



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
“ECAA”

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A AMENAZAS Y RIESGOS
NATURALES PROVOCADAS POR DESLIZAMIENTO DE TIERRAS MEDIANTE EL
USO DE SIG EN EL CANTÓN MIRA”

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODESARROLLO**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4. Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

Sublínea: 4.1. Desarrollo y sostenibilidad

4.2. Ambiente y biodiversidad

AUTORA: SOFFÍA KAROLINA PATIÑO VELÁSQUEZ

ASESOR: Mgs. DIEGO LEOPOLDO MEJÍA ROMO

IBARRA, ENERO 2019



CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Ibarra, 16 de enero de 2019

Mgs. Diego Leopoldo Mejía Romo
ASESOR

CERTIFICA:

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

(f).....


Mgs. Diego Leopoldo Mejía Romo

C.C: 100191296-1



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):

Mgs. Diego Leopoldo Mejía Romo (Asesor)

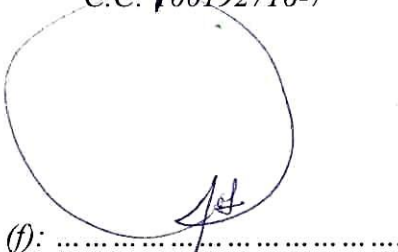
C.C: 100191296-1



(f):

Mgs. José Valdemar Andrade Cadena (Lector)

C.C: 100192716-7



(f):

PhD. Edwin Andrés Simbaña Villarreal (Lector)

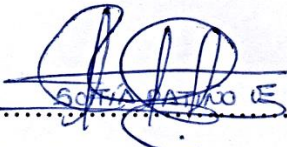
C.C: 100183222-7



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, SOFFÍA KAROLINA PATIÑO VELÁSQUEZ, declaro conocer y aceptar la disposición del Art.165 del 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 derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades 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, 16 de enero de 2019

f) 


Soffia Karolina Patiño Velásquez

C.C:040178664-5



AUTORÍA

Yo, SOFFÍA KAROLINA PATIÑO VELÁSQUEZ portadora de la cédula de ciudadanía N°0401786645, 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) 
.....

Soffia Karolina Patiño Velásquez

C.C.: 040178664-5



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: SOFFÍA KAROLINA PATIÑO VELÁSQUEZ con CC: 040178664-5, autora del trabajo de grado intitulado: “Identificación de áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales provocadas por deslizamiento de tierras mediante el uso de SIG en el Cantón Mira”, previo a la obtención del título profesional de Ingeniera en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

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 del sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 16 de enero de 2019

f)

Soffia Karolina Patiño Velásquez

C.C:040178664-5



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Ibarra

DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO

Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Ibarra (PUCE-SI)

Dirección académica

Centro de investigación

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

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación **“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A AMENAZAS Y RIESGOS NATURALES PROVOCADAS POR DESLIZAMIENTO DE TIERRAS MEDIANTE EL USO DE SIG EN EL CANTÓN MIRA”**, 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 15 de enero de 2018.

Para constancia firma:

Soffia Karolina Patiño Velásquez
Estudiante que ejecuta el trabajo de titulación
C.C: 040178664-5
Carrera: Ingeniería en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo

Ibarra, 16 de enero de 2019



DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo se lo dedico a mis padres quienes son el pilar fundamental de mi vida, y que a través de mi formación académica me han apoyado económica y moralmente manteniendo siempre su apoyo incondicional, para verme cumplir mis sueños y metas especialmente el de ser una gran profesional y permitirme ser su orgullo como hija, aquella que nunca les va a fallar.

A mis hermanos quienes han llegado a convertirse en mi fuente de motivación para lograr ser un ejemplo a seguir de superación en cada meta propuesta, y verlos en un futuro cumplir cada uno de sus objetivos.

A mis abuelitos y tía, quienes con la bendición de Dios, sus consejos y palabras de aliento me orientaban a cumplir mis ideales, principalmente para llegarme a convertir en una mejor persona.

Soffía Patiño



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por iluminar mi mente en la toma de decisiones para elegir el mejor camino y por rodearme de personas llenas de sabiduría, brindándome así una vida llena de aprendizaje.

A mi familia, especialmente a mis amados padres Marcelo Patiño y Marcela Velásquez, quienes me han enseñado que en la vida el esfuerzo y la responsabilidad sobre nuestros actos siempre tiene una recompensa, agradezco por todo el apoyo incondicional, el cariño y el trabajo que realizaron para poder salir adelante y convertirme en una profesional, hoy puedo decirles gracias por confiar en mí, pues todo su esfuerzo valió la pena.

A mis abuelitos y tía, por estar siempre acompañándome en cada travesía de mi vida, dándome la bendición de Dios y brindándome palabras de aliento para ser mejor persona.

A mis compañeros por todos los momentos compartidos dentro y fuera de clase, especialmente a aquella persona que Dios puso en mi camino y que a lo largo del tiempo se ha convertido en un ser incondicional que siempre está guiándome con su amor, apoyo, consejos y regaños, para que pueda cumplir cada meta planteada en mi vida.

Agradezco a mi institución y maestros con quienes he compartido grandes experiencias a lo largo de la carrera universitaria, especialmente al Mgs. Diego Mejía asesor de mi tesis, por su paciencia y motivación para que finalmente pudiese culminar la presente investigación.

Soffía Patiño

ÍNDICE GENERAL

1.RESUMEN	1
2.ABSTRAC	2
3.INTRODUCCIÓN	3
3.1. Objetivo General.....	5
3.2.Objetivos Específicos	5
4.ESTADO DEL ARTE.....	6
4.1.UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN MIRA.....	6
4.2. ANÁLISIS SOCIO- CULTURAL.....	8
4.2.1. Componente Demográfico.....	8
4.3. ANÁLISIS BIOFÍSICO.....	9
4.3.1. Relieve	10
4.3.2. Geológico.....	10
4.3.3. Suelos.....	11
4.3.4. Zonas de vida.....	11
4.3.5.Cobertura vegetal y uso del suelo.....	12
4.3.6. Uso potencial del suelo.....	12
4.3.7. Información climática	13
4.3.8. Flora	13
4.3.9. Fauna.....	14
4.3.10. Hidrografía.....	14
4.3.11. Microcuencas	15
4.3.12. Amenazas naturales y antrópicas	15
4.4. DEFINICIONES TERMINOLÓGICAS EMPLEADAS EN EL ESTUDIO	16
4.4.1. Amenaza	16
4.4.2. Desastre.....	16
4.4.3. Peligro	16
4.4.4. Riesgo	17
4.4.5. Vulnerabilidad	17
4.4.6. Zonificación.....	17
4.5. AMENAZAS NATURALES	17

4.6. DESLIZAMIENTOS	18
4.6.1. Deslizamientos superficiales.....	18
4.6.2. Deslizamientos rotacionales	19
4.6.3. Deslizamientos traslacionales	19
4.6.4. Deslizamientos de flujos	20
4.7. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES	21
4.7.1. Factores Condicionantes	21
4.7.2. Factores Desencadenantes	22
4.8. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	23
4.9. MÉTODOS PARA ELABORACIÓN DE MAPAS Y SUSCEPTIBILIDAD	24
4.9.1. Método cualitativo	24
4.9.1.1. Método Mora Vahrson.....	24
4.9.2. Métodos cuantitativos	25
4.9.2.1. Método determinántico	25
4.9.2.2. Métodos estadísticos	25
4.9.3. Método semi- cuantitativos.....	25
4.9.3.1. Método multicriterio	26
5.MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1. MATERIALES	29
5.2. EQUIPOS.....	29
5.2.1. Ubicación del laboratorio.....	29
5.3. MÉTODO	30
5.3.1. Fase de Pre-campo	30
5.3.2. Fase de Campo.....	31
5.3.3. Fase de Post-campo	31
5.4. INSTRUMENTOS.....	32
5.4.1. Mapas temáticos de la zona de estudio	32
5.4.2. Método heurístico	33
5.4.3. Método de Mora Vahrson	34
5.5. PROCEDIMIENTO	35
5.5.1. Valoración de variables propuestas	36
5.5.1.1. Pendiente.....	36

5.5.1.2. Cobertura vegetal	40
5.5.1.3. Litología.....	42
5.5.1.4. Precipitación	46
5.5.2. Diseño del modelo conceptual “model builder” en SIG.....	47
5.5.3. Identificación de sitios específicos de seguridad	50
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
6.1. MAPAS TEMÁTICOS	53
6.1.1. Pendiente.....	53
6.1.2. Geología.....	57
6.1.3. Formaciones Geológicas.....	57
6.1.4. Litología.....	63
6.1.5. Permeabilidad	70
6.1.6. Cobertura Vegetal	73
6.1.7. Isoyetas	79
6.2. DESLIZAMIENTOS	82
6.2.1. Identificación de Áreas Susceptibles a Deslizamientos.....	89
6.2.1.1. Parroquia Mira	89
6.2.1.2. Parroquia Juan Montalvo	91
6.2.1.3. Parroquia La Concepción.....	93
6.2.1.4. Parroquia Jijón y Caamaño	95
6.3. PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA	97
6.3.1. Prevención	98
6.3.2. Medidas de Mitigación	100
6.4 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SEGURAS	104
6.4.1. Parroquia Mira	104
6.4.2. Parroquia Juan Montalvo	107
6.4.3. Parroquia La Concepción.....	109
6.4.4. Parroquia Jijón y Caamaño	111
6.5. DISCUSIÓN	113
6.6. SOCIALIZACIÓN.....	114
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
7.1. CONCLUSIONES	116

7.2. RECOMENDACIONES.....	118
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	119
9. ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución demográfica por género en el Cantón Mira.....	8
Tabla 2. Evolución demográfica por parroquias en el Cantón Mira.....	9
Tabla 3. Ubicación del Área de estudio.....	27
Tabla 4. Ubicación del Laboratorio de computación PUCE-SI.....	29
Tabla 5. Categorización del factor pendiente.....	39
Tabla 6. Valores de ponderación para el factor pendiente.....	40
Tabla 7. Valorización del factor de cobertura vegetal.....	41
Tabla 8. Ponderación para el factor de cobertura vegetal.....	42
Tabla 9. Calificación del factor litológico.....	44
Tabla 10. Ponderación del factor litológico.....	45
Tabla 11. Ponderación para el factor de permeabilidad.....	46
Tabla 12. Ponderación del factor de precipitación.....	47
Tabla 13. Distribución de las clases de pendientes	54
Tabla 14. Formaciones Geológicas de la zona de estudio.....	58
Tabla 15. Unidades Litológicas de la zona de estudio.....	63
Tabla 16. Permeabilidad de la zona de estudio.....	70
Tabla 17. Cobertura Vegetal de la zona de estudio.....	74
Tabla 18. Datos de precipitación de la zona de estudio.....	79
Tabla 19. Jerarquización de factores condicionantes y detonantes relacionados a la susceptibilidad de deslizamientos.....	83
Tabla 20. Clases de peligro de deslizamientos de la zona de estudio.....	84
Tabla 21. Resultados de la encuesta de socialización aplicada en el Cantón Mira.....	115
Tabla 22. Matriz de historial de amenazas naturales y antrópicas.....	125
Tabla 23. Matriz de amenazas naturales y antrópicas por cantones.....	126
Tabla 24. Fuentes de información geográfica y no geográfica.....	128
Tabla 25. Archivos tomados en consideración para la elaboración del modelo cartográfico.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación Geográfica del Cantón Mira.....	7
Figura 2. Esquema de deslizamiento rotacional.....	19
Figura 3. Esquema de deslizamiento rotacional.....	20
Figura 4. Esquema de flujo no canalizado.....	20
Figura 5. Mapa Base del área de estudio.....	28
Figura 6. Clasificación de variables consideradas para identificación áreas propensas a deslizamientos.....	36
Figura 7. Procedimiento para obtención de Mapa de Pendientes.....	38
Figura 8. Diseño del Model Boulder para obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de tierra.	49
Figura 9. Distribución gráfica de la pendiente de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.....	54
Figura 10. Mapa de Pendientes del Cantón Mira.....	56
Figura 11. Distribución gráfica de las formaciones geológicas de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.....	61
Figura 12. Mapa de Formaciones Geológicas del Cantón Mira.....	62
Figura 13. Distribución gráfica de las unidades litológicas de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.....	68
Figura 14. Mapa de Unidades litológicas del Cantón Mira.....	69
Figura 15. Distribución gráfica de la permeabilidad de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.....	71
Figura 16. Mapa de permeabilidad del Cantón Mira.....	72
Figura 17. Distribución gráfica de la Cobertura Vegetal de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.....	77
Figura 18. Mapa de Cobertura Vegetal del Cantón Mira.....	78
Figura 19. Distribución gráfica de Isoyetas de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.....	80
Figura 20. Mapa de isoyetas del Cantón Mira.....	81
Figura 21. Distribución gráfica de Deslizamientos de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.....	87

Figura 22. Mapa de Deslizamiento del Cantón Mira.....	88
Figura 23. Mapa de deslizamientos de la Parroquia Mira.....	90
Figura 24. Mapa de deslizamientos de la Parroquia Juan Montalvo.....	92
Figura 25. Mapa de deslizamientos de la Parroquia La Concepción.....	94
Figura 26. Mapa de deslizamientos de la Parroquia Jijón y Caamaño.....	96
Figura 27. Esquema de proyección de cambio de pendiente de un talud.....	100
Figura 28. Forma adecuada de realizar el corte en talud, paralelamente a la topografía del mismo.....	101
Figura 29. Área de colocación de material al pie del talud.....	101
Figura 30. Zonas Seguras de la Parroquia Mira.....	106
Figura 31. Zonas Seguras de la Parroquia Juan Montalvo.....	108
Figura 32. Zonas Seguras de la Parroquia La Concepción.....	110
Figura 33. Zonas Seguras de la Parroquia Jijón y Caamaño.....	112
Figura 34. Model Builder ArcGis (proceso de sobreposición de mapas temáticos).....	130
Figura 35. Mapa de inventario de deslizamientos.....	131
Figura 36. Deslizamiento # 3 en vía Mascarilla.....	136
Figura 37. Deslizamiento # 7 en el desvío Playa Rica.....	136
Figura 38. Deslizamiento # 15 en la vía del sector el Paridero.....	137
Figura 39. Deslizamiento # 21 vía El Hato.....	137
Figura 40. Deslizamiento # 41 vía Juan Montalvo.....	138
Figura 41. Deslizamiento # 72 en el sector Estación Carchi.....	138
Figura 42. Deslizamiento # 80 en vía El Rosal.....	139
Figura 43. Deslizamiento # 86 en vía Santa Lucia.....	139
Figura 44. Deslizamiento # 100 vía el sector Gualchán / espejo 1.....	140
Figura 45. Oficio de solicitud de sala para socialización e invitación a alcalde del Cantón Mira y a su equipo técnico de Gestión Ambiental.....	141
Figura 46. Oficio de invitación dirigida a la autoridad representante de la UPC Mira.....	142
Figura 47. Oficio de invitación dirigida a la autoridad representante de la Coop. de Transportes Mira.....	143
Figura 48. Oficio de invitación dirigida a la autoridad representante del Cuerpo de Bomberos de Mira.....	144
Figura 49. Invitación enviada para la socialización.....	145

Figura 50. Formato de encuesta de socialización.....	146
Figura 51. Listado de personas asistentes a la socialización.....	147
Figura 52. Registro fotográfico del proceso de socialización a técnicos del GAD Mira, al Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 y a pobladores el cantón Mira.....	148
Figura 53. Gráfico sobre el sitio donde se realizó el evento.....	149
Figura 54. Gráfico sobre el material audiovisual usado en el evento.....	149
Figura 55. Gráfico sobre el dominio del tema por parte de la expositora.	150
Figura 56. Gráfico sobre el manejo del auditorio por parte de la expositora.	150
Figura 57. Gráfico sobre la facilidad de expresión de la expositora.	151
Figura 58. Gráfico sobre la relevancia de la investigación en la sociedad.	151
Figura 59. Gráfico sobre si la investigación posee perspectiva para estudios posteriores.	152
Figura 60. Gráfico acerca si el tema investigado genera actualmente o a futura un beneficio.	152
Figura 61. Gráfico sobre si los objetivos de la investigación se cumplieron.	153

ANEXOS

Anexo 1. Lista Histórica de Desastres Naturales en la Provincia del Carchi.....	125
Anexo 2. Datos para la elaboración de mapas.....	128
Anexo 3. Model Builder ArcGis.....	130
Anexo 4. Mapa de inventario de deslizamientos.....	131
Anexo 5. Coordenadas de los deslizamientos.....	132
Anexo 6. Registro fotográfico de deslizamientos observados en campo.....	136
Anexo 7. Proceso de socialización.....	141
Anexo 8. Resultados de las encuestas de socialización.....	149

1. RESUMEN

El Cantón Mira se localiza en un mirador natural denominado también El Balcón de los Andes, en la región Sierra norte del Ecuador, zona comprendía 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 lo conforman generándose eventos de deslizamientos de tierra especialmente en épocas de lluvia donde la población urbana y rural se ve afectada.

Frente a esta problemática la presente investigación se enfocó directamente en realizar un estudio de deslizamientos de tierra tanto en zona Urbana como Rural del Cantón Mira, con la finalidad de evitar pérdidas humanas, económicas, sociales y ambientales dentro del área. Para ello fue indispensable realizar un levantamiento de información en campo para identificar aquellos puntos de deslizamientos generados en la zona mediante el método heurístico. Es importante mencionar que los factores que se consideraron en el estudio fueron factores condicionantes (pendiente, litología, permeabilidad y cobertura vegetal) y desencadenante (lluvia). Se elaboró diferentes mapas temáticos usando el programa informático ArcGis 10.5.1 en donde a través de la evaluación multicriterio representada por “Model Builder”, se ejecutó la superposición de la cartografía generando un mapa de susceptibilidad a deslizamientos de tierra en la zona de estudio y de esta forma categorizar según el criterio de los expertos la ponderación de cada factor en un rango del 1 al 5. Obteniendo un resultado de amenaza clasificado en muy bajo, bajo, medio y alto, los cuales se encuentran conformados por el 14.48%, 43.17%, 32.5% y 9.83 % respectivamente, dentro del Cantón Mira.

Finalmente, con los resultados obtenidos se establecieron propuestas enfocadas en la prevención y mitigación de aquellos deslizamientos identificados como puntos estratégicos o clave dentro de la zona de estudio, con el objetivo de evitar daños que puedan causarse a futuro principalmente en vías de tránsito vehicular e infraestructura de los asentamientos humanos.

Palabras Clave: ArcGis, Deslizamiento de Tierra, Mapa Temático, Mitigación.

2. ABSTRAC

The territory Mira is located in a natural viewpoint also called El Balcón de los Andes, in the northern Sierra region of Ecuador, an area comprised of a variety of microclimates that are reflected along its particularly steep topography, which is why it presents Irregular slopes in each one of the parishes that make it up generating landslide events especially in rainy seasons where the urban and rural population is affected.

Faced with this problem, the present investigation focused directly on conducting a study of landslides in both Urban and Rural areas of the Mira territory, with the purpose of avoiding human, economic, social and environmental losses within the area. For this, it was essential to carry out an information survey in the field to identify those landslide points generated in the area through the heuristic method. It is important to mention that the factors that were considered in the study were conditioning factors (slope, lithology, permeability and vegetation cover) and trigger (rain). Different thematic maps were elaborated using the ArcGis 10.5.1 computer program where, through the multicriteria evaluation represented by "Model Builder", the superimposition of the cartography was executed generating a map of susceptibility to landslides in the study area and in this way, categorize according to the experts' criteria, the weighting of each factor in a range from 1 to 5. Obtaining a threat result classified in very low, low, medium and high, which are conformed by 14.48%, 43.17%, 32.5% and 9.83% respectively, within the Mira territory.

Finally, with the results obtained, proposals were established focused on the prevention and mitigation of those landslides identified as strategic or key points within the study areas, with the aim of avoiding damages that may be caused in the future, mainly in vehicular traffic routes and infrastructure of human settlements.

Keywords: ArcGis, Landslide, Thematic Map, Mitigation.

3. INTRODUCCIÓN

El mundo entero a través de los años ha sido testigo de varios eventos o acontecimientos trágicos ocasionados por desastres naturales, tales como movimientos de masa, sismos y desbordamiento de ríos que por su nivel elevado de destrucción ha dejado como resultado innumerables pérdidas humanas, económicas y ambientales, es por ello que este tipo de fenómenos se encuentran catalogados como un factor de riesgo.

Frente a esta situación, el tema de prevención de desastres naturales ha llamado la atención de las diferentes disciplinas del orden social, pero este interés se reduce, por la inestabilidad que existe entre las entidades de gobierno, científicos y diferentes organismos encargados de trabajar con las comunidades, los cuales no mantienen una adecuada relación para cooperar en el intercambio de información que les permita prevenir eventos catastróficos (Yee, 2008).

Los fenómenos naturales simbolizan un declive en el desarrollo social y económico de un país, especialmente cuando se habla de catástrofes de gran magnitud, en donde las pérdidas son muy significativas (OPS, 2000). En el caso de Ecuador, los desastres naturales se originan principalmente por condiciones geomorfológicas y por efecto de actividades humanas, por lo que específicamente la región andina 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 produciendo un aumento en su impacto, cuando este tipo de eventos se interrelacionan (Plaza & Yépez, 2001, p. 74).

