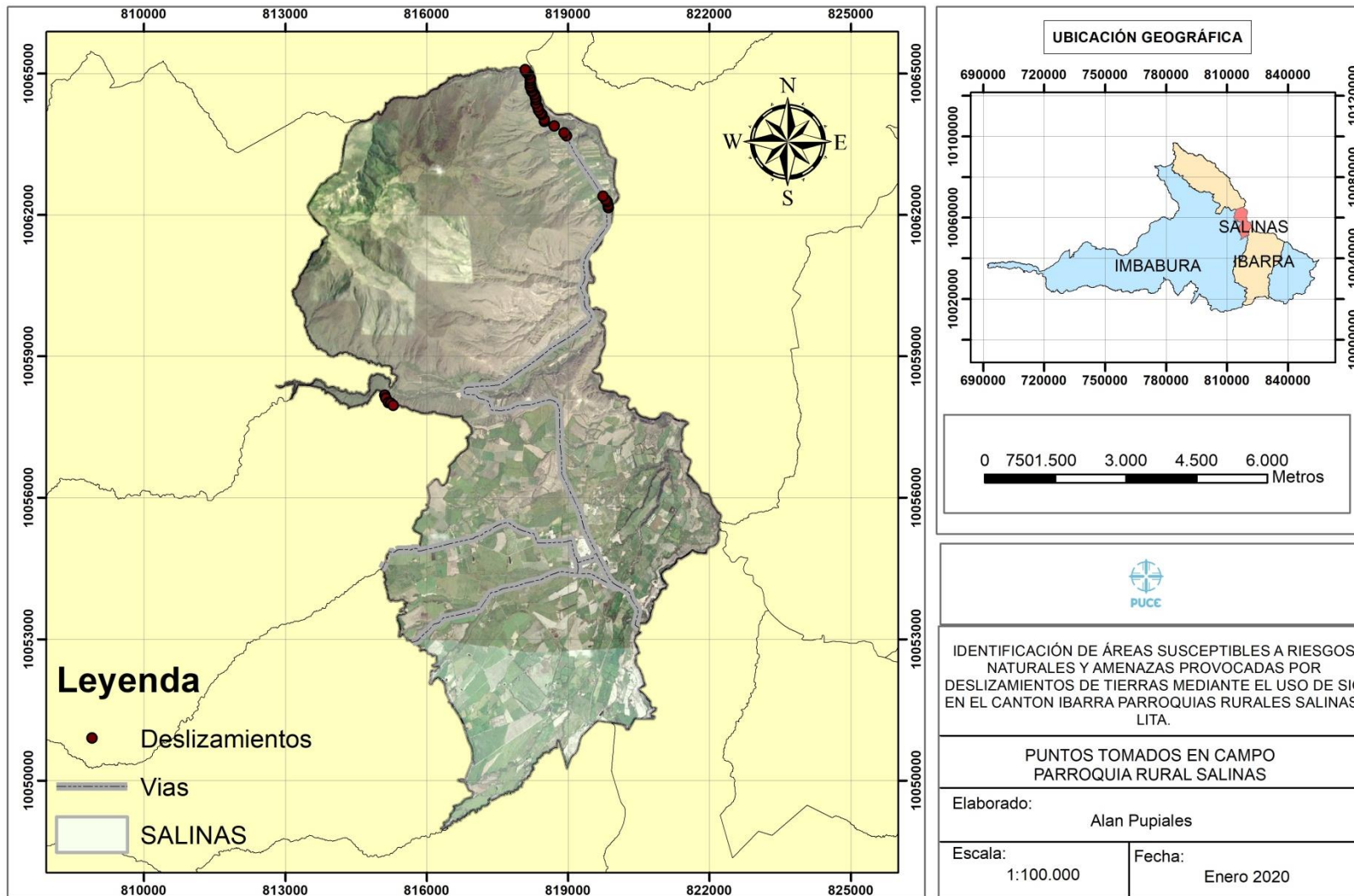
Anexo 4. Model Builder de la Parroquia Lita.