En las últimas décadas el territorio ecuatoriano, ha presenciado gran cantidad de fenómenos naturales, que han afectado especialmente a la población vulnerable de comunidades asentadas en zonas rurales de las diferentes provincias, las cuales han tenido que experimentar eventos críticos, como la pérdida de vidas humanas y el desalojo de viviendas afectadas principalmente en su infraestructura asiéndolas inhabitables (FAO, 2008).

Tal es el caso de la provincia del Carchi, que actualmente sostiene una matriz histórica sobre amenazas naturales y antrópicas suscitadas dentro de toda la provincia, registrando específicamente eventos de inundaciones y deslizamientos de tierra, en donde se ha visto comprometida la pérdida de viviendas, cultivos, e incluso la afectación de vías que conectan a varios cantones, como lo es el Cantón Mira, lugar en el cual se evidencian a diario situaciones de deslizamientos principalmente en las vías donde se suscitan eventos de desprendimientos de roca y tierra sobre la calzada causando molestia a la población que transita a diario por estas rutas.

Actualmente existen estudios relacionados con el análisis de riesgos provocados por fenómenos naturales, mismos que han sido ejecutados por el Instituto Espacial Ecuatoriano y la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, los cuales se encargan entre sus funciones, de la generación de cartografía y datos base para reproducir información relacionada con la susceptibilidad, vulnerabilidad y riesgos dentro del Ecuador (SENPLADES, 2014). Es importante mencionar que la integración de herramientas informáticas como lo es Sistema de Información Geográfica (SIG), son de gran ayuda en la generación de este tipo de cartografías a través del procesamiento de información, especialmente cuando se trata de identificación de zonas susceptibles a deslizamientos y zonas de evacuación, mismos que pueden ser de suma importancia para estudios de Planificación y Ordenamiento Territorial (Salazar, 2016).

De acuerdo a un análisis realizado por el IEE (2013), en el Cantón Mira existe un grado de amenaza alto y medio frente a deslizamientos de tierra especialmente en las comunidades bajas de la parroquia Jijón y Caamaño, La Concepción y en la parte noroccidental de Juan Montalvo y Mira, frente a estos resultados los mismos recomiendan que se realice una investigación enfocada a zonas donde el nivel de susceptibilidad a deslizamientos es muy alto, tomando en consideración los asentamientos poblaciones y vías, los cuales son aspectos importantes para una adecuada planificación y ordenamiento territorial del cantón.

Es por ello que la presente investigación, básicamente se encuentra enfocada en la identificación de aquellas zonas clave que se ven de cierta forma afectadas por deslizamientos de tierra dentro del Cantón Mira, mediante mapas cartográficos de

susceptibilidad a deslizamientos, además de contribuir con medidas de prevención y mitigación de desastres naturales generando mapas cartográficos de zonas seguras y técnicas de ingeniería que ayuden a disminuir los eventos de deslizamientos. La información generada, permitirá a las diferentes entidades pertinentes tomar acciones y buenas decisiones en momentos de emergencia tales como la evacuación de población localizada en zonas irregulares, así como también, actuar frente a los eventos de deslizamientos generados en las vías. La ejecución de este proyecto será de vital importancia local, regional y nacional, puesto a que los resultados obtenidos a través de datos actualizados permitirán contribuir y continuar con futuros estudios relacionados con plan de ordenamiento territorial.

3.1 Objetivo General

Identificar áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales provocadas por deslizamiento de tierras, para la determinación de zonas seguras, mediante la aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG), en el Cantón Mira, Provincia del Carchi.

3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la ubicación de zonas susceptibles a deslizamientos y sus posibles causas de vulnerabilidad, a través de la evaluación multicriterio y los métodos de Mora Varhson, para detectar el grado de riesgo.
2. Diseñar cartografías temáticas mediante el software ArcGis 10.5.1, para identificar las zonas vulnerables a deslizamientos de tierra.
3. Establecer la ubicación de zonas seguras, mediante el uso de cartografía, para reducir las externalidades que provocan los deslizamientos y plantear medidas de mitigación.
4. Socializar los resultados de la investigación al GAD Municipal de Mira, al Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 y a la población del Cantón Mira.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN MIRA

La zona de estudio es el cantón Mira, ubicado al suroeste de la provincia del Carchi, conocida también con el nombre de “Balcón de los Andes”, ya que se asienta en un mirador con vista al cerro Cayambe y Valle del Chota, dentro del ámbito geográfico el área se encuentra localizada en la región Sierra ecuatoriana a 95 km al sur de la ciudad de Tulcán (GAD Carchi, 2016). Para su acceso existen dos vías, por el sur, pasando el puente de Mascarilla que tiene dirección a la Provincia de Imbabura, y por el norte, en la vía principal de Tulcán- Bolívar- El Ángel y Mira. Su ubicación geodésica es al norte, con 0° 56’ Norte y 78° 25’ Occidental; al sur, con 0° 29’ Norte y 78° 04’ Occidental; al este, con 0° 34’ Norte y 77° 59’ Occidental y al oeste, con 0° 53’ Norte y 78° 28’ Occidental (GAD Mira, 2003).

Presenta oscilaciones altitudinales entre 480 hasta 3880 m.s.n.m, y cuenta con una variedad de microclimas reflejados a nivel de su topografía que es particularmente inclinada; su variación en temperatura es de alta, media y baja, por lo que su clima promedio es de 18 °C, es decir, las condiciones atmosféricas se encuentran en parámetros aceptables; su pluviosidad anual es de 636 mm, lo que permite el aumento de producción de cultivos (GAD Carchi, 2016).

El cantón Mira ha progresado en muchos aspectos relacionados al urbanismo, población, agricultura y comercio. Esta zona presenta una densidad demográfica de 20.92 hab/km² en donde solo el área urbana tiene una población de 6028.44 habitantes, y el área rural de 6 221.55 habitantes. Además, cuenta con una extensión que abarca 582.20 km² (Casanova, 2011).

En la actualidad, se encuentra conformado por tres parroquias rurales tales como: La Concepción, Juan Montalvo y Jacinto Jijón y Caamaño; y una zona urbana que es Mira como cabecera cantonal (GAD Mira, 2003).

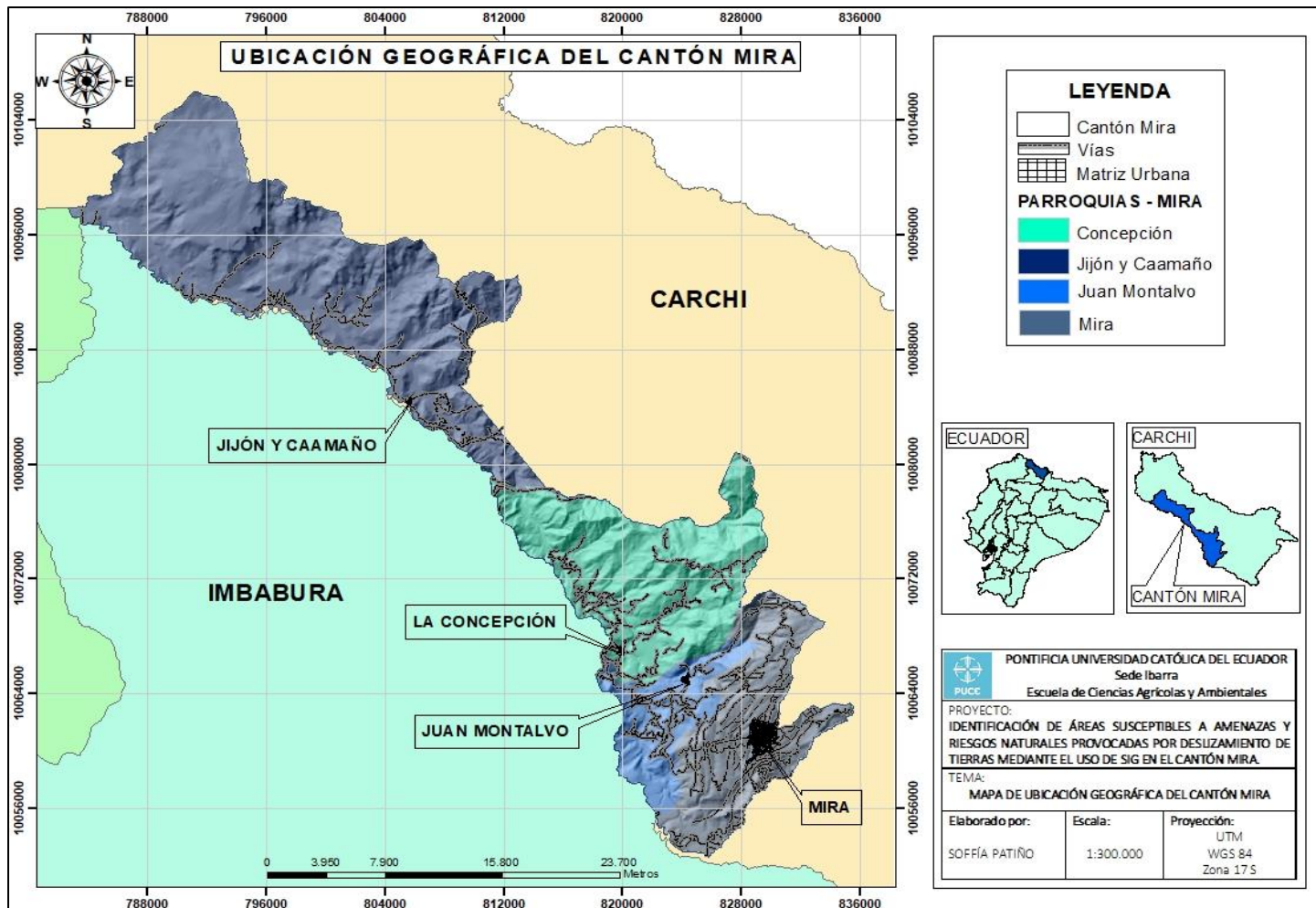


Figura 1. Mapa de Ubicación Geográfica del Cantón Mira
Fuente y elaboración: La Autora

4.2 ANÁLISIS SOCIO- CULTURAL

4.2.1 Componente Demográfico

Población según su género

Dentro del tema demográfico, la población censada, de acuerdo con la información estratégica generada en el país por el Instituto Nacional de Estadística y Censos con perspectiva de géneros, el cantón Mira en los datos censales de los años 1990, 2001 y 2010, revelan la tasa de decrecimiento demográfico, posiblemente por la migración de la población del sector rural y urbano, hacia otros sectores que presentan mejores condiciones de vida, empleos, calidad en salud y educación.

Es por esto que en el año 2020, la población bajará a 11969 habitantes, en donde 6070 pobladores corresponderá al género masculino y 5899 de género femenino, tal como se muestra en la (Tabla 1), se puede observar que existe un equilibrio en el comportamiento demográfico de la población, tanto en el sexo masculino y femenino (INEC, 2010).

Tabla 1

Evolución demográfica por género en el Cantón Mira

Año	Hombres	Mujeres	Total (H y M)
1990	6479	6249	12728
2001	7026	6749	13775
2010	6439	6354	12793
2020	6070	5899	11969

Fuente: (INEC, 2010)

Población urbana y rural

En la información registrada de acuerdo con la evolución demográfica a nivel parroquial en el cantón Mira, el sector rural conformado por Concepción, Jijón y Caamaño y Juan Montalvo corresponden a 6497.33 habitantes y el sector urbano como la parroquia Mira,

corresponde a los 6295.66 habitantes de la población total censada en el año 2010. Para el año 2020, el sector rural presentará una población de 6078.83 habitantes y el sector urbano con 5890.16 habitantes; disminuyendo el número de las variables poblacionales, con niveles altos de decrecimiento, como se muestra en la (Tabla 2) (INEC, 2010).

Cabe recalcar que la mayor cantidad demográfica se encuentra situada en el sector rural, debido a que el cantón se ocupa del sector primario en la demanda agrícola y ganadera, lo que obliga a que algunos pobladores por la extensión del territorio busquen lugares con precios más accesibles para sus viviendas y animales, que comúnmente se localizan en laderas. Pese a esto, a nivel de todas las parroquias, Mira, en el sector urbano presenta un número de habitantes alto, a causa de la demanda de servicios básicos, vivienda, salud, educación que hacen que las autoridades apliquen acciones para concentrar proyectos institucionales en el área (INEC, 2010).

Tabla 2

Evolución demográfica por parroquias en el Cantón Mira

Parroquias	Año 2010	Año 2017	Año 2020
La Concepción	2948.27	2823.13	2758.37
Jijón y Caamaño	2175.23	2082.90	2035.12
Juan Montalvo	1373.82	1315.51	1285.34
Mira	6295.66	6028.44	5890.16
Total	12793	12250	11969

Fuente: (INEC, 2010)

4.3 ANÁLISIS BIOFÍSICO

Las características biofísicas de un lugar influyen directamente en el desarrollo de las diferentes actividades que desempeña el ser humano, por lo que es primordial conocer cada una de ellas, detallando su descripción, que es de vital importancia para el control, la mitigación y medidas de prevención de los impactos generados en el Cantón Mira para identificar así sus potencialidades. Las variables identificadas se describen a continuación:

4.3.1 Relieve

El relieve, es el resultante de varios procesos ocasionados en la superficie terrestre, pudiendo ser de actividad volcánica, por el choque de las placas tectónicas o por la presencia de agentes externos como el agua, viento y vegetación, que transforman al suelo dando origen a cordilleras (General, 2015).

Dentro de las características geomorfológicas, el relieve se distingue por lucir terrenos con aspecto montañoso y presencia de coluviones, por lo que los terrenos se crean de manera inestable, con posibles derrumbes en algunas zonas. Es por esto que se evidencia laderas con pendientes muy pronunciadas, creadas por las fuertes épocas lluviosas junto a los movimientos sísmicos, que se dan a través del tiempo (PDOT Jacinto Jijón y Caamaño, 2011).

Actualmente, el Cantón presenta relieves que se identifican en dos grupos, tales como las vertientes de la Cordillera Occidental de los Andes, definidas particularmente por relieves montañosos, formados por materiales volcánicos sedimentarios. Y el piedemonte andino, localizado longitudinalmente por el Río Mira, al suroeste del cantón (PDOT Mira, 2015, p.4).

4.3.2. Geológico

Dentro del aspecto geológico, de acuerdo al informe realizado por el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial en el Cantón Mira (2015), se identifican dos tipos de formaciones tanto superficiales como geológicas; entre las superficiales presenta depósitos aluviales localizados a lo largo del río Mira. Los depósitos coluviales identificados en los sectores de Chinambí, La Regaderas, EL Juco, Tablas, el Cabuyal, San Francisco y San Juan de Lachas en la parroquia de Jacinto Jijón y Caamaño. Y los depósitos coluvio-aluvial, ubicados en los ríos Chinambí, Verde y Mira; y en las quebradas Miravalle, El Carmen y San Francisco (PDOT Mira, 2015, p.7-8).

En lo que respecta a las formaciones geológicas, encontramos a San Tadeo (cuaternario / holoceno), localizado a lo largo del Río Mira, específicamente desde el sector Cuarto Cruce hasta su unión con el río Chorreras, caracterizado por presentar areniscas, arcillas y algunos conglomerados volcánicos. La formación Macuchi (cretácico de origen superior / paleógeno), ubicada en la zona occidental de todo el cantón en estudio, según el PDOT de la parroquia Jijón y Caamaño, menciona que existe presencia de lavas andesíticas, areniscas volcánicas entre otros, depositadas en dicho sector (PDOT Jacinto Jijón y Caamaño, 2011, p.8).

4.3.3 Suelos

Para la clasificación de los diferentes tipos de suelo, fue pertinente considerar la información creada por el MAGAP, con respecto a mapas de textura del suelo en la Provincia del Carchi; por lo que es posible observar que en el Cantón Mira existen alrededor de cuatro tipos de suelo con textura media que se mencionan a continuación:

Los suelos que se identifican con textura fina abarcan una extensión de 6380.7 hectáreas con un 2.1%, a nivel del área de estudio. Los suelos de textura gruesa, localizados en una extensión de 26021.42 hectáreas con un 8.6 %. Suelos que presentan una textura media se extienden en la mayor parte del Cantón Mira siendo 247523.0 hectáreas con un 81.5 %. Y los suelos con una textura moderadamente gruesa predominan en un área de 23599.2 hectáreas con un 7.8% (PDOT Mira, 2015, p.9)

4.3.4 Zonas de vida

Actualmente se identifican diez formaciones naturales, dentro del cantón Mira correspondientes a: Bosque de Neblina Montano, que presenta una superficie de 5601.2 hectáreas; seguido del Bosque Semideciduo Montano Bajo, con una superficie correspondiente a 16.8 hectáreas (MAGAP, 2011).

La formación natural Siempre verde Montano Alto, que presenta una superficie de 3189.8 hectáreas, y se caracteriza por comprender zonas de bosques ubicadas a altura de 1.800

m.s.n.m. El Bosque Siempre verde Montano Bajo, que se encuentra a una superficie de 10043.9 hectáreas; el Bosque Siempre verde Piemontano, que abarca un área de 17192.1 hectáreas (MAE, 2012).

El Matorral Húmedo Montano, que corresponde a una superficie de 299.76 hectáreas; de Matorral Seco Montano Bajo, que se localiza en un área de 7661.04 hectáreas; el Matorral Seco Montano que a nivel del cantón Mira se ubica en 12905.1 hectáreas (PDOT Jacinto Jijón y Caamaño, 2011, p.33). Finalmente, el páramo de frailejones, ubicado en la zona alta del cantón con 883.7 hectáreas, junto con el Páramo Seco, que abarca una superficie de 426.2 hectáreas (PDOT Mira, 2015, pág. 21).

4.3.5 Cobertura vegetal y uso del suelo

El cantón Mira presenta una superficie de 58300.37 hectáreas, por lo que a nivel natural su cobertura vegetal representa el 64.70 % equivalente al 37717.84 hectáreas, a diferencia de la superficie ocupada por la actividad antrópica que presenta el 35.30% dando un total de 20 582.53 hectáreas (MAGAP, 2011).

La zona de estudio presenta aproximadamente seis formaciones vegetales correspondientes a bosque húmedo con un 53.50%, matorral seco el 5.64 %, matorral húmedo un 15.59 %, páramo herbáceo el 3.05%, vegetación herbácea húmeda con un 1.92 % y finalmente la vegetación herbácea seca que presenta un 20.31% de la cobertura vegetal de estado natural situada en el Cantón Mira (PDOT Mira, 2013, p.43).

4.3.6 Uso potencial del suelo

Actualmente se desarrollan actividades de sistemas productivos en una superficie de 20739.58 hectáreas, que incluye la producción avícola, pecuario, agrícola y combinado. Así como también los sistemas productivos de índole empresarial, caracterizados por cultivos de aguacate, frejol, papa, flores entre otros, llegando a ocupar una superficie de 130.23 hectáreas. De esta forma el cantón Mira especialmente en la zona rural, la agricultura y

ganadería, se convierten en un motor económico correspondiente al 59% (PDOT Mira, 2013, p.43).

4.3.7 Información climática

Según el PDOT Mira (2015), en el registro hidrometeorológico se determina que la **precipitación** del Cantón Mira, es de 805 mm (p. 15), especialmente en los meses de noviembre a diciembre, se registran variaciones de 28.7 mm en un rango de 24 horas, por esta razón existen torrenciales de lluvia altas. A diferencia del mes de enero a mayo, en donde la precipitación baja a 7.2 mm por lo que son consideradas épocas secas.

En lo que respecta a la **temperatura**, no todo el cantón presenta las mismas condiciones, debido a la distribución que tienen las parroquias, situadas a diferentes **pisos climáticos**, que se caracterizan por ser mesotérmico seco, semi húmedo, y tropical mega térmico húmedo (Quishpe, 2012, p.36), es por esta razón que existe un rango de 25.8 °C con relación a la temperatura mínima absoluta de 4.6 °C y una temperatura media máxima de 21.7 °C y mínima de 9.1 °C (GAD Mira, 2003). En otros aspectos Mira, presenta un 75 % de **humedad relativa** media anual, en los diferentes pisos altitudinales de la zona de estudio (PDOT Mira, 2015, p.15).

4.3.8 Flora

Según el PDOT Mira (2011), “se registran 131 colecciones botánicas en la parroquia Jacinto Jijón y Caamaño. Las familias con mayor número de especies presentes son: *Lauraceae* (11), *Arecaceae* (9), *Moraceae* (9), *Mimosaceae* (7), *Myrtaceae* y *Urticaceae* (6)” (p.16). Es importante mencionar que estos datos no reflejan la diversidad actual que presenta el Cantón, por la falta de estudios a nivel botánico. En la parroquia Jacinto Jijón y Caamaño, existen alrededor de 602 especies de plantas, ubicadas específicamente en el Bosque Protector las Golondrinas, de estas especies se registra la familia *Astaraceae* como la más significativa, albergando a 82 especies, luego la familia *Poaceae*, que presenta un número de 45 tipos de especies y finalmente la familia *Orchidaceae*, de la cual existen 35 especies registradas (PDOT Jacinto Jijon y Caamaño, 2011, p. 45).