Anexo 5. Mapa de inventario de deslizamientos de la Parroquia Lita.



Anexo 6. Mapa de inventario de deslizamientos de la Parroquia Salinas.



Anexo 7. Coordenadas de los deslizamientos de la Parroquia Salinas.

Punto	X	Y	Descripción
1	819854	10062151	Cuambo
2	819851	10062194	
3	819833	10062276	
4	819797	10062318	
5	819743	10062389	
6	818964	10063672	
7	818915	10063740	
8	818709	10063882	
9	818495	10063977	
10	818495	10064020	
11	818447	10064123	
12	818418	10064150	
13	818373	10064214	
14	815114	10058171	Playas de Palacara
15	815129	10058116	
16	815134	10058102	
17	815189	10058024	
18	815189	10058010	
19	815235	10058003	
20	815300	10057961	

Fuente: El Autor

Anexo 8. Coordenadas de los deslizamientos de la Parroquia Lita.

Punto	X	Y	Descripción
1	784602	10092611	La Colonia
2	785192	10089163	
3	784350	10092481	
4	784883	10092983	
5	784452	10086006	Rio Verde Bajo
6	784448	10086012	
7	784443	10086019	
8	784441	10086025	
9	784437	10086031	
10	784436	10086037	
11	783681	10095206	Lita
12	783685	10095206	
13	783688	10095207	
14	783692	10095205	
15	783757	10095255	
16	783759	10095259	
17	783761	10095262	
18	783763	10095265	
19	786203	10094679	Santa Rita
20	786206	10094676	
21	788842	10092275	Cachaco
22	789164	10092033	
23	789533	10092002	
24	790017	10091792	
25	791137	10089951	Santa Rosa de Cachaco
26	791329	10088932	
27	791899	10088058	
28	792726	10090849	Palo Amarillo
29	793513	10090516	
30	794125	10090257	
31	795698	10090266	Parambas
32	796519	10090401	
33	796878	10090140	
34	798103	10089557	

Fuente: El Autor

Anexo 9. Registro fotográfico de los deslizamientos de la Parroquia Lita.








Anexo 10. Registro fotográfico de los deslizamientos de la Parroquia Salinas.







## Anexo 11. Invitación a la socialización.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

Le extienden la más cordial Invitación a la socialización del trabajo de investigación:

**“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A RIESGOS NATURALES Y AMENAZAS PROVOCADAS POR DESLIZAMIENTOS DE TIERRA MEDIANTE EL USO DE SIG EN EL CANTÓN IBARRA PARROQUIAS RURALES SALINAS - LITA”**

cuyo autor es el señor Alan Stevan Pupiales Ruiz de la carrera de Ciencias Ambientales y Eco Desarrollo

Fecha: 12 de enero del 2021

Lugar: PUCESI.

Hora: 11:00 horas

**RESUMEN**

La presente investigación se orientó en la generación de mapas cartográficos referentes a la susceptibilidad a deslizamientos de tierra en zonas rurales del Cantón Ibarra, estableciendo zonas con mayor riesgo a este tipo de fenómeno, con el propósito de evitar pérdidas tanto económicas, sociales y lo principalmente humanas. Con los resultados adquiridos se establecieron propuestas que van enfocadas a la prevención y mitigación de los deslizamientos de tierra identificados en puntos estratégicos en el área de estudio.

Anexo 12. Registro fotográfico del proceso de socialización.



Anexo 13. Formato de la encuesta para la socialización de la investigación.

¿Considera usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?

5 MUY ALTO

4 ALTO

3 MEDIO

2 BAJO

1 NULO

---

¿Considera usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?

5 MUY ALTO

4 ALTO

3 MEDIO

2 BAJO

1 NULO

---

¿Considera usted que el expositor mostró dominio del tema?

5 MUY ALTO

4 ALTO

3 MEDIO

2 BAJO

1 NULO