4.3.9 Fauna

En el Cantón Mira la diversidad de fauna prevalece, pues sus pisos climáticos contribuyen a la variabilidad de especies, convirtiéndolo en un área con riqueza faunística, pese a esto, existen zonas en donde la pérdida de bosques, hacen que las especies presenten una fragilidad potencial (Quishpe, 2012). Actualmente, se reconocen 13 especies de mamíferos, según estudios realizados en la parroquia Jacinto Jijón y Caamaño, en donde se describe la especie *Mazamarufina* (VU), y *Tapiruspinchaqueen* (EN); con respecto a aves, existen 30 especies, las más destacadas son *Thraupidae* y *Psittacidae* (PDOT Jacinto Jijon y Caamaño, 2011, p. 45-46).

En el Bosque Protector las Golondrinas, se encuentran alrededor de 75 especies de mamíferos identificadas como: *Tremarctosornatus* (EN), *Ateles fusciceps* (CR), y *Akodonlatebdricola* (*Muridae*) (CR). Y 316 especies de aves como: *Thraupidae*, *Tyrannidae* y *Trochilidae*, y especies en peligro de extinción como: *Pyroderusscutatus*, *Grallariaflavotinctase*, *Vulturgryphus* (CR) y *Hapalopsittacaamazonina* (CR). En anfibios existen especies como *Atelopussp.nov* (*Bufo*); *Colostethusdelatorreae*, *Colostethussp.* (*Dendrobatidae*) (PDOT Mira, 2015, p. 18).

A nivel de todo el cantón, se localizan especies de peces en estado vulnerable por la presión del ambiente, entre estas se encuentran: lisa, carpa, barbudo, sábalo, sabaleta, guaña (PDOT Mira, 2015, p. 18).

4.3.10 Hidrografía

En el aspecto hidrográfico, la zona de estudio se encuentra introducida totalmente en la cuenca del Río Mira, específicamente emplazada en la vertiente sur con dirección occidental hacia las estribaciones de la cordillera de los Andes. En el sistema hidrográfico, los principales ríos que se sitúan en el cantón son: El río Chinambí, Blanco, San Juan, El Ángel, Baboso, Jordán, Tablas, Pablo, Caliche, Verde, Gualpí, Plata, Chorreras, Camumbí, Chota, Gualchán, Santiaguillo, de la Plata, Guayabal y Chutín (GAD Mira, 2013).

4.3.11 Microcuencas

El cantón Mira, se encuentra influenciado por 12 microcuencas, mencionadas a continuación:

Microcuencas del Río Chinambí, Río Verde y Río Blanco, que se caracterizan por ser susceptibles a crecimiento en épocas de lluvia, debido a su factor de forma que es de 0.43 y 0.41. Microcuencas del Río Caliche, que se encuentra situada en una superficie de 1746.54 hectáreas, y es considerada una microcuenca de aspecto montañoso con un coeficiente de 44.66 de compacidad, al igual que la Microcuencas de la Quebrada La Loma, que presenta una superficie de 3054.63 hectáreas (PDOT Mira, 2015).

Microcuencas de la Quebrada La Chimba, se localiza en un área de 6161.75 hectáreas, y se caracteriza por ser medianamente propensa a riesgos de inundaciones, pero por su alargamiento representa una gran respuesta hacia la temporada lluviosa, al igual que la Microcuencas del Río Santiaguillo, que presenta características similares a la anterior y se encuentra situada en una superficie de 9691.3 hectáreas. Microcuencas del Río El Ángel, presenta un nivel de peligrosidad mínimo por su coeficiente de compacidad que es de 1.73 (PDOT Mira, 2015).

Microcuencas del Río Chorrera con 2728.91 hectáreas y Río Baboso con 6295.55 hectáreas estas dos últimas se caracterizan por ser menos propensas a peligros de crecimiento en épocas lluvias, puesto a que, su factor de forma no es muy alto y se encuentra entre 0.35 y 0.37. Microcuencas del Río Tablas y Río Plata, que por su forma ovalada son considerados de mediana peligrosidad, especialmente en épocas lluviosas (PDOT Mira, 2015, p. 27).

4.3.12 Amenazas naturales y antrópicas

Las amenazas naturales que se presentan en el cantón Mira, se encuentran relacionadas con deslizamientos de tierra, situados en vías, laderas de producción agrícola y quebradas; de igual forma se identifican sequias especialmente en los meses de enero a mayo (PDOT Mira, 2015).

En lo que respecta a peligros antrópicos, se toma especial atención a la quema, tala erosión, la caza de animales, el sobrepastoreo, la expansión de la frontera agrícola, la tenencia de tierras, pérdida de fuentes de agua, extinción de flora y fauna, ganadería, deforestación y contaminación por agroquímicos, todos estos son problemas potenciales que existen en el cantón afectado a la estructura biofísica del área de estudio (PDOT Mira, 2015, p. 31).

4.4 DEFINICIONES TERMINOLÓGICAS EMPLEADAS EN EL ESTUDIO

4.4.1 Amenaza

Es definido como un factor de riesgo externo, el cual representa el aviso de que el peligro está latente en una zona y que en algún momento surgirá un fenómeno natural de baja o alta peligrosidad, según sea su fuente, como los deslizamientos de tierra, terremotos, erupción volcánica e inundaciones; que a través del tiempo pueden situar diferentes eventos con efectos negativos hacia el hombre bienes y/o ambiente (Cardona, 1993).

4.4.2 Desastre

Según Cardona (2002), define al termino desastre como la materialización de situaciones que presentan grados de riesgo, que generalmente dependen de las condiciones en que se encuentre un área frente a su vulnerabilidad. En términos ambientales, el desastre es el resultado de eventos o fenómenos intensos suscitados a lo largo del tiempo, afectando a la construcción social.

4.4.3 Peligro

INCOTEC (2012), menciona que el término peligro, es la posibilidad de riesgo que presenta un área frente a la existencia de algún tipo de amenaza, tal es el caso de los deslizamientos que son fuentes definidas como peligrosas en un área.

4.4.4 Riesgo

Es la probabilidad de emitirse pérdidas socioeconómicas en un área determinada, la cual es caracterizada por la presencia concurrente de amenazas. Básicamente el riesgo es el resultado de la relación que existe entre la vulnerabilidad y la amenaza de los fenómenos naturales en un área (INETER, 2005). Actualmente se puede establecer una valoración cuantitativa de las pérdidas efectuadas y de la probabilidad de ocurrencia que se puede generar a través del tiempo, para ello es indispensable definir los datos adecuados para establecer el cálculo y caracterizar el nivel de riesgo. En caso de no existir los datos suficientes para el desarrollo del cálculo, se implementa el criterio de intuición personal, denominándolo incertidumbre (Sarmiento & Segura, 2011).

4.4.5 Vulnerabilidad

Rodríguez (2016), se dirige al término de vulnerabilidad como el resultado de eventos físico, ambiental, cultural y económico, que pueden situarse en un estado de aumento o disminución a la susceptibilidad de amenazas en comunidades o diversas infraestructuras. Según González (2002), la vulnerabilidad se desarrolla en comunidades expuestas a amenazas de origen natural o antrópico, que dependiendo del grado de riesgo que se produzca en cada evento, pueden sufrir daños o pérdidas de vida humana, así como también de recursos materiales.

4.4.6 Zonificación

Según ICONTEC (2012), la zonificación se refiere a la clasificación de un área, en este caso, según la peligrosidad que ésta presente basándose en una división homogénea.

4.5 AMENAZAS NATURALES

Las amenazas naturales, son consideradas como aquellos factores o elementos que se encuentran en el ambiente, y pueden llegar a afectar a una vida humana, puesto a que son causados por fenómenos naturales. Este tipo de fenómenos puede ser de orden hidrológico,

atmosférico, geológico entre otros, que se caracterizan por tener un potencial alto en afectación hacia el ser humano, a las actividades y estructuras del mismo. Las amenazas naturales según Plaza & Yépez (2001) pueden llegar a clasificarse en:

Estado Geológico:

- Terremotos
- Erupción de volcanes
- Deslizamientos de tierras

Estado Meteorológico:

- Inundaciones de áreas
- Sequías

4.6 DESLIZAMIENTOS

El deslizamiento de tierra es considerado como una acción, en donde a través de la fracción o movimiento del suelo se desencadena el desplazamiento de materiales tales como rocas, que tienden a caer en diferentes periodos simultáneos de tiempo. Corominas (1992), señala “que para que se efectúe una reducción de aquellos impactos relacionados con deslizamientos, es primordial aplicar estrategias de prevención, además medidas de mitigación para reducir el efecto de peligrosidad” (p.55). Actualmente los deslizamientos se clasifican de varias formas por lo que Rodríguez (2016) menciona los más importantes:

4.6.1 Deslizamientos superficiales

Se localiza especialmente en pendientes con inclinación de 20° en los que se puede encontrar suelos ideales para actividades de agricultura y ganadería. Al situarse en laderas empinadas con pendientes generalmente iguales, se puede observar claramente los cambios en forma y estructura del suelo a causa de este deslizamiento (INCOTEC, 2012).

4.6.2 Deslizamientos rotacionales

Generalmente se desarrolla en superficies donde su falla presenta características curvas o cóncavas y su centro de giro se localiza sobre el centro de gravedad del cuerpo en movimiento. En este caso el deslizamiento se observa físicamente con agrietamientos concéntricos y su movimiento genera la acumulación de flujos materiales en la parte inferior de la pendiente y hundimiento de la superficie en la parte superior del deslizamiento (Rodríguez, 2016).

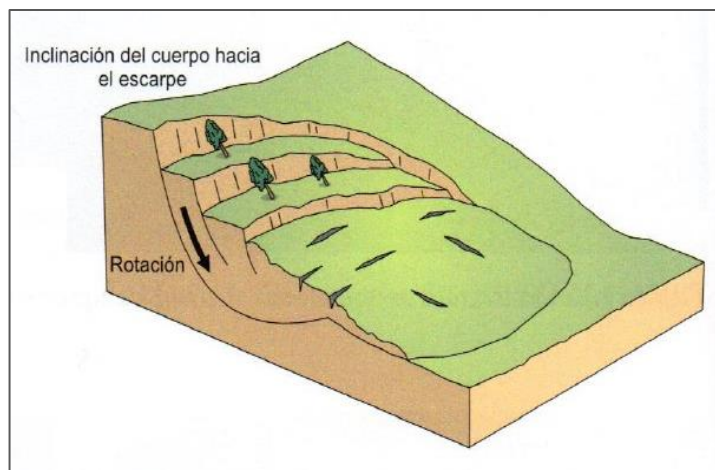


Figura 2. Esquema de deslizamiento rotacional
Fuente: (Rodríguez, 2016)

4.6.3 Deslizamientos traslacionales

Este tipo de deslizamiento se desarrolla en superficies donde las fallas son planas o parcialmente onduladas. La dinámica de su movimiento consiste en el desplazamiento de tierra hacia afuera y hacia abajo. Generalmente tienden hacer más superficiales que otro tipo de deslizamientos como el rotacional (Rodríguez, 2016).

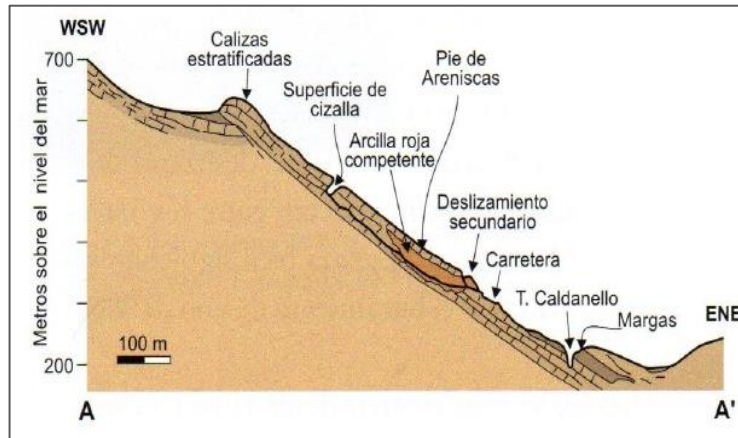


Figura 3. Esquema de deslizamiento rotacional
Fuente: (Rodríguez, 2016)

4.6.4 Deslizamientos de flujos

Movimientos que se caracterizan por presentar material litológico con textura gruesa y fina desplazados a lo largo de la superficie de la falla. Actualmente existen varios tipos de flujos que generalmente se caracterizan por ser movimientos muy rápidos y en algunos casos suelen ser lentos cuando se componen de lodos o suelos no saturados. Los flujos se pueden clasificar según el tipo de humedad, la velocidad y el material que lo integra. Físicamente se observan en forma de abanico, alargados en toda su pendiente y estrechos desde su corona hasta la parte inferior del deslizamiento (Rodríguez, 2016).



Figura 4. Esquema de Flujo no canalizado
Fuente: (Rodríguez, 2016)

4.7 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

Existen factores que pueden llegar a contribuir en la inestabilidad de un talud o ladera. Los factores no actúan de manera individual frente a un deslizamiento sino todo lo contrario, es por esta razón que existen dos tipos de factores los condicionantes y desencadenantes los cuales intervienen dependiendo de la situación en la que se suscite el evento de deslizamiento (INETER, 2005).

4.7.1 Factores Condicionantes

Los factores condicionantes se caracterizan generalmente por incidir en el desequilibrio de la superficie de un terreno, generando procesos de inestabilidad en el área; existen varios factores que influyen en este campo, INETER (2005) menciona los más importantes:

- **Litológico:** Define el tipo de roca situada en un área, determinando la capacidad que tiene el suelo para permanecer estable o sufrir un nivel de degradación a través el tiempo, ocasionados generalmente por la presencia de material rocoso meteorizado o la falta de cohesión de todos los componentes que integran la estructura de la roca (Riesgos Geológicos Externos, s.f).
- **Estructura:** Favorecen los procesos de deslizamientos por la presencia de fisuras o falla en su estructura de tipo circular o no circular. Sus características condicionan la estabilidad de una ladera.
- **Hidrológicos:** El factor hídrico es reconocido como uno de los más importantes en la estabilidad de una pendiente, y más cuando su gravedad es muy alta. El agua actúa ejerciendo presión en los poros de la estructura del suelo, es por ello que los deslizamientos se suscitan cuando la escorrentía aumenta a nivel superficial del suelo, o simplemente por el estancamiento del agua alterando el nivel de permeabilidad (Quishpe, 2012, p. 33).
- **Topográficos:** El grado de influencia que presenta dentro de una ladera o talud depende de su pendiente, generalmente conlleva un grado de riesgo alto cuando su pendiente está en un rango del 15%, el relieve y su fisiología involucra la dureza y

resistencia frente a eventos de erosión. Cualquier pendiente mayor de 15%, conlleva riesgos de erosión (INETER, 2005).

- **Climáticos:** El clima de acuerdo con sus características puede llegar a favorecer a la inestabilidad de una ladera, actuando de manera indirecta en la erosión del suelo, sea por sequías o fuertes lluvias aportando con el riesgo de que exista la posibilidad de deslizamientos.

4.7.2 Factores Desencadenantes

Son aquellos factores que se detonan la inestabilidad de una ladera, pese a que en ocasiones suelen ser de menor magnitud es suficiente para poder generar la inestabilidad de una zona, según Quishpe (2012) pueden ser:

- **Naturales**

Son factores que actúan de manera inintencionada en la detonación de deslizamientos de tierra, especialmente en taludes, la precipitación, la temperatura y los sismos se integran en este campo, ya sea filtrándose a través del suelo como agua o provocando el movimiento de la topografía del suelo (Quishpe, 2012).

- **Antrópicos**

Las actividades antrópicas generadas por acción del hombre muchas veces por desconocimiento o con prioridad a fines de desarrollo, generan efectos negativos en incontables ocasiones, por la mala técnica de planificación al momento de ejecutarlos. Quishpe (2012) plantea los siguientes ejemplos:

- **Deforestación:** Aplicar actividades que eliminen la cobertura vegetal, especialmente de bosques que estabilizan la estructura del suelo a través de su raíz, al erradicarlos se favorece la erosión del suelo.
- **Taludes mal diseñados:** Al no estudiar de manera correcta el perfil de una pendiente, puede generar la inestabilidad del talud con riesgo a desprendimiento de rocas o

fuertes deslizamientos, especialmente en épocas donde la precipitación es muy fuerte y puede representar un alto peligro para la población que circula en vías.

- Asentamientos en laderas: Cuando la población opta por construir alguna infraestructura en sitios que topográficamente son irregulares para asentamientos. Las características del suelo en el caso de pendientes pueden ocasionar problemas relacionados con deslizamientos.
- Deficientes prácticas agrícolas y ganaderas: La expansión agrícola en relieves con pendientes pronunciadas no contribuyen a la estabilidad del suelo, sino todo lo contrario; los cultivos de rotación pueden generar erosión del suelo, y deslizamientos en el caso de fuertes lluvias.

4.8 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Son un conjunto de herramientas que integran varios componentes (usuarios, hardware, software, procesos, los cuales permiten desempeñar acciones de almacenamiento, análisis, manipulación y procesamiento de datos adquiridos del mundo real en un vínculo de referencia espacial, donde se puede integrar aspectos sociales, económicos y ambientales, facilitando de esta forma la toma de decisiones de manera aproximada y real (Peña, s.f). El sistema de información geográfica, según Cornelis (1993) integra los siguientes componentes:

- Entrada de datos y verificación (input)
- Almacenamiento y manejo de datos
- Transformación de la base de datos y su análisis
- Salida y presentación de información (output)

Actualmente existen varios sistemas de información, pero Peña (s.f), resalta que todos difieren entre si con relación a los siguientes aspectos:

- El tipo de estructura de los datos
- Las técnicas de comprensión de información
- El tipo de dimensión

- El Hardware requerido
- La interface de usuario

Según Suarez (2013), para que el uso de SIG sea ideal en la zonificación de amenazas a deslizamientos, es importante integrar la combinación de procesamiento de imágenes, tanto satelitales como aerofotografías escaneadas, puesto a que este programa es capaz de realizar un análisis espacial de tablas de atributos, así como mapas múltiples en la investigación.

4.9 MÉTODOS PARA ELABORACIÓN DE MAPAS Y SUSCEPTIBILIDAD

4.9.1 Método cualitativo

Los métodos cualitativos se usan básicamente para identificar los índices de deslizamientos en un área, integrando la opinión de especialistas donde su criterio tiene como finalidad asemejar aquellas características de aspecto geológico y geomorfológico que contribuyen a la susceptibilidad de una zona frente a deslizamientos de tierra (Mora, 2004).

Dentro de los métodos cualitativos más destacados se encuentran:

4.9.1.1 Método Mora Vahrson

En este método es indispensable la aplicación de varios factores combinados tanto detonantes como condicionantes, los cuales se adquieren a través de la observación, su distribución espacio temporal, y la medición de los indicadores morfodinámicos, de esta manera se obtiene el nivel de susceptibilidad de un área ante deslizamientos de tierra (Chinchilla *et al.*, 1992).

La metodología que se desarrolla es muy fácil de aplicar y entender, ya que consiste en emplear aquellos factores más significativos identificados en laderas inestables, divide el área de estudio de acuerdo con sus características y proporciona una base que ayuda a entender las características similares de cada zona. El resultado final de su aplicación será el comprender de mejor manera que fenómenos naturales u antrópicos inciden en los movimientos de masa (Chinchilla *et al.*, 1992).

Según Mora (2004) este método MVM ayuda a identificar sectores con cierto riesgo de deslizamientos, al combinar los pesos relativos de cada variable en estudio, por lo que es muy sencillo de aplicar en un sistema de información geográfica.

4.9.2 Métodos cuantitativos

El método cuantitativo se basa específicamente en expresiones matemáticas donde se integran factores usuales y deslizamientos. Actualmente Cornelis, (1993) los clasifica en dos tipos:

4.9.2.1. Método determinántico

Este método expresa el nivel de amenaza a través de un factor de seguridad, por lo que es indispensable realizar modelos de análisis de estabilidad para el caso de taludes. Los modelos requieren la información clara de su estructura, propiedades del material, estratificación y modelos de niveles freáticos en periodos de retorno (Cornelis, 1993).

4.9.2.2. Métodos estadísticos

Los métodos estadísticos consisten en calificar a través de puntajes de ponderación los factores en estudio y combinarlos con ecuaciones matemáticas que generan resultados de probabilidad hacia la generación de un deslizamiento o fenómeno natural; para este caso se consideran variables independientes aquellas que interfieren en el ángulo de la pendiente, las propiedades y uso del suelo, la lluvia, la cobertura vegetal entre otros,(Cornelis, 1993).

4.9.3 Método semi- cuantitativos

Los métodos semi- cuantitativos son considerados metodologías cualitativas que se aplican en procesos de calificación y ponderación de datos. Según Hervas, (2001) en esta metodología se encuentran procedimientos de combinación lineal ponderada y de procesos analíticos jerárquicos. Dentro de esta metodología se localiza el siguiente método descrito a continuación:

4.9.3.1 Método multicriterio

Este método es usado para el análisis de zonas susceptibles a deslizamientos mediante el programa informático SIG, en donde se aplica el uso de factores detonantes y condicionantes los cuales a través del análisis multicriterio son evaluados en jerarquías lineales con ponderaciones de pesos asignadas a cada uno de ellos de manera cuantitativa. Para este método las escalas recomendadas son de (1:25.00 y 1:50.000), especialmente si son áreas donde no es factible el ejecutar un muestreo estadístico adecuado (Hervas, 2001).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder identificar las áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales provocadas generalmente por deslizamiento de tierra, se procedió a efectuar el levantamiento de información básica en las parroquias rurales como La Concepción, Juan Montalvo y Jacinto Jijón y Camaño; y la cabecera cantonal Mira como parroquia urbana, en el Cantón Mira.

En este caso la zona de estudio posee una extensión de 582.20 km² que abarca todo el cantón, tal como se muestra en la (Figura 5), señalando específicamente que los límites del área de investigación son: el Cantón Tulcán al noroeste, Cantón Espejo al noreste, estos en dirección norte; la Provincia de Imbabura al suroeste y el Cantón Bolívar al suroeste, estos dos en dirección sur.

Es importante mencionar que el levantamiento de información junto con el uso de cartografía base, permitieron facilitar la identificación de áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales, que se encuentran expuestos a deslizamientos de tierra, especialmente zonas en donde las vías de transporte presentan pendientes considerables, con variabilidad o ausencia de cobertura vegetal, que se constituyen como una próxima amenaza para una serie de deslizamientos que afectarán a la población actual y futura. Vale recalcar que, para la elaboración de los diferentes mapas temáticos, y el levantamiento de información de esta investigación, fueron realizados en la escuela de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, específicamente en el laboratorio de computación.

Tabla 3

Ubicación del Área de estudio

Característica	Referencia
Provincia	Carchi
Cantón	Mira
Coordenadas	Latitud 0°33`14``N
	Longitud 78°02`57`` O
Altura	2980 m.s.n.m

Fuente: (ISIS, 2013)

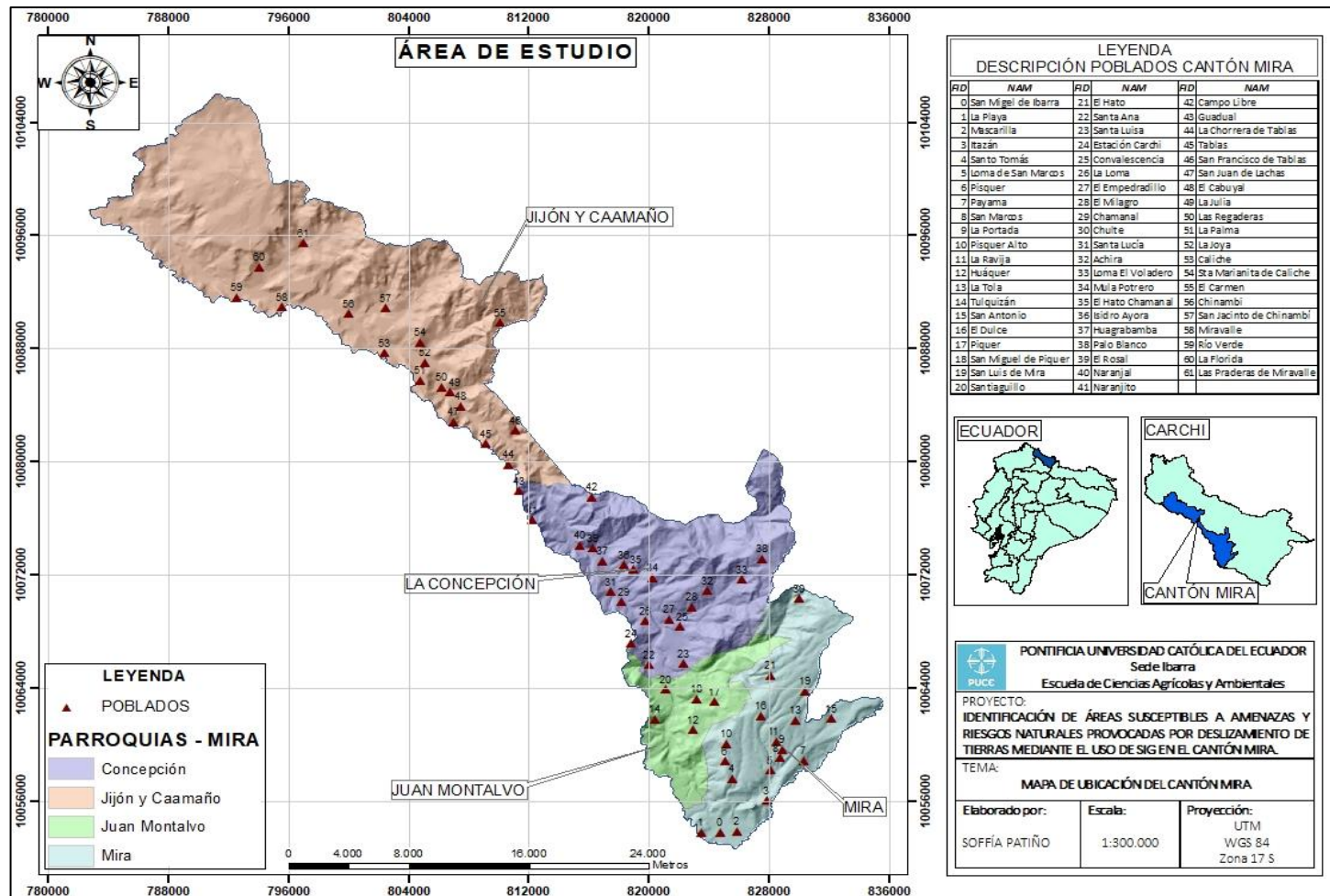


Figura 5. Mapa Base del Área de Estudio
Fuente y elaboración: La Autora

5.1 MATERIALES

Los materiales que se incorporaron para el desarrollo y ejecución de esta investigación, fueron la cartografía digital adquirida en diferentes organizaciones públicas de la provincia del Carchi, estas con algunas variaciones en su escala, además de la obtención de datos geoespaciales; dentro de la fase de campo fue indispensable el uso de una cámara fotográfica para la captura de imágenes de áreas susceptibles, y una libreta para el registro de coordenadas con especificación de posibles deslizamientos.

5.2 EQUIPOS

Dentro de los equipos necesarios para el desarrollo de esta investigación en la fase de campo, se destaca el uso de un GPS marca GARMIN ETREX 20, para la ubicación de coordenadas geográficas de los puntos de áreas de deslizamientos, con el que se tomó las coordenadas en el sistema UTM WGS 84. Además, fue indispensable el uso de un computador previamente instalado el programa informático ArcGis versión 10.5.1, con la finalidad de generar y diseñar los diferentes mapas temáticos y cartografía base para la zona de estudio.

5.2.1 Ubicación del laboratorio

Laboratorio de computación de la Escuela de Sistemas ubicado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-SI)

Tabla 4

Ubicación del Laboratorio de computación PUCE-SI

Característica	Referencia
Provincia	Imbabura
Ciudad	Ibarra
Parroquia	San Francisco
Ciudadela	La Victoria
Coordenadas	Latitud 0°20`5``N
	Longitud 78°06`43``O
Altura	2221 m.s.n.m
Temperatura	16 °C

Fuente: (Almeida, 2016)

5.3. MÉTODO

La presente investigación presenta un estudio con enfoque descriptivo, es decir que a través de la información o datos adquiridos durante la investigación, se describirán cada una de las variables en estudio como son los factores condicionantes (cobertura vegetal, permeabilidad, pendiente, litología) y desencadenante (precipitación), y de esta forma identificar a través del análisis multicriterio que variables influyen en los deslizamientos según el valor de importancia que se le otorgue a cada una, para finalmente deducir a través de los mapas temáticos y mapa de deslizamientos cual es la situación actual de la zona de y que medidas de prevención se deben aplicar para reducir o mitigar los eventos de deslizamientos dentro del Cantón Mira.

5.3.1. Levantamiento de información en fase de pre-campo

En la fase de pre-campo, como primera instancia se realizó la delimitación del área de estudio en este caso todo el cantón Mira, integrado por sus cuatro parroquias, tomando como referencia el levantamiento de información pre-campo. Posteriormente se implementó la búsqueda de información bibliográfica, en donde se seleccionó y analizó la documentación relacionada con el tema de investigación, especialmente con estudios enfocados a deslizamientos dentro del cantón o a nivel nacional. Además, se incluyó la recopilación de mapas cartográficos (geológicos, hidrográficos, asentamientos poblaciones, entre otros), y fotografías aéreas para su manejo durante la investigación.

Como siguiente paso se implementó la revisión de los mapas cartográficos, en donde se verificó específicamente la escala en este caso de 1:300.000; y se analizó los datos adquiridos de otras investigaciones aplicadas con métodos de estudio similares en el mismo cantón, con la finalidad de obtener puntos clave o referenciales con relación a esta investigación.

Finalmente, como tercer paso se realizó la revisión de todo el material digital (shapefiles) obtenidos a través de las diferentes entidades del estado con respecto a la zona de estudio, como los GAD Mira y Carchi, tomando prioridad las especificaciones técnicas para administración de este tipo de información adquirida.

5.3.2. Fase de campo

La fase de reconocimiento y levantamiento de información de campo se efectuó durante los meses de Marzo y Abril del 2018; en este punto se consideró específicamente la metodología de análisis in situ, con prioridad en aquellos sectores en donde el riesgo natural por deslizamiento de tierra es mucho más probable, o ya se suscitó anteriormente la presencia de un deslizamiento, la finalidad de esta fase fue el observar el estado actual de cada sitio ante la presencia de fenómenos naturales, y establecer la manera en la que afectará a nivel social a la población que se encuentra actualmente expuesta en el sitio, así como también a nivel económico refiriéndose a viviendas o vías de tránsito vehicular.

Es importante mencionar que en esta fase se realizaron varias salidas de campo, recorriendo específicamente vías principales que conectan las diferentes zonas del cantón Mira, en donde se pudo identificar a simple vista la presencia de zonas con deslizamientos de tierra, los cuales fueron capturados de manera fotográfica y registrados geo referencialmente con el uso de un GPS, esto con la finalidad de generar un inventario de deslizamientos para posteriormente comparar los diferentes puntos con relación al mapa generado en la investigación.

5.3.3. Fase de post-campo

En esta fase se utilizó el programa informático ArcGIS en versión 10.5.1, con la finalidad de analizar los datos obtenidos en la investigación. Para ello fue indispensable realizar un mapa basado en inventarios de deslizamiento, los cuales se obtuvieron al aplicarse el método de observación de campo, en donde se registraron e identificaron cada punto clave de deslizamiento georreferenciado por un GPS.

Basándose en uno de los objetivos planteados en esta investigación, se procedió a realizar la elaboración de los diferentes mapas temáticos con ayuda del Software ArcMap versión 10.5.1, en donde se generaron mapas de: cobertura vegetal, pendiente, permeabilidad, precipitación y litología. Es importante mencionar que fue necesario aplicar la respectiva

diferenciación de los grados de peligrosidad o riesgo, frente a la susceptibilidad de los deslizamientos en la zona de estudio.

En lo que respecta a la elaboración de los mapas de susceptibilidad, la metodología que se aplicó fue el de Mora Vahrson, en donde se consideró aquellas zonas en las que suscitan los deslizamientos y zonas en donde se presenta una vulnerabilidad o amenaza específica en el área de estudio. En la actualidad este método es el más conocido, pero no aplica un formato estricto a seguir frente a los factores que se pueden considerar en la elaboración del mapa de deslizamientos, por lo que en esta investigación se aplicó la sumatoria de las características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del cantón en estudio.

Posteriormente se realizó la evaluación por ocurrencia de deslizamientos en la zona de estudio, en donde se vio necesario aplicar el método heurístico (SIG), para obtención del análisis espacial de las diferentes coberturas temáticas, tomando en cuenta factores de orden extrínseco e intrínseco, para realizar la superposición de los mapas en donde se obtuvo el diseño de un mapa con zonas de peligro a deslizamientos de tierra.

Finalmente 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” (INDECI, 2015), en donde se definió las áreas seguras y sus procesos de evacuación para la población del Cantón Mira.

5.4. INSTRUMENTOS

5.4.1. Mapas temáticos

En lo que respecta a la elaboración de los mapas temáticos, estos se encuentran distribuidos de manera secuencial (Cobertura Vegetal, Formaciones Geológicas, Litología, Permeabilidad y Precipitación), los mismos que fueron esquematizados a través del siguiente proceso: se efectuó la recopilación de información en formato Shapefile relacionada con cada uno de los factores importantes para el desarrollo de este estudio, en este caso geología, suelos e isoyetas.

Uno de los primeros criterios a considerarse en base a los Shapefiles obtenidos es el de Geología, el cual dentro del proceso tuvo que ser intersecado a través de la herramienta “Intersec” con el mapa base de pendientes, para relacionar la información de manera específica y congruente al área de estudio.

Es importante mencionar que el resultado obtenido de la intersección de estos dos mapas fue un paquete de datos específicos relacionados con la información de área como: nombres, descripciones, áreas, símbolos entre otros., los cuales se proyectaron al ingresar a la herramienta “Attribute table”, en donde se despliega lo antes mencionado con respecto al mapa.

Y finalmente para terminar con el diseño de la cartografía, se procedió a categorizar la información requerida para cada mapa, a través de la opción “Properties”, “Symbolize”, en donde los atributos seleccionados nos proyectaron las unidades específicas correspondiente a la característica del mapa.

5.4.2. Método heurístico

Según Molina (2009), el método heurístico es considerado un proceso de combinación de mapas temáticos, que previamente fueron calificados, para obtención de un mapa final, según corresponda el objetivo de la investigación. Para ello es claro establecer los conocimientos básicos de la zona de estudio, así como de los procesos a aplicarse.

En este caso para la obtención de un mapa enfocado a deslizamientos de tierra, fue importante considerar mapas relacionados a factores intrínsecos que de una forma u otra se involucra en el movimiento de masas, dentro de estos se integran la cobertura vegetal, geología, drenaje y el más importante la pendiente; además fue necesario implicar a los factores extrínsecos los cuales son considerados detonantes naturales, como en este caso la lluvia. La toma de decisiones para establecer una asignación de pesos a cada uno de los factores antes mencionados fue de suma importancia, pues de esta forma se pudo obtener una sumatoria final de susceptibilidad en el campo de estudio, en este caso el cantón Mira.

5.4.3. Método de Mora Vahrson

Según Hervas (2001), uno de los métodos más conocidos a nivel de Centroamérica es el de “MORA Y VAHRSON”, técnica que consiste en realizar un estudio a priori de zonas con grandes extensiones y con presencia de deslizamientos de tierra, usando ciertos indicadores morfodinámicos, los cuales pueden ser aplicados para la obtención de mapas de susceptibilidad a deslizamientos, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Esta metodología consiste en que, a través de la observación y medición de indicadores morfodinámicos, se obtendrá parámetros que previamente serán combinados, y de tal forma mostrarán que tipo de factores son los causantes de inestabilidad en las diferentes áreas de estudio. En este método la aplicación de pesos según sea el rango de importancia de cada parámetro facilitara la obtención del mapa resultante de deslizamientos (Mora & Vahrson, 1991).

Actualmente la efectividad de este método es afirmativa pues no es necesario aplicar gran cantidad de variables, es mejor usar parámetros precisos con la zona de estudio para identificar el riesgo en laderas. En el Ecuador esta metodología es ampliamente usada específicamente por el Instituto Espacial Ecuatoriano con la finalidad de identificar de manera ágil las zonas con mayor peligro de deslizamientos (IEE, s.f).

La ecuación aplicada por Mora Vahrson es la siguiente:

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

Dónde:

Ad: Grado de amenaza de deslizamientos

Rr: Relieve relativo

L: Condiciones litológicas

H: Intensidad sísmica

S: Humedad del suelo

LI: intensidad de lluvias

Este método interviene en la realización de mapas temáticos con la inclusión de dos tipos de factores, tanto condicionantes como desencadenantes, con la finalidad de obtener un mapa de deslizamientos basado en el valor de importancia posicionado a cada variable.

5.5. PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo de la metodología la propuesta que se plantea es basada en el uso del “método heurístico” y el método de “Mora Vahrson”, con la finalidad de obtener el respectivo mapa de deslizamiento correspondiente a la zona del cantón Mira, tomando en cuenta aquellos factores que influyen en el área y el potencial de importancia que tiene cada uno de estos.

Para ello la ecuación propuesta para este estudio es la siguiente:

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

Donde:

D= Índice de susceptibilidad a deslizamiento

Pn= Pendiente

Cv= Cobertura vegetal

Lt= Litología

Pe= Permeabilidad

Ll= Intensidad de lluvia (Precipitación)

En este proceso fue importante establecer aquellos factores determinantes de la zona de estudio, por lo que fueron seleccionadas las variables más representativas, tales como la pendiente, permeabilidad y litología correspondientes a la condición intrínseca; la cobertura vegetal de condición biológica, todas estas dentro de los factores condicionantes, y finalmente la precipitación con una condición hidrometeorológica correspondiente a un factor detonante, tal como se muestra en la siguiente figura:

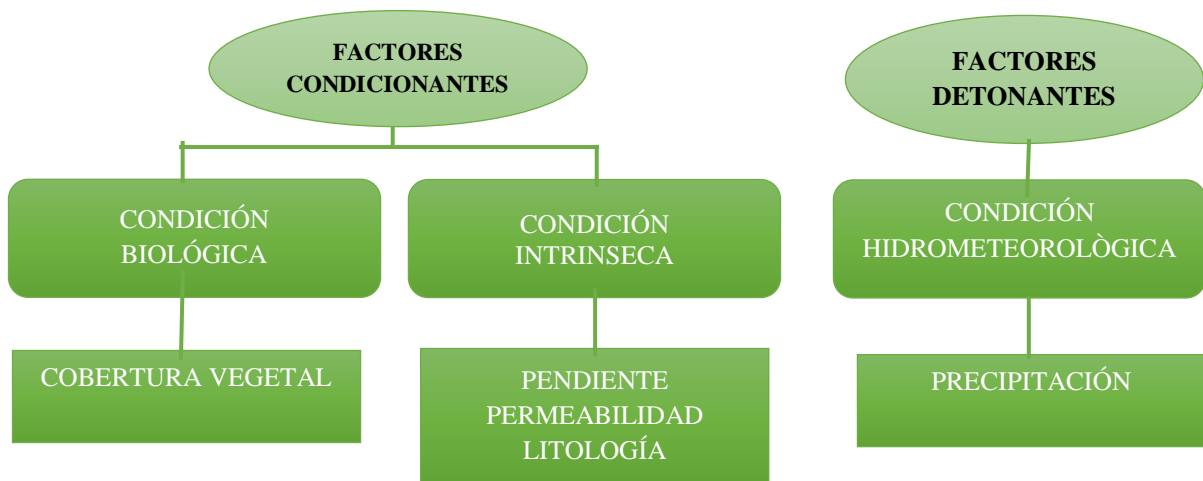


Figura 6. Clasificación de variables consideradas para identificación áreas propensas a deslizamientos.

Fuente y elaboración: La Autora

5.5.1 Valoración de variables

En lo que respecta a los valores a asignarse para cada uno de los factores tanto condicionantes como detonantes, se consideró como criterio clave el grado de importancia con la que cada una de las variables influyen sobre los deslizamientos de tierra en la zona de estudio. Las ponderaciones fueron colocadas a partir del 1 considerado como el de menor atribución a deslizamientos, hasta el número 5 como el de mayor influencia y peligrosidad, este criterio es tomado a partir de las matrices de ponderación de variables establecidas por la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador, en donde califican a cada factor con un peso preestablecido netamente para el territorio nacional.

5.5.1.1 Pendiente

Según Gómez (2013), menciona que para establecer algún tipo de movimiento de masa o deslizamiento de tierra es muy importante considerar a la variable de “pendientes” como el de mayor importancia, al tener una influencia en la inclinación de los terrenos provocando en estos mayor susceptibilidad de deslizamiento, aunque, en algunas zonas no se aplique este criterio pues la presencia de vegetación arbórea, su geología y permeabilidad muchas veces generan estabilidad en los terrenos disminuyendo su inclinación.

En el caso de esta investigación fue importante considerar que la pendiente en la zona tiene una estrecha relación con la historia geológica del lugar. El procedimiento que se aplicó para la obtención del mapa de pendientes referente al área de estudio fue el siguiente:

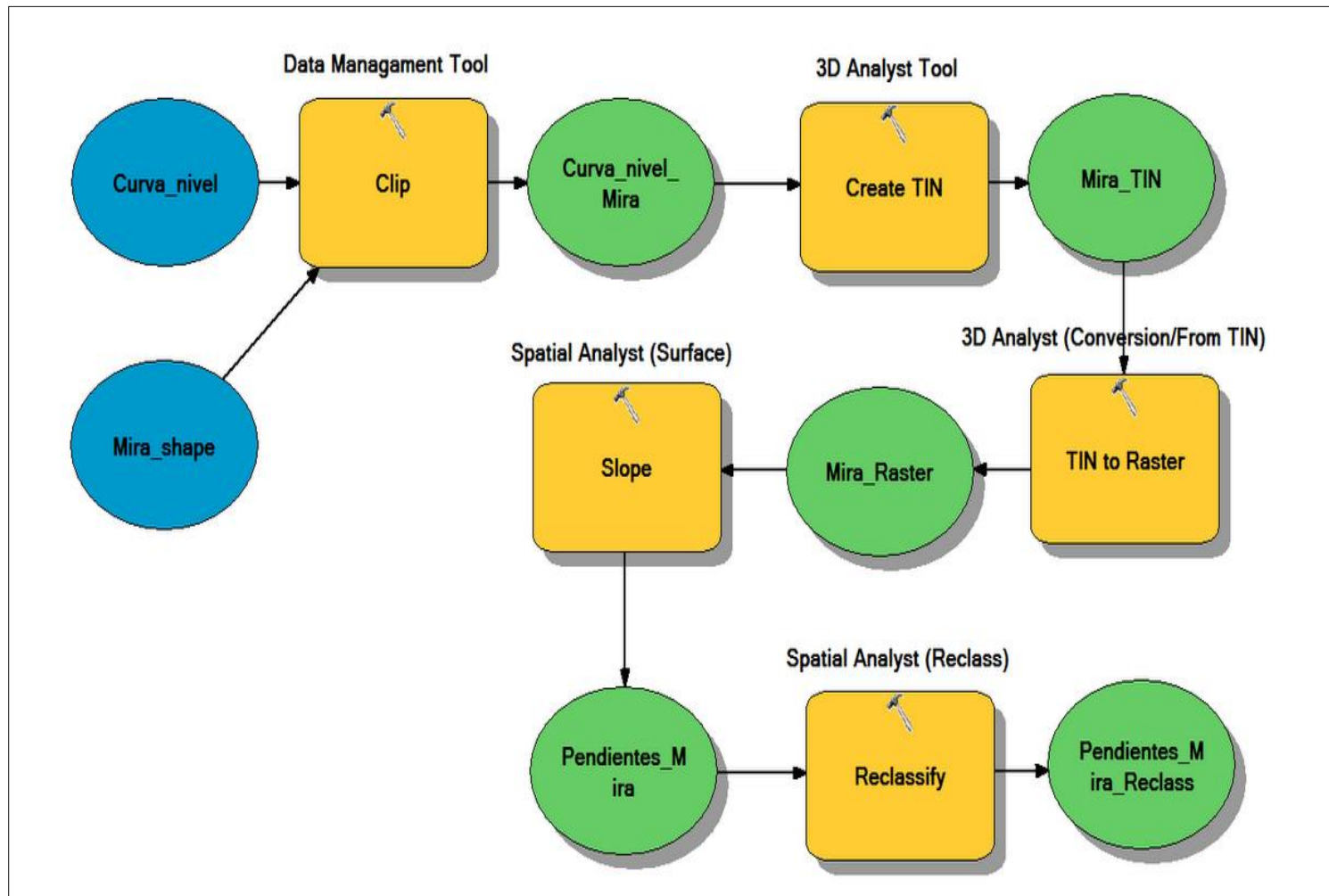


Figura 7. Procedimiento para obtención de mapa de pendientes
Fuente y elaboración: La Autora

Según menciona Lugo (1988), la aplicación de fórmulas aritméticas es una opción para obtener los valores correspondientes a la pendiente y de esta forma adquirir la información necesaria para caracterizar los relieves con relación al grado de inclinación y procesos de erosión, para así identificar las zonas con probables deslizamientos.

Actualmente a nivel nacional, existen varios estudios relacionados con el tema de “Análisis de amenaza por tipos de movimientos de masa” aplicados en diferentes cantones, en todos estos documentos rescatan al factor pendiente como el más predominante frente a los procesos de remoción de tierra, que pueden ocasionarse dependiendo a la magnitud gravitacional que presente una ladera. Por lo que dentro de esta investigación se puede asegurar en un 50% la posibilidad de que se efectúe un deslizamiento, pues la pendiente es un factor clave en este proceso.

Tabla 5

Categorización del factor pendiente

Rango (%)	Clase	Descripción
0-12	1	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	Relieves medianamente ondulados o moderadamente disectados.
>25-40	3	Relieves mediana a fuertemente disectados.
>40-70	4	Relieves fuertemente disectados.
>70-100	5	Relieves muy fuertemente disectados.
>100-150	6	Relieves escarpados.
>150-200	7	Relieves muy escarpados.
>200	8	Zonas mayores a 200% en el mapa de pendientes.

Fuente: Adaptado de CLIRSEN (2012). Tabla de atributos del mapa de geomorfología.

Tabla 6

Valores de ponderación para el factor pendiente

Rango (%)	Descripción	Calificativo	Valor
0-5	Plano Casi Plano	Bajo	1
5-15	Suave O Ligeramente Ondulada	Mediano	2
15-25	Medianamente Ondulado	Moderado	3
25-35	Medianamente disectados	Alto	4
>35	Fuertemente disectados	Muy alto	5

Elaborado por: La Autora

5.5.1.2 Cobertura vegetal

Según Suárez (1998), define al término cobertura vegetal como una capa importante de vegetación que se encuentra ubicada sobre la capa de la superficie terrestre, la cual se caracteriza por incluir una amplia gama de biomasas tanto de aspecto ambiental como fisionómico, que dentro de la naturaleza se localizan como pastizales hasta bosques naturales. La acción humana también intervine en la formación de la cobertura vegetal pues existen amplias extensiones de terreno con presencia de cultivos que transforman el estado físico de un entorno natural.

El mismo autor menciona que, a lo largo de los años el debate sobre la acción que tiene la vegetación frente a taludes ha aumentado, pues muchos criterios radican en que el efecto que tiene la cobertura vegetal es positiva, ya que la presencia de plantas ayudan a fortalecer y estabilizar el suelo disminuyendo el riesgo de deslizamientos por problemas de erosión, sin embargo es importante considerar que no todas las especies vegetales ayudan en este proceso, solo aquellas que presentan características favorables en sus raíces, así como también su edad. La profundidad que tienen algunas especies con relación a su raíz es de 5 metros en árboles, 2 metros en algunos arbustos y 30 centímetros en pastos. No se debe olvidar que las propiedades del suelo juegan un papel importante para la estabilidad de la vegetación (Suárez, 1998).

Tabla 7

Valorización del factor de cobertura vegetal

Categoría	Calificativo	Descripción
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	Baja cobertura	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 semipermanent		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: Adaptado de CLIRSEN. Tabla de atributos de mapa de uso y cobertura

Tabla 8

Ponderación para el factor de cobertura vegetal

Categoría	Descripción	Calificativo	Pond.
Bosque Nativo	Ecosistema arbóreo, compuesto por arboles de especies nativas con variedad de tamaño, que se encuentran regenerados por sucesión natural.	Muy Alta protección	1
Plantación Forestal	Caracterizada por ser una masa arbórea, que es establecida con una o más especies forestales.	Muy Alta protección	1
Cuerpos de Agua	Área que se encuentra cubierta de agua estática o en movimiento, natural o artificial que reposa sobre la superficie terrestre por todo o una parte del año.	Muy Alta protección	1
Páramo	Presenta vegetación tropical alto andino con especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.	Muy Alta protección	1
Vegetación Arbustiva	Áreas con especies leñosas nativas no arbóreas. Conocidas también como matorral con cobertura densa.	Alta protección	2
Vegetación Herbácea	Áreas con especies herbáceas nativas que no necesitan de cuidados especiales, y al ser de espontáneo crecimiento son usadas para pastoreo.	Alta protección	2
Área Poblada	Área destinada al establecimiento de viviendas, edificios y servicios públicos de una población.	Alta protección	2
Infraestructura	Infraestructura civil que contempla el establecimiento de transporte, comunicación, agroindustrial y social.	Alta protección	2
Pastizal	Vegetaciones herbáceas que requieren de manejo y labores de cultivo para su conservación. Compuesta por leguminosas y gramíneas introducidas.	Mediana protección	3
Mosaico Agropecuario	Agrupaciones de cultivos no individualizados (mezclados entre sí), que pueden estar asociadas con vegetación natural.	Mediana protección	3
Cultivos	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo puede ser estacional o de un periodo duradero.	Baja protección	4
Erial/ Sin Cobertura Vegetal	Áreas privadas de vegetación natural, que por sus propiedades no son de uso agropecuario o forestal.	Muy Baja protección	5

Fuente: (CLIRSEN, 2012)

Elaborado por: La Autora

5.5.1.3 Litología

La litología es un factor importante en el campo de la geología, pues se refiere básicamente a la composición de las formas de relieve, siendo necesario la descripción de las rocas que lo componen. Dependiendo de la formación rocosa que se presenta en la naturaleza, se puede llegar a clasificar por sus características físicas destacando a la permeabilidad como un factor de inestabilidad en una unidad litológica, llegando a convertirla en un causante de deslizamientos, por esta razón es importante ser lo más específico posible en la caracterización de las rocas (Centeno & Rosales, 2009, p. 54).

Es fundamental entender que las rocas se comportan de manera concreta ante la erosión, la variación de clima, e incluso los empujones tectónicos, ocasionando un cambio en la formación de los relieves. Según Mora & Vahrson (1993) 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 9

Calificación del factor litológico

Unidad Litológica	Características físico mecánicas típicas	Grado de Susceptibilidad	Ponderación
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 & Vahrson, 1993) . Tabla de calificación factor litológico.

Tabla 10

Ponderación del factor de litología

Formación Geológica	Litología	Calificativo	Ponderación
Sedimentos San Jerónimo	Areniscas, Lutitas chertosas, Calizas, Grauvaca	Muy Bajo	1
Rocas Intrusivas	Granodiorita, Tonalita	Muy Bajo	1
Rocas Graníticas Indiferenciadas	Rocas Graníticas Indiferencias, Granodiorita	Muy Bajo	1
Formación San Tadeo	Brechas, Toba	Muy Bajo	1
Volcánicos Piñuelas	Lavas, Andesitas	Bajo	2
Volcánicos de Chuquiragua y Volcánicos de Imbabura	Lavas. Andesitas piroxénicas	Bajo	2
Volcánicos Peña Blanca	Andesita piroxénica	Bajo	2
Sedimentos Chontal	Lutitas negras, Areniscas, filitas	Medio	3
Volcánicos indiferenciados	Piroclásticos	Medio	3
	Brecha volcánica	Medio	3
Terraza indiferenciada	Terrazas (1-3)	Medio	3
Grupo Chota	Conglomerado, Brecha arenisca	Alto	4
Formación Silante	Dactia, Lutitas violáceas, Areniscas, conglomerado	Alto	4
Formación Sedimentaria	Depósito aluvial	Muy Alto	5
Formación Sedimentaria	Depósito coluvial	Muy Alto	5

Elaborado por: La Autora

Tabla 11

Ponderación del factor de permeabilidad

Permeabilidad	Ponderación
Moderado	2
Bueno	3
Excesivo	5

Elaborado por: La Autora

5.5.1.4 Precipitación

Según Aristizábal & Yokota (2006), la precipitación es un evento hidrometeorológico que a causa de los cambios climáticos está sufriendo un incremento en la intensidad y frecuencia de su estado. Este factor se encuentra involucrado principalmente en la variación de los procesos geomorfológicos dinámicos, como menciona el autor, la precipitación puede favorecer en un periodo de 24 horas el desencadenamiento de peligros naturales tales como los procesos de remoción de masa, inundaciones que a largo plazo contribuyen a la erosión superficial, provocando un aumento en pérdidas económicas, sociales y de infraestructura.

Este fenómeno de orden natural puede ser registrado mediante el uso de un pluviómetro o pluviógrafo, en donde el resultado obtenido en milímetros representa al espesor de la lámina de agua a formarse en un área, para ello su evaluación se ejecuta en un periodo de tres meses o de manera anual, tomando en cuenta los datos de precipitación de años anteriores. Pues de esto depende el inicio o la paralización de las actividades del hombre dentro del campo agrícola, pudiendo afectar o contribuir con su desarrollo productivo (Fernandez, 1995).

Es importante mencionar que la precipitación no actúa sola si se habla de su efecto en el movimiento de masas, pues la cobertura vegetal, pendiente y permeabilidad contribuyen como valor crítico para conducir la activación de deslizamientos en una zona. Una explicación clara sobre esta temática es que al haber un aumento de lluvia en un área donde la cantidad de vegetación es limitada, y por ende la pendiente aumenta, el resultado es un incremento en la humedad del suelo, provocando mayor susceptibilidad a que ocurra un deslizamiento de tierra. Con lo antes mencionado, y considerando a la precipitación como

un factor detonante, esta investigación se asoció en el uso de shapefiles de precipitación media anual del cantón en estudio.

Tabla 12

Ponderación del factor de precipitación

Rango (mm)	Ponderación
0-500	0
500-750	1
750-1000	1
1000-1250	2
1250-1500	2
1500-1750	3
1750-2000	3
2000-2500	4
2500-3000	4
3000-4000	5
4000-5000	5

Elaborado por: La Autora

5.5.2 Diseño del modelo conceptual “model builder” en sistemas de información geográfica

Como un paso importante para la obtención del mapa de deslizamientos de tierra, fue indispensable desarrollar un modelo conceptual “model builder”, el cual permite a través del programa informático ArcGIS analizar, ordenar y ejecutar una simulación del procedimiento realizado para cada factor en estudio, desplegando de manera ordenada todas las herramientas aplicadas durante el proceso, y obteniendo como efecto un diseño similar a un diagrama de flujo. Esta herramienta facilita la predicción de los resultados vinculados con los datos aplicados en la metodología. Según Gómez *et al.*, (2013) “Model Builder” puede considerarse actualmente como una herramienta de lenguaje de programación visual para establecer flujos de trabajo.

Para este diseño se aplicó primeramente el procesamiento de la información del factor condicionante y detonante en SIG, para ello se usó shapefiles o capas específicas de cada variable en estudio; seguidamente se procedió a ejecutar en el modelo la sucesión de cada uno de los pasos aplicados con las herramientas establecidas en el proceso, para finalmente obtener una secuencia ordenada de los procedimientos integrados para generar los mapas de deslizamientos de tierra en la zona de estudio, en este caso en cantón Mira.

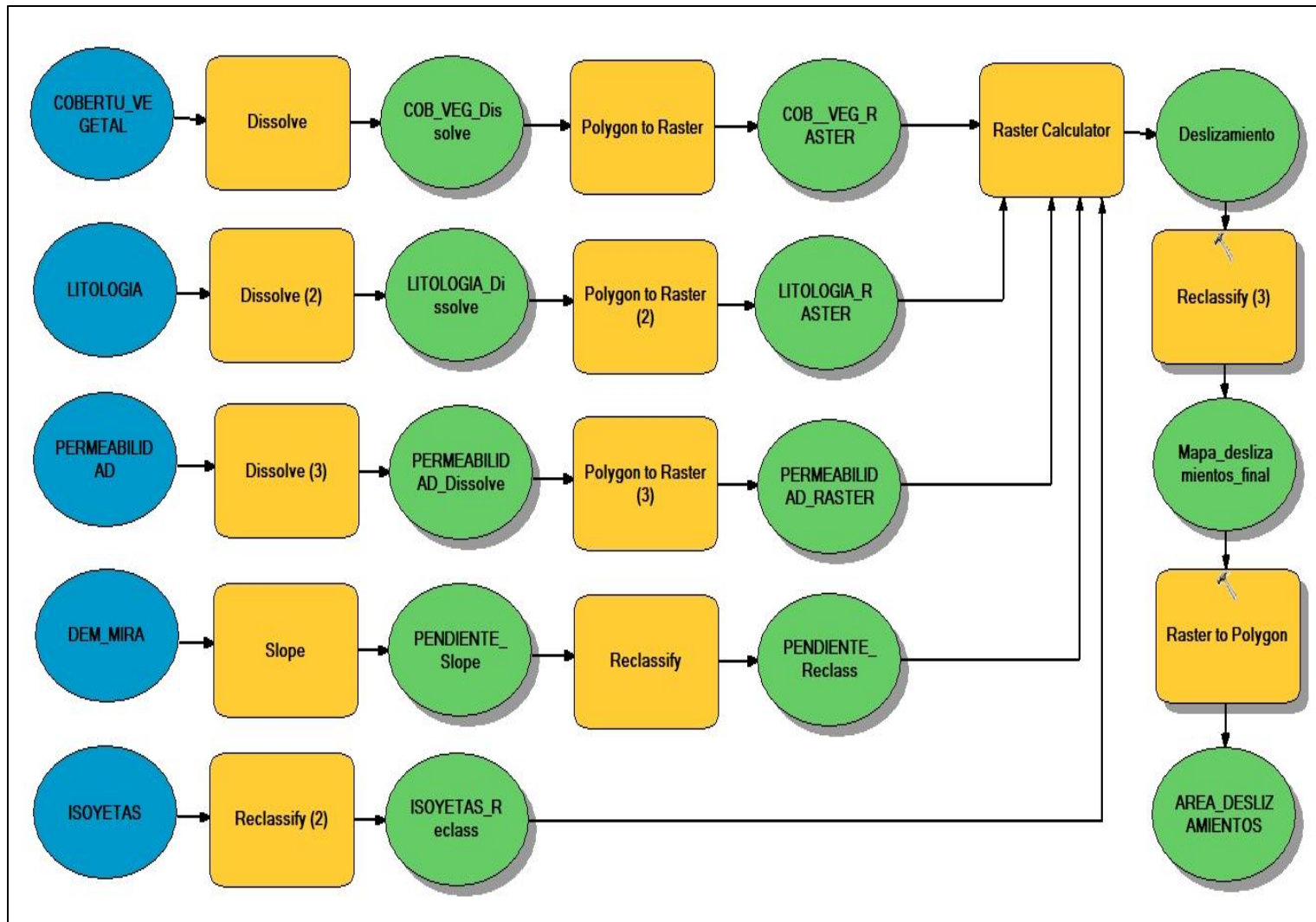


Figura 8. Diseño del Model Builder para obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

Fuente y elaboración: La Autora

5.5.3 Identificación de sitios específicos de seguridad

Actualmente el Ecuador no presenta una normativa que abarque procedimientos claros sobre el establecimiento de zonas seguras frente a desastres naturales, es por ello que se ha considerado las disposiciones generales establecidas por la Cruz Roja Internacional para la identificación y planificación de rutas de evacuación. Es importante mencionar que el Ecuador adopta otras guías y manuales establecidos en otros países vecinos, como es este caso Perú, el cual a través del Instituto Nacional de Defensa Civil elaboró 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” (INDECI, 2015), con el que se logró realizar la identificación específica de las áreas seguras frente a deslizamientos de tierra, tomando en consideración las siguientes disposiciones establecidas a continuación:

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 INDECI (2015), para el establecimiento de rutas y zonas seguras, se debe considerar las siguientes disposiciones:

- Todas las zonas seguras deben estar ubicadas en dirección contraria a la zona con posible riesgo natural.
- Para escoger las zonas seguras, es importante considerar que su ubicación se encuentre lejos de áreas asociadas a peligros antrópicos y naturales, además de evitar la instalación de albergues en suelos con abundante retención de agua, pues pueden convertirse en lugares pantanosos e inestables en épocas lluviosas.
- La topografía que se debe considerar para la selección de las zonas seguras debe ser de suave pendiente para facilitar el drenaje en caso de lluvias, y evitar el uso de campos situados en lugares con pendientes elevadas, pues el tiempo de recorrido para la evacuación aumentara junto con el riesgo hacia la población.
- Las condiciones sanitarias deberán estar tanto biológica, ecológica y ambientalmente favorables para la población principalmente en el acceso a fuentes de agua.
- Para determinar el área adecuada que debe ocupar una persona dentro de las zonas seguras, se debe considerar un espacio de 1 m² por persona, aun así, en caso de emergencias el área a considerar es de 0.36 m² hasta 0.25 m².

Por otro lado, INDECI (2006), en el “Protocolo para instalación de Albergues”, menciona que las condiciones básicas que se deben considerar en la instalación de albergues son las siguientes:

- Se debe evitar la instalación de albergues en terrenos con excesiva vegetación, o al menos desbrozar los matorrales para impedir el acceso a roedores, insectos y reptiles, que afecten la estadía de la población.
- Los terrenos deberán contar con protección natural frente a condiciones meteorológicas, es decir evitando áreas inundables o cerros inestables.
- Se debe evitar la instalación de albergues en zonas adyacentes a infraestructuras comerciales o industriales, para evitar la contaminación por ruido, aire y molestias de tránsito vehicular.

- En el caso de damnificados las hectáreas para su disposición deberían estar entre una a dos hectáreas por cada 500 personas.

Tomando en consideración lo antes mencionado, el trabajo final constará con un mapa cartográfico denominado “Zonas de Seguridad”, en el cual se identificará la información necesaria sobre el establecimiento de las zonas seguras con sus respectivas rutas de evacuación frente a riesgos naturales.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 MAPAS TEMÁTICOS

6.1.1 Pendiente

El mapa de factor de “pendiente” anexado a continuación en la (Figura 10), se lo realizó a partir del modelo digital de la superficie del terreno, usando los respectivos shapefiles correspondientes a curvas de nivel las cuales fueron procesadas a través del programa informático ArcGis 10.5.1, tal como se planteó en la metodología, obteniendo así el mapa de pendientes de la zona de estudio. Es importante mencionar que para la clasificación de los datos se consideró la Tabla 5. de pendientes realizada por la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador, en donde la reclasificación para la región sierra se sitúa entre el rango 0 a 70° sexagesimales, por lo que para esta investigación se tomó en cuenta el mismo criterio, pero con una reclasificación de rango 0 a 35°, esto con la finalidad de mejorar la visualización de las pendientes en el mapa temático.

Con lo mencionado anteriormente las clases obtenidas para este estudio fueron las siguientes: 0-5° considerado como un relieve plano o casi plano (pendiente suave), 5-15° correspondiente a un relieve suave o ligeramente ondulado (pendiente moderada), 15-25° considerado como un relieve medianamente ondulado (pendiente fuerte), 25-35° principalmente un relieve con medianamente disectado (pendiente muy fuerte), >35° un relieve considerado como fuertemente disectado (pendiente vertical o subvertical). La (Tabla 13) explica de manera clara la reclasificación de este factor.

Tabla 13

Distribución de las clases de pendientes

N.º	Rango (º)	Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	0 - 5	Plano Casi Plano	5884.02	10.10
2	5 - 15	Suave O Ligeramente Ondulada	18564.57	31.87
3	15 - 25	Medianamente Ondulado	16953.48	29.10
4	25 - 35	Medianamente disectados	12326.67	21.16
5	> 35	Fuertemente disectados	4523.13	7.76
TOTAL			58251.87	100

Elaborado por: La Autora

A continuación en la siguiente figura se presenta la distribución porcentual del factor pendiente, en donde predomina con mayor extensión el 31.87% del territorio con relieve suave o ligeramente ondulado, seguidamente la zona ocupa una superficie del 29.10% de suelos medianamente ondulados, a continuación el 21.16 % ocupa pendientes medianamente disectadas en el área de estudio, el 10.10% es equivalente a relieves planos o casi plano, y finalmente el área con menor territorio cantonal ocupado el 7.76 % es ocupado por pendientes fuertemente disectadas.

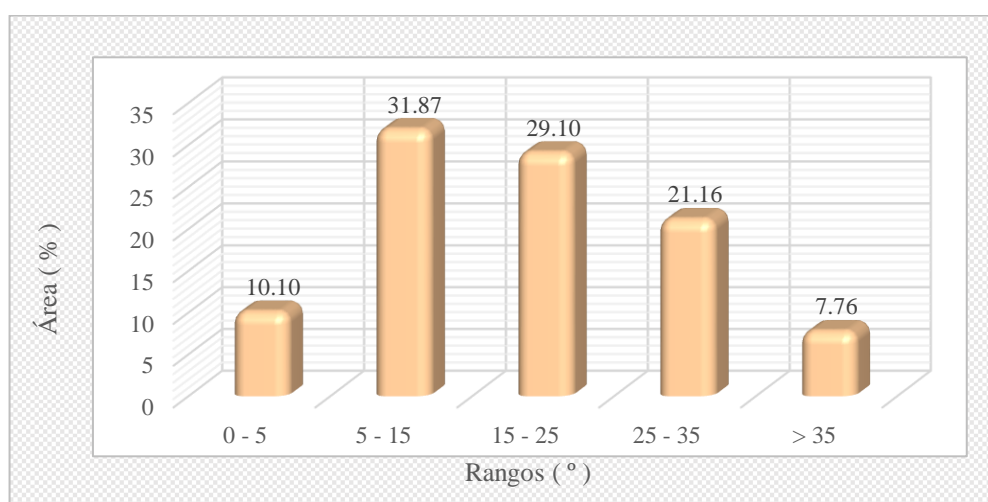


Figura 9. Distribución gráfica de la pendiente de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.

Fuente y elaboración: La Autora

Como resultado final una vez analizado los datos, se puede afirmar que en el Cantón Mira existe mayor predominancia de pendientes suaves o ligeramente onduladas, extendidas a lo largo del territorio, y en tanto las pendientes con menor extensión son las de relieve fuertemente disectadas, de acuerdo con la clasificación antes mencionada.

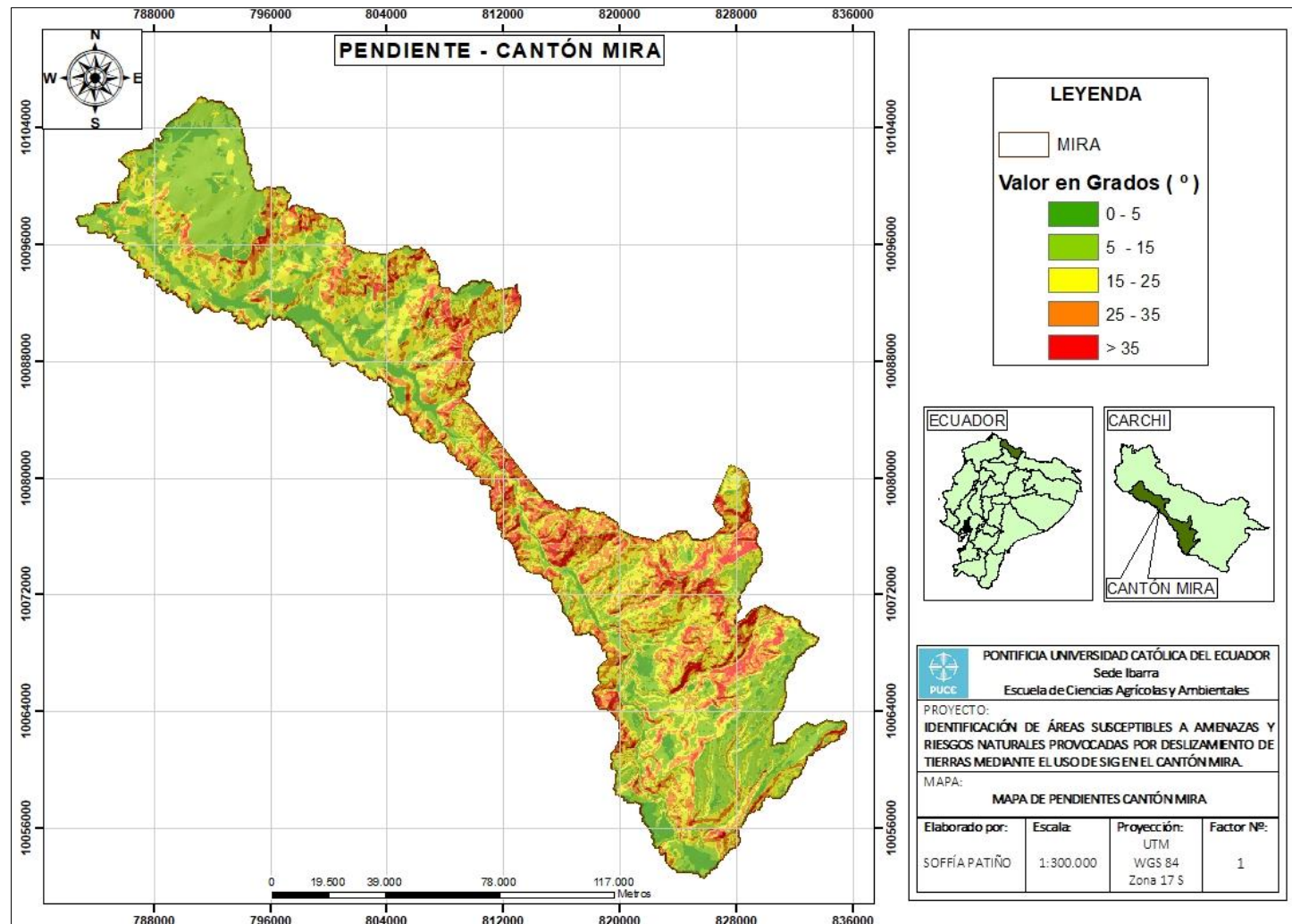


Figura 10. Mapa de Pendientes del Cantón Mira

Fuente y elaboración: La Autora

6.1.2 Geología

El Cantón Mira se caracteriza por estar conformado de varias formaciones geológicas en donde se integran: Volcánicos de Chuquiragua, Imbabura, Piñuelas, Peña Blanca e indiferenciados, además de Formaciones como Silante y San Tadeo, Formaciones sedimentarias coluviales y aluviales, Grupo Chota, Sedimentos Chontal y San Jerónimo, Rocas intrusivas y graníticas, y finalmente terrazas indiferenciadas. Estas formaciones geológicas se encuentran distribuidas a lo largo de la zona urbana y rural, eso explica su extensa variación geológica.

6.1.3 Formaciones Geológicas

El mapa de factor de “formaciones geológicas”, anexado a continuación en la (Figura 12), se lo realizó a partir de los shapefiles adquiridos en el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi, donde la información procesada a una escala de 1:300.000, permitió identificar las diferentes formaciones ubicadas en la superficie del cantón en estudio. Es importante mencionar que las descripciones establecidas para cada una de las formaciones fueron adaptadas del “Levantamiento Geológico de Maldonado” realizado por el Instituto Ecuatoriano de Minería (1986).

A continuación, una breve descripción de las formaciones geológicas identificadas:

Tabla 14

Formaciones Geológicas de la zona de estudio

N.º	Formación	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Formación sedimentaria aluvial	1017.77	1.74
2	Formación sedimentaria coluvial	1556.64	2.67
3	Formación San Tadeo	17226.92	29.57
4	Formación Silante	1659.9	2.84
5	Grupo Chota	1849.82	3.17
6	Rocas graníticas indiferencias	99.14	0.17
7	Rocas intrusivas	2406.13	4.13
8	Sedimentos Chontal	2185.74	3.75
9	Sedimentos San Jerónimo	6025.9	10.34
10	Terrazas (1-3)	793.98	1.36
11	Volcánicos de Chuquiraguas y volcánicos del Imbabura	19394.35	33.29
12	Volcánicos indiferenciados	1801.11	3.09
13	Volcánicos Peña Blanca	900.99	1.54
14	Volcánicos Piñuelas	1336.76	2.29
	TOTAL	58255.15	100

Elaborado por: La Autora

Formaciones Sedimentarias: Este tipo de formaciones se encuentran compuestas principalmente por suelos de origen aluvial y coluvial, los cuales son transportados durante el movimiento del agua y depositados al final de una pendiente o ladera, por lo que son muy propensos a originar suelos con mucha erosión y deslizamientos (Suárez, 1998). Este tipo de formaciones sedimentarias abarcan un total de 2574.41 ha dentro de la zona de estudio.

Formación San Tadeo: La formación de San Tadeo es producto del arrastre ocasionado por deshielos desde la parte alta de la Cordillera Occidental, y que por la erosión han llegado a formar superficies planas cobijando completamente las formaciones originales, en lo que respecta a la litología se encuentra compuesto por brechas, tobas y clastos de variada composición, que generalmente se los puede observar como cuerpos ígneos a causa de la

erosión. Muchas de las rocas sufren alteración especialmente las que se encuentran en la parte superficial convirtiendo los fedelpastos en caolín. Esta formación se ubica en una extensión de 17226.92 ha sobre la superficie del cantón en estudio.

Formación Silante: Esta formación se caracteriza por estar recubierta de volcánicos terciarios, y su litología se integra principalmente por dactias, lutitas violáceas, areniscas, conglomerados; su periodo geológico se encuentra en la edad cretácica, y a nivel del cantón Mira se ubica en una extensión de 1659.9 ha.

Grupo Chota: Esta formación geológica se encuentra compuesta principalmente de conglomerados y brechas areniscas, en ocasiones también se sitúan calizas con características físicas muy finas. En el cantón de estudio esta formación geológica ocupa una superficie de 1849.82 ha extendidas a lo largo del territorio.

Rocas graníticas indiferencias: 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 (Deslizamientos y estabilidad, s.f). Estas rocas ocupan una extensión de 99.14 ha en la superficie de la zona de estudio.

Rocas intrusivas Granodiorita, Tonalita: Según Suárez (1998), este tipo de cuerpos se encuentran compuestos por abundantes rocas de granito, monzonita, cuarzo-diorita, granodiorita y tonalita, por lo que es diferenciado por ser un posible intrusivo palingenésico, una característica especial sobre esta formación es que tiene una estrecha relación con la mineralización de la zona especialmente para la clase de polimetales. Dentro del área de estudio abarca una superficie de alrededor de 2406.13 ha.

Sedimentos Chontal: Se caracterizan por poseer una buena estratificación, además de que su deposición es menos profunda con relación a otros sedimentos, por lo que el tamaño del grano presenta características batiales y abisales, su litología es muy variada y comprende arcillas negras, lutitas negras, areniscas filitas, argilitas grises y turbiditas. En la zona de estudio comprende una extensión de alrededor de 2185.74 ha.

Sedimentos San Jerónimo: Esta 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”. A nivel geológico forma parte de la edad cretácea media, y en la superficie del área de estudio abarca alrededor de 6025.9 ha.

Terrazas indiferenciadas: 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 pleistocena. En la zona de estudio se extiende en 793.98 ha aproximadamente en la parte sur del cantón Mira.

Volcánicos de Chuquiraguas y volcánicos del Imbabura: 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 Mira, litológicamente está compuesto por lavas de color gris oscuro y abundante cantidad de piroclastos, además presenta lavas de andesitas silicificadas y piroxénicas. Dentro del mapa geológico cantonal esta formación corresponde a 19394.35 ha de la superficie.

Volcánicos Peña Blanca: Según el Instituto Ecuatoriano de Minería (1986), esta formación se encuentra fácilmente sobre las rocas mesozoicas provenientes de la Cordillera Occidental, y se caracterizan por estar cubiertos en la parte norte por los volcanes Chile y Cerro Negro, al parecer su origen proviene de un estratovolcán que por efectos de erosión está totalmente irreconocible. A nivel litológico se encuentra compuesto por andesitas piroxénicas que se pueden identificar por el color gris claro u oscuro, en ocasiones tiene a presentar una alteración semejante al color café. Es geológicamente es considerada de la edad pliocénica, y que dentro del cantón en estudio abarca una extensión de 900.99 ha.

Volcánicos Piñuelas: La formación geológica denominada Volcánicos de Piñuelas adopta este nombre por el sector Piñuelas localizado al Suroriente del cantón, litológicamente se encuentra compuesto por lavas, andesitas que en su matriz poseen microlitos de plagioclasa y se caracteriza por ubicarse geológicamente en la edad de plioceno inferior. Esta formación se sitúa en 1336.76 ha dentro del cantón Mira.

Volcánicos indiferenciados: Son depósitos considerados como eólicos, que dentro del cantón se pueden observar pequeños remanentes de este material, litológicamente está compuesto por piroclásticos, debido a que descienden de las partes altas de la Cordillera Occidental, esta formación abarca alrededor de 1801.11 ha dentro de la zona de estudio.

Con el análisis realizado anteriormente sobre la distribución de las formaciones geológicas por hectáreas en la zona de estudio, se presenta en la (Figura 11) el nivel porcentual de cada unidad destacando con un 33.29 % a los Volcánicos Chuquiraguas y Volcánicos del Imbabura situados en la zona sur del cantón, seguidos con un 29.6 % de las Formaciones de San Tadeo ubicados en la parte norte la zona, a diferencia de las Rocas Graníticas Indiferenciadas las cuales presentan un 0.17 % ubicándolas como la formación geológica menos predominante en el territorio, tal como se muestra a continuación:

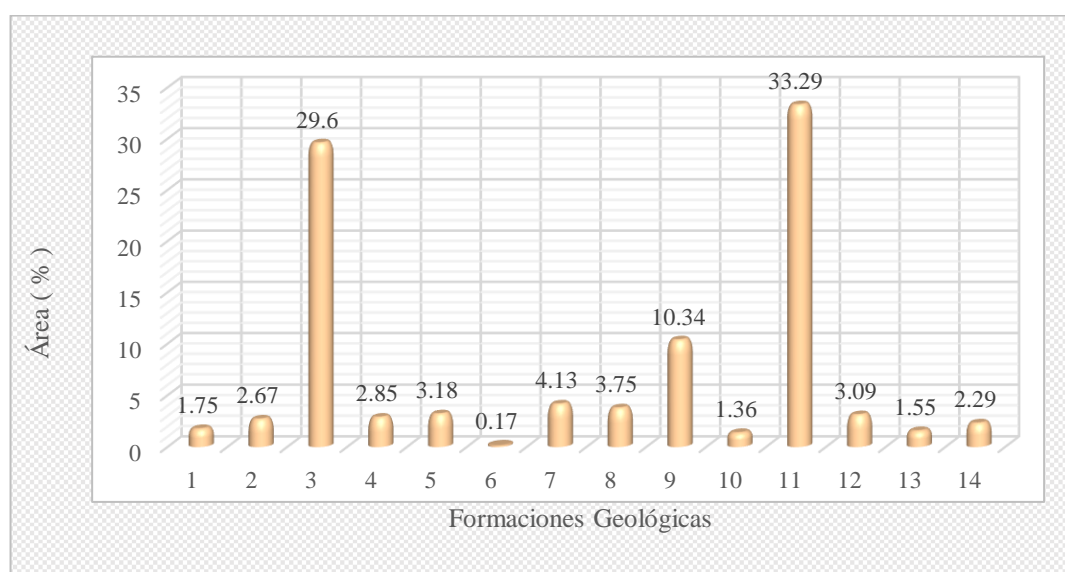


Figura 11. Distribución gráfica de las formaciones geológicas de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.

Fuente y elaboración: La Autora

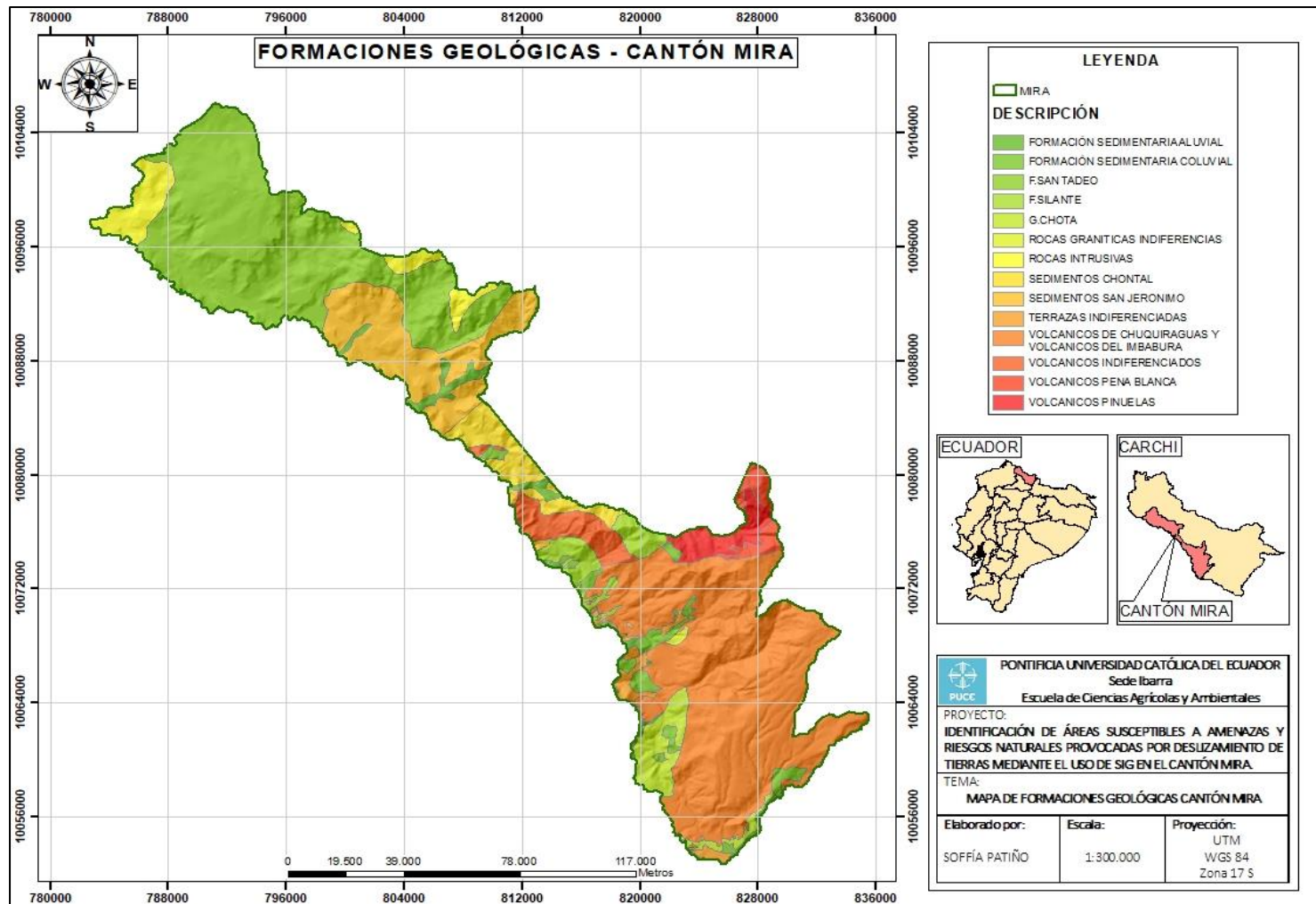


Figura 12. Mapa de Formaciones Geológicas del Cantón Mira

Fuente y elaboración: La Autora

6.1.4 Litología

En la elaboración del mapa litológico del cantón Mira (Figura 14), fue importante considerar los Shapefiles adquiridos en el SNI en el campo de hidrogeología, para asegurar de esta forma que la información es confiable. Dentro de la descripción de cada unidad geológica identificada en la zona de estudio, se tomó como referencia el Catálogo Nacional de Objetos Geográficos Versión 2.0 (IEE, s.f). A continuación, en la (Tabla 15), se identifica de manera específica la superficie que abarca cada unidad litológica dentro del territorio cantonal.

Tabla 15

Unidades Litológicas de la zona de estudio

N.º	Litología	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Andesita Piroxénicas	900.99	1.55
2	Areniscas, Lutitas Chertosas, Calizas, Grauvaca	6025.9	10.34
3	Brecha volcánica indiferenciada	141.68	0.24
4	Brechas, Toba	17085.24	29.33
5	Conglomerado, Brecha Arenisca	1849.82	3.18
6	Dacita, Lutita Violaceas, Areniscas, Conglomerado	1659.9	2.85
7	Depósito aluvial	1017.77	1.75
8	Depósito coluvial	1556.64	2.67
9	Granodiorita, Tonalita	2406.13	4.13
10	Lavas, Andesitas	1336.76	2.29
11	Lavas, Andesitas Piroxénicas	19394.35	33.29
12	Lutitas negras, Areniscas, Filitas	2185.74	3.75
13	Piroclásticas	1801.11	3.09
14	Rocas Graníticas indiferencias	99.14	0.17
15	Terrazas (1-3)	793.98	1.36
	TOTAL	58255.15	100

Elaborado por: La Autora

Andesita Piroxénicas: El cantón Mira en su superficie geográfica se encuentra constituido por unidades litológicas denominadas andesitas piroxénicas, que según el “Catálogo

Nacional de Objetos” IEE (s. f) son “rocas que presentan una composición mineral de plagioclasa y ferromagnésicos” (p.398). Generalmente se caracterizan por ser rocas que a simple vista son de grano fino, según Suarez (2013), estas unidades se diferencian por su color marrón que es muy común encontrar en zonas volcánicas. Dentro del área de estudio se extiende aproximadamente en 900.99 ha, ubicándose dentro de las unidades litológicas con menos predominancia en el territorio.

Areniscas: Unidades litológicas que se caracterizan por presentar una “textura clástica, en donde sus granos pueden ser finos o gruesos dependiendo de su naturaleza; debido a la cantidad de hierro que posee su color tiende a variar entre verde grisáceo, rojo, marrón y amarillo” (IEE, s.f, p. 400). Las areniscas generalmente son resistentes, pero si su cementación se encuentra en un estado pobre tienden a ser relativamente débiles, exponiéndolas así a movimientos de masas. En la zona de estudio abarca una extensión de 6025.9 ha, en donde además se integran las unidades litológicas de lutitas, calizas y grauvacas descritas a continuación.

Lutitas: Según Suarez (2013), este tipo de rocas se encuentran compuestas por grandes cantidades de arcillas, convirtiéndolas en los materiales más complejos dentro de la permanencia y estabilidad de un talud, pueden presentarse dentro de estas las arcillolitas las cuales abarcan un alto contenido de material arcilloso, lo que las hace muy susceptibles a deslizamientos y procesos de erosión.

Calizas: Esta unidad litológica esta “compuesta por rocas sedimentarias que contienen alrededor del 50% de carbonato de calcio, que las hace físicamente duras y compactas” (IEE, s.f, p. 401). Las calizas pueden llegar a presentar colores en tonalidad gris azulado, además de blanco u otras variaciones; se caracterizan por formar cavernas a manera de conductos en donde se almacena agua subterránea, por lo general la precipitación pluvial actúa en la topografía infiltrándose en estas fracturas.

Grauvaca: Según el “Catálogo Nacional de Objetos” IEE (s. f), son denominadas también como arenas coherentes, las cuales presentan una variación en su coloración tendiendo a ser bastantes oscuros, verdosos, grises e incluso pardos; su textura es clástica compuesta por

abundante arcilla, generalmente sus componentes son fedelpastos, cuarzo y fragmentos de rocas con matriz limosa.

Brecha volcánica indiferenciada: Es la segunda unidad litológica con menos extensión en el cantón Mira, ocupa alrededor de 141.68 ha y se caracteriza por presentar un color rosa claro, su textura está compuesta por material areno arcilloso esto debido a la cantidad de clastos de rocas ignimbríticas (CONAGUA, 2006).

Toba: Este tipo de roca corresponde a la segunda unidad litológica más predominante de la zona de estudio la cual presenta una extensión de 17085.24 ha, Según Suarez (2013), las tobas son consideradas rocas de textura suave y porosa, que tiene origen en los volcanes en erupción, su composición en algunas ocasiones es de depósitos materiales de arcillas inestables, que en el caso de laderas aumenta la susceptibilidad de deslizamientos.

Brechas: Según el IEE (s.f) “este tipo de rocas pertenecen a la clase de ruditas coherentes, caracterizadas por presentar un color variable y textura compuesta de fragmentos angulosos de roca, en donde es muy difícil encontrar restos de fósiles” (p. 401). Dentro del cantón Mira las brechas se distribuye en la misma superficie de la unidad litológica mencionada anteriormente como lo es las tobas.

Conglomerado: Son rocas sedimentarias que presentan gran cantidad de granos gruesos que por su condición redondeada son denominados conglomerados, su textura generalmente es porosa por lo que pueden llegar a formar acuíferos, en lo que respecta a laderas este tipo de rocas son bastante resistentes debido a su cementación lo que impide que los cortes de pendientes sean susceptibles a deslizamientos, pues tiene un efecto de refuerzo en la masa de la roca (Suarez, 2013). Esta unidad litológica se extiende en 1849.82 ha dentro de la zona de estudio.

Dacita: Son denominadas rocas magmáticas o efusivas, compuestas generalmente de plagioclasa y cuarzo; físicamente presenta colores de tonalidad gris en rango medio, con una textura densa y fluidal (IEE, s. f). En el mapa cantonal esta unidad litológica se distribuye en 1659.9 ha.

Depósito aluvial: Son suelos transportados por el movimiento del agua que generalmente se depositan cuando esta ha disminuido su velocidad. Su composición es de arcilla, razón por la cual la permeabilidad es mayor en la dirección horizontal y menor en la vertical, provocando así que sus compuestos sean blandos y en el caso de las arenas sean sueltos. Su textura presenta poca cementación generando procesos de erosión. En ocasiones estos suelos forman terrazas altas cuando se encuentran cementados originando niveles freáticos colgados, haciéndolos susceptibles a deslizamientos (Suarez, 2013). En la zona de estudio abarca una extensión de 1017.77 ha, y su distribución se localiza en la parte sur del cantón.

Depósito coluvial: Según Suarez (2013), los suelos coluviales son depósitos de laderas que se originan a causa de desprendimientos de roca, por esta razón son materiales muy susceptibles a deslizamientos. Comúnmente es fácil encontrarlos en la base de las laderas como materiales finos o mezcla de algunos tipos de fragmentos angulares. Su distribución en la superficie del cantón en estudio es de 1556.64 ha.

Granodiorita: Es una roca magmática intrusiva compuesta generalmente de cuarzo, biotita y feldspato; a simple vista se la distingue por su color grisáceo oscuro y claro, su textura se caracteriza por ser bastante densa y granular dependiendo del tamaño de sus granos (IEE, s. f). Su extensión es de 2406.13 ha dentro de la zona de estudio.

Tonalita: Al igual que la anterior son rocas magmáticas intrusivas, compuesta de cuarzo, plagioclasa y biotita, que se distingue por su color gris, y en ocasiones con tonalidades oscuras; su textura es granular y en su estructura la densidad y fluidez la destacan del resto de rocas plutónicas (IEE, s. f). Su distribución en el cantón Mira es similar a la unidad litológica mencionada anteriormente, pues se localizan en la misma superficie.

Andesitas: Este tipo de rocas según Manrique & Rosero (2011), son originarias del magma efusivo de los volcanes, que físicamente se distingue por su color verdoso y en ocasiones negro o pardo, se caracterizan además porque sus formaciones son cristalinas. Esta unidad litológica se extiende en 1336.76 ha dentro de la zona de estudio.

Lavas: En las definiciones y descripciones planteadas por el IEE (s.f) menciona que este tipo de rocas son producto de fluidos de magma que brota sobre la tierra causando la formación de rocas fundidas. Esta unidad litológica es la más predominante sobre la superficie del cantón Mira pues junto con las Andesitas piroxénicas abarcan una extensión de 19394.35 ha.

Lutitas negras: Esta unidad litológica según menciona “Catálogo Nacional de Objetos” IEE (s. f), “son rocas sedimentarias que se encuentran integradas generalmente por partículas que tienen el tamaño del limo y la arcilla además de materia orgánica”. Dentro de la zona del mapa cantonal se extiende en una superficie de 2185.74 ha, en donde se integra además las “Filitas” descritas a continuación, las cuales abarcan la misma extensión.

Filitas: Son rocas que se caracterizan por su color gris plúmbeo o verdoso, en su textura los granos son muy pequeños que es imposible visualizar las pequeñas laminas micáceas. Según Suarez (2013), esta roca es similar a una pizarra con la diferencia de que sus cristales son planos ovalados. En ocasiones las rocas tienden a romperse rectangular por los planos de clivaje entrecruzados que tiene en su estructura. Su distribución en la zona de estudio es similar a la unidad litológica mencionada anteriormente.

Piroclásticas: Según el “Catálogo Nacional de Objetos” IEE (s. f), son rocas ígneas de origen volcánico que a través de procesos eruptivos fueron arrojadas al aire durante una explosión. En el mapa geológico se extiende en una superficie de 1801.11 ha.

Rocas Graníticas indiferencias: Según Suarez (2013), son rocas intrusivas que físicamente se distinguen por sus colores claros, en su textura está compuesta por granos gruesos, en donde no presenta caracterización de la posición estratificada. Dentro del área de estudio se extiende aproximadamente en 99.14 ha, ubicándose como la unidad litológica menos predominante en el territorio.

Terrazas (1-3): En el mapa cantonal esta unidad litológica ocupa una extensión de 793.98 ha, las cuales se caracterizan por presentar una granulometría relativamente heterogénea

(IEE, s.f , p. 209). Este tipo de tierras están compuestas por sedimentos de arena, limo y gravas, y dependiendo de la precipitación puede sufrir de erosión incluso en las zonas planas.

Con el análisis realizado anteriormente sobre la distribución de las unidades litológicas por hectáreas en la zona de estudio, se presenta a continuación en la (Figura 13) el nivel porcentual de cada unidad, destacando con un 33.29 % a las Lavas y Andesitas Piroxénicas , seguidos con un 29.33 % de las Brechas y Tobas, a diferencia de las Rocas Graníticas indiferencias las cuales presentan un 0.17 % ubicándolas como la unidad litológica menos predominante en el territorio, tal como se muestra a continuación:

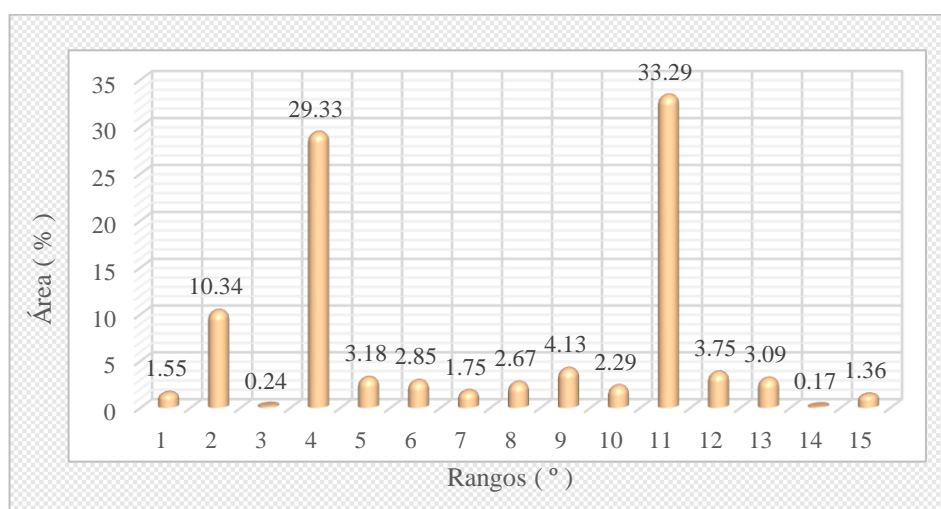


Figura 13. Distribución gráfica de las unidades litológicas de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.

Fuente y elaboración: La Autora

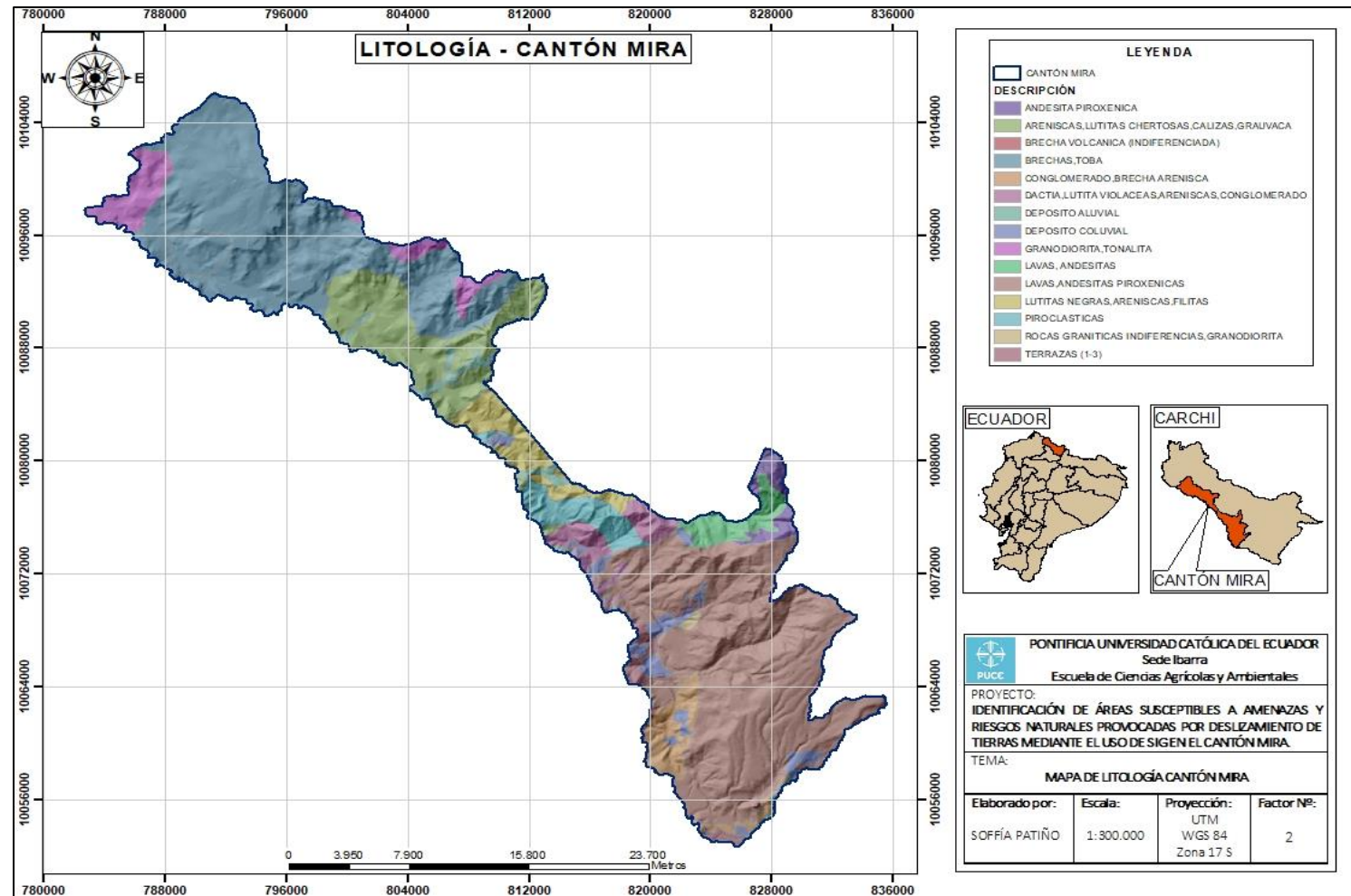


Figura 14. Mapa de Unidades litológicas del Cantón Mira

Fuente y elaboración: La Autora

6.1.5 Permeabilidad

La permeabilidad es uno de los factores más importantes para determinar la capacidad que tiene un suelo al permitir que el flujo de agua atraviese en su estructura, es fundamental considerar las características y propiedades que tiene el suelo, pues depende mucho de las partículas, de la micro o macro estructura que esté presente para determinar la velocidad con la que un determinado líquido pueda conducirse con facilidad (Lambe & Whitman, 1996). En múltiples ocasiones el término infiltración es confundido como sinónimo de permeabilidad, pero según la FAO (2007), el objetivo de cada término se relaciona, pero no tiene un fin igualitario, en el caso de la infiltración se encarga de determinar la velocidad con la que el agua se puede llegar a mover dentro de los suelos, en cambio la permeabilidad se encarga de determinar la velocidad con la que se puede mover el agua a través del suelo.

En el caso de deslizamientos es fundamental considerar el tamaño de las partículas del suelo, pues la permeabilidad tiende a variar con relación al diámetro de las partículas, es decir mientras estas sean muy pequeñas, la permeabilidad siempre será mucho más baja (Terzaghi & Peck, 1996). Para la elaboración del mapa temático sobre grados de permeabilidad, se optó por usar los Shapefiles Hidrológicos adquiridos en el SNI, en donde se identificó la información correspondiente a los coeficientes de permeabilidad distribuidos a nivel del Ecuador a una escala de 1:10. 000, dentro de la zona de estudio en este caso el Cantón Mira, los grados de permeabilidad definidos fueron los siguientes:

Tabla 16

Permeabilidad de la zona de estudio

N.º	Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Moderado	15425.04	26.59
2	Bueno	39013.40	67.26
3	Excesivo	3567.06	6.15
	TOTAL	58005.51	100

Elaborado por: La Autora

Moderado: Este grado de permeabilidad se encuentra mayormente distribuido en la parroquia de Jijón y Caamaño y en su límite con la parroquia La Concepción, en donde su extensión ocupa un total de 15425.04 ha a nivel de la zona de estudio, afirmando así que la permeabilidad de estas áreas es baja, por lo que sus suelos son relativamente impermeables haciéndolos poco susceptibles a deslizamientos, por su estabilidad.

Bueno: En este caso la permeabilidad abarca una extensión de 39013.40 ha, que se distribuye en las cuatro parroquias pertenecientes al cantón Mira, en donde se destaca que la permeabilidad esta entre un rango de bajo a medio frente a la estabilidad de los suelos, haciéndola más o menos susceptible a deslizamientos de tierra.

Excesivo: Dentro de la parroquia urbana Mira, la permeabilidad es generalmente alta por lo que sus suelos son considerados inestables frente a deslizamientos, en este caso su extensión abarca un total de 3567.06 ha dentro de la zona de estudio.

A continuación, en la (Figura 15), se ubica la representación gráfica de los grados de permeabilidad distribuidos a nivel del cantón Mira, en donde se destaca con un 67.26 % una permeabilidad buena, seguidamente con un 26.59 % una permeabilidad moderada es decir baja en permeabilidad de suelos relativamente estables, y finalmente con un 6.15% una permeabilidad excesiva es decir generalmente alta en suelos inestables. Cuando la permeabilidad aumenta se convierte en un factor que incide directamente en los deslizamientos de tierra.

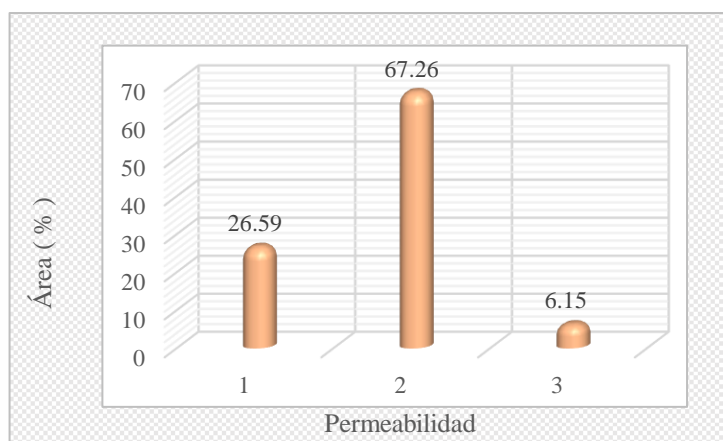


Figura 15. Distribución gráfica de la permeabilidad de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.

Fuente y elaboración: La Autora

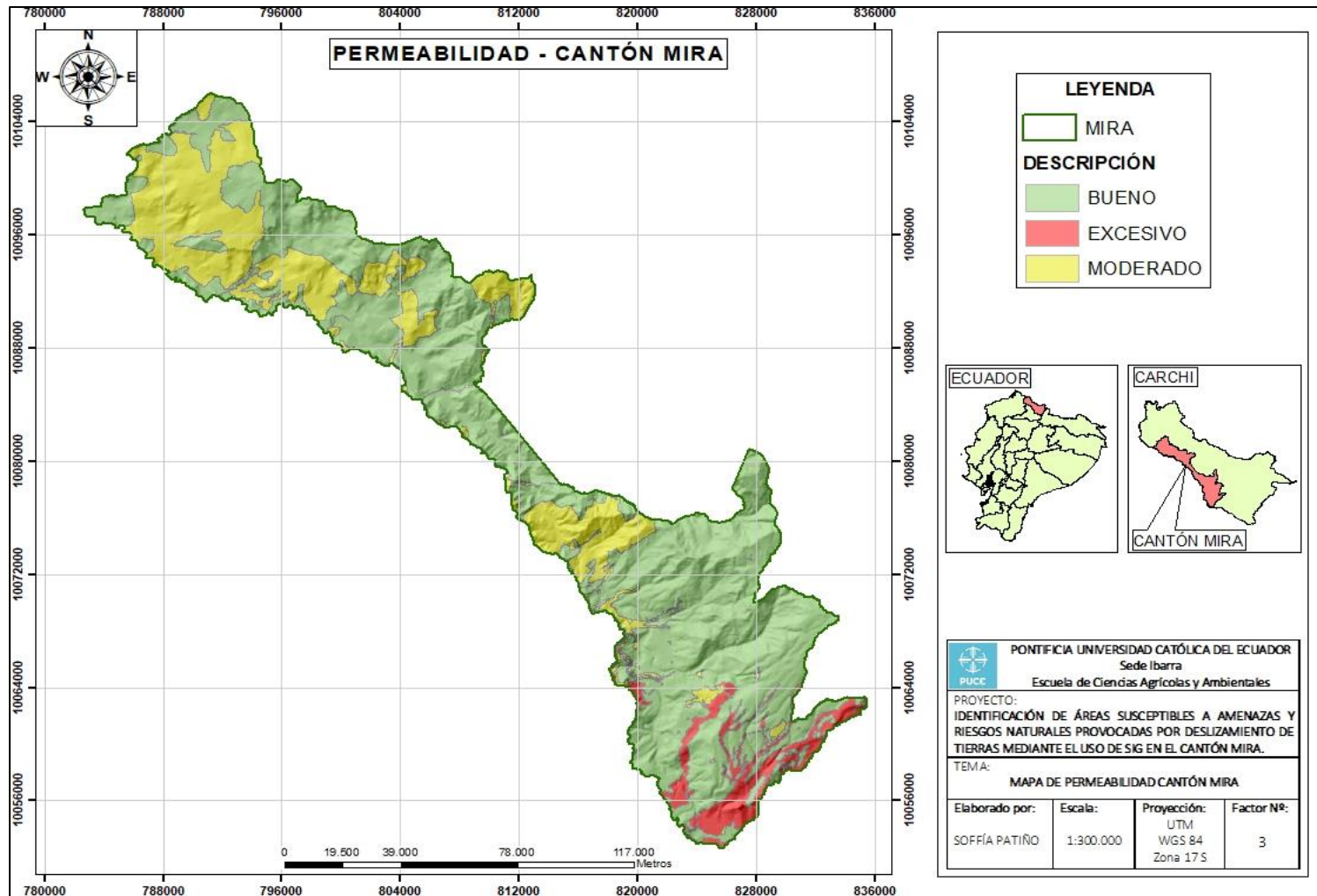


Figura 16. Mapa de permeabilidad del Cantón Mira
Fuente y elaboración: La Autora

6.1.6 Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal es un elemento clave en la toma de decisiones al momento de considerar un área susceptible a deslizamientos, pues depende mucho del uso y manejo que se le dé al suelo. Actualmente varias son las causas que influyen en la pérdida de las propiedades físico-químicas de este manto superficial, iniciando con la actividad del hombre a nivel antrópico en donde su expansión tanto agrícola como de establecimiento de viviendas a provocado la pérdida de suelos fértiles; la deforestación incluso es un factor que contribuye en la erosión y actúa de manera negativa en las fallas superficiales del suelo haciéndolo inestable para la producción de cultivos.

Según Velázquez & Durán (2010) la cobertura vegetal actua fuertemente en la estabilidad de taludes, pues en sus estudios se ha demostrado que la vegetación de raíz profunda evita la erosión de suelos y de tal forma aporta a que la resistencia del suelo aumente frente a lluvias fuertes facilitando su drenaje.

En este caso para la elaboración del mapa de cobertura vegetal fue indispensable usar los Shapefiles adquiridos en SENPLADES, a una escala de 1:50.000, en donde se generó la información más relevante de vegetación distribuida a nivel cantonal, los mismos que fueron evaluados según su extensión dentro de la zona de estudio, tal como se muestra a continuación en la (Tabla 17). Para de la descripción de cada unidad identificada se tomó como referencia el Catálogo Nacional de Objetos Geográficos Versión 2.0 (IEE, s.f).

Tabla 17

Cobertura Vegetal de la zona de estudio.

N.º	Cobertura	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Área Poblada	226.30	0.39
2	Bosque Nativo	20178.01	34.50
3	Cuerpo de Agua	405.87	0.69
4	Cultivo	5145.40	8.80
5	Erial/Sin Cobertura Vegetal	244.28	0.42
6	Infraestructura Antrópica	139.23	0.24
7	Mosaico Agropecuario	125.67	0.21
8	Páramo	1149.58	1.97
9	Pastizal	14417.97	24.65
10	Plantación Forestal	64.70	0.11
11	Vegetación Arbustiva	8007.55	13.69
12	Vegetación Herbácea	8384.85	14.34
	TOTAL	58489.41	100

Elaborado por: Soffía Patiño

Área Poblada: Son áreas que se encuentran destinadas para el establecimiento de viviendas, edificios y servicios públicos de la población que se integra en las parroquias Jacinto Jijón y Caamaño, La Concepción, Juan Montalvo y Mira, estas áreas pobladas se extienden en una superficie de 226.3 ha a nivel de toda la zona rural y urbana del cantón en estudio.

Bosque Nativo: Conocidos también como ecosistemas arbóreos, que se encuentran compuestos generalmente por árboles de especies nativas con variedad de tamaño, que se encuentran regenerados por sucesión natural, este tipo de bosques se extienden en mayor cantidad dentro de la parroquia Jijón y Caamaño con bosque húmedos poco alterados, la Concepción con bosques húmedos muy alterados y en una pequeña parte en la parroquia Mira con bosques húmedos medianamente alterados abarcando una extensión de 20178.01ha. Esta categoría se destaca por presentar mayor superficie a nivel de cobertura vegetal en la zona de estudio.

Cuerpo de Agua: Área que se encuentra cubierta o saturada de agua estática como es el caso de reservorios, o en movimiento natural como ríos primarios o pequeñas quebradas que circulan dentro del cantón, estos cuerpos de agua abarcan aproximadamente 405.87 ha distribuidos a nivel de la parroquia Jijón y Caamaño, con los ríos Jordán, Chinambí y Gualchán como ríos principales, en la Concepción con la quebrada Socavones y en la parroquia Mira con la quebrada la Chimba, existen una amplia distribución de ríos y quebradas dentro del mapa temático, pero los mencionados anteriormente son los más destacados.

Cultivo: Zonas que se encuentran formadas generalmente por cultivos de ciclo corto con fines agrícolas, en este caso la extensión de cultivos abarca un total de 5145.4 ha en donde se distingue una variación extensa de acuerdo con el nivel altitudinal de cada parroquia, Jijón y Caamaño con el cacao y plátano, La Concepción con maíz y frejol, Juan Montalvo con caña de azúcar industrial al igual que Mira incluyendo la producción de aguacate y papa.

Erial/Sin Cobertura Vegetal: Dentro del cantón Mira los suelos eriales son áreas privadas de vegetación natural, que por sus propiedades no son aprovechadas para uso agropecuario o forestal aproximadamente se extienden en 244.28 ha, y abarcan zonas erosionadas, en proceso de erosión o bancos de arena,

Infraestructura Antrópica: Este tipo de infraestructura se encuentra contemplando el establecimiento de canteras, granjas avícolas y porcícolas, invernaderos con cultivos de frutales, complejos industriales, así como también rellenos sanitarios, todos estos distribuidos a nivel de la superficie cantonal los cuales abarcan una extensión de 139.23 ha.

Mosaico Agropecuario: Son denominadas también como agrupaciones de cultivos no individualizados es decir que se encuentran mezclados entre sí, que en algunos casos pueden estar asociados con vegetación natural, en la zona de estudio los mosaicos agropecuarios se extienden en 125.67 ha a nivel de las cuatro parroquias con cultivos de frejol-maíz, a excepción de Jijón y Caamaño en donde existen la presencia de misceláneos de frutales.

Páramo: Presenta vegetación tropical alto andino con especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios del cantón su superficie se extiende en

1149.58 ha a nivel de la parroquia Mira y Concepción en donde se distinguen paramos herbáceos muy alterados de la zona.

Pastizal: Son vegetaciones que requieren de manejo y labores de cultivo para su conservación. Particularmente está compuesta por leguminosas y gramíneas introducidas con una finalidad pecuaria, a nivel de todo el cantón existen pastos cultivados que se extienden en un total de 14417.97 ha, ubicándose en segundo lugar como la cobertura vegetal más predominante de la zona.

Plantación Forestal: Este tipo de plantaciones se caracterizan por ser una masa arbórea, que particularmente es establecida con una o más especies forestales, en este caso solo la parroquia Mira se encuentra distribuida con 64.7 ha de plantaciones de especies de pino y eucalipto. En este caso esta categoría se ubica como la menos predominante frente al resto de coberturas vegetales.

Vegetación Arbustiva: Son áreas con especies leñosas nativas no arbóreas. Conocidas también como matorral con cobertura densa del dosel que abarcan una extensión de 8007.55 ha dentro de la zona de estudio, en donde la parroquia Jijón y Caamaño presenta matorrales húmedos poco alterados, La Concepción con matorrales húmedos muy alterados, y las parroquias Mira y Juan Montalvo con matorrales húmedos medianamente alterados.

Vegetación Herbácea: En esta categoría se destacan áreas con especies herbáceas nativas que no necesitan de cuidados especiales, y al ser de espontáneo crecimiento son usadas para pastoreo, a nivel del cantón en estudio se extienden en una superficie de 8384.85 ha, donde la vegetación herbácea seca muy alterada se distribuye dentro de la parroquia Mira y Juan Montalvo, las vegetación herbácea húmeda muy alterada se encuentra en la parroquia La Concepción y finalmente la vegetación herbácea húmeda medianamente alterada se localiza en la zona de Jijón y Caamaño.

Con el análisis realizado anteriormente sobre la distribución de la cobertura vegetal por hectáreas en la zona de estudio, se presenta a continuación en la (Figura 17) el nivel porcentual de cada unidad, destacando con un 34.50% a los Bosques nativos, seguidos con

un 24.65 % de Pastizales usados para fines pecuarios, a diferencia de las Plantaciones forestales las cuales presentan un 0.11 % ubicándolas como la unidad litológica menos predominante en el territorio, tal como se muestra a continuación:

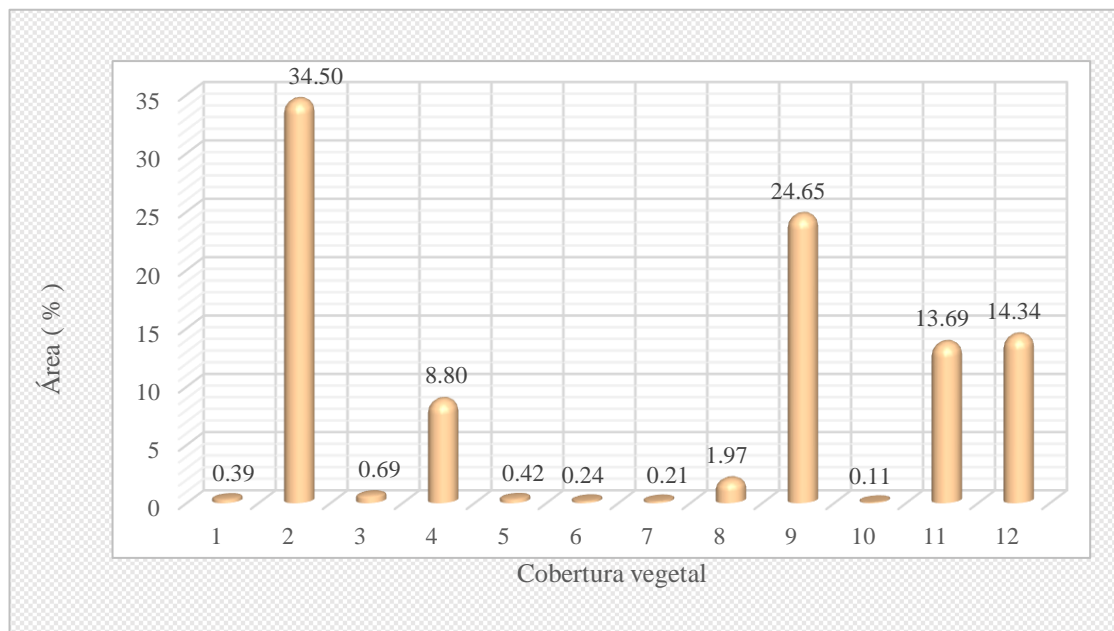


Figura 17. Distribución gráfica de la Cobertura Vegetal de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.

Fuente y elaboración: La Autora

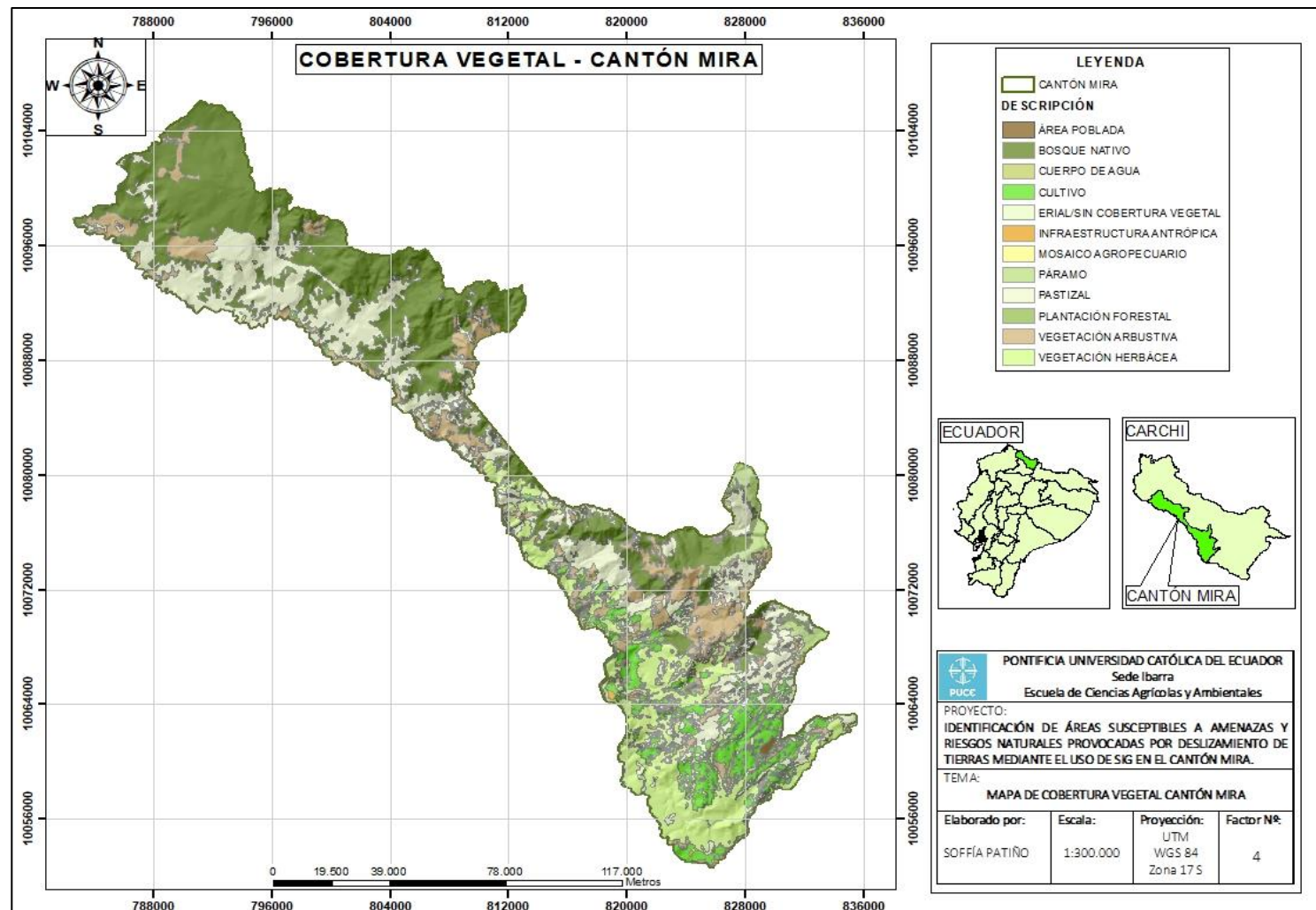


Figura 18. Mapa de Cobertura Vegetal del Cantón Mira

Fuente y elaboración: La Autora

6.1.7 Isoyetas

Para realizar el mapa temático referente a isoyetas, fue fundamental adquirir la información relacionada con pluviometría y la cantidad de lluvia anual registrada en la zona de estudio, para ello se realizó la recopilación de datos de diversas estaciones meteorológicas dentro del cantón o las más cercanas, para posteriormente ejecutar el trazado de líneas de igual cantidad con relación a la precipitación. Es importante mencionar que la precipitación es el factor detonante en un deslizamiento por lo que es considerado como el de mayor relevancia frente a los factores condicionantes (Sáenz, 2002, p. 29).

Tabla 18

Datos de precipitación de la zona de estudio

N.º	Rango (mm)	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	0 – 500	10457.25	17.95
2	500 - 750	14715.34	25.26
3	750 – 1000	4566.29	7.84
4	1000 – 1250	1747.33	3.00
5	1250 – 1500	1301.43	2.23
6	1500 – 1750	1949.16	3.35
7	1750 – 2000	2471.08	4.24
8	2000 – 2500	9309.56	15.98
9	2500 – 3000	4500.46	7.73
10	3000 – 4000	5507.96	9.45
11	4000 – 5000	1729.29	2.97
	TOTAL	58255.15	100

Fuente: (INAMHI, 2015)

Elaborado por: Soffía Patiño

De la distribución de isoyetas por hectáreas en la zona de estudio se presenta en la (Figura 19) el nivel porcentual de cada unidad, dándonos como resultado final que el 25.26 % correspondiente una precipitación de 500-750 mm se distribuye en un mayor número de superficie dentro del cantón con un total de 14715.34 ha ubicándose dentro de la parroquia

Mira, Juan Montalvo y La Concepción. Por otro lado, con un porcentaje de 2.23 % se ubica la precipitación de 1250 – 1500 mm como la de menor cantidad de superficie que tiene en la zona de estudio con un total de 1301.43 ha situándose dentro de la parroquia Jijón y Caamaño. Es importante mencionar que las zonas que presentan mayor cantidad de precipitación tienden a ser más susceptibles a deslizamientos de tierra, eso no quiere decir que las zonas con menor precipitación se encuentran libres de amenazas, depende de la cantidad de lluvia que se desencadene en un determinado período de tiempo.

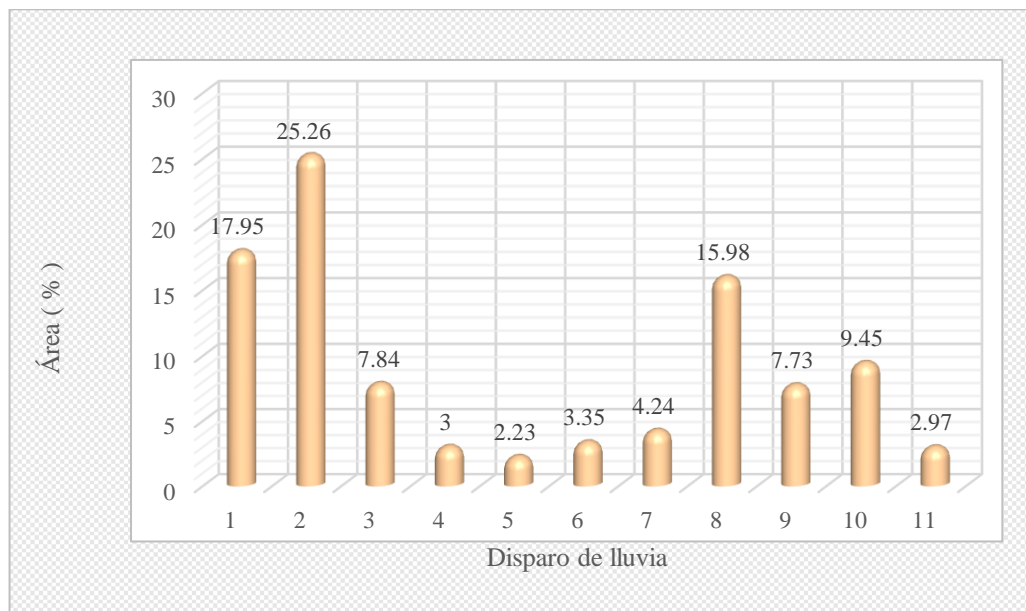


Figura 19. Distribución gráfica de Isoyetas de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.

Fuente y elaboración: La Autora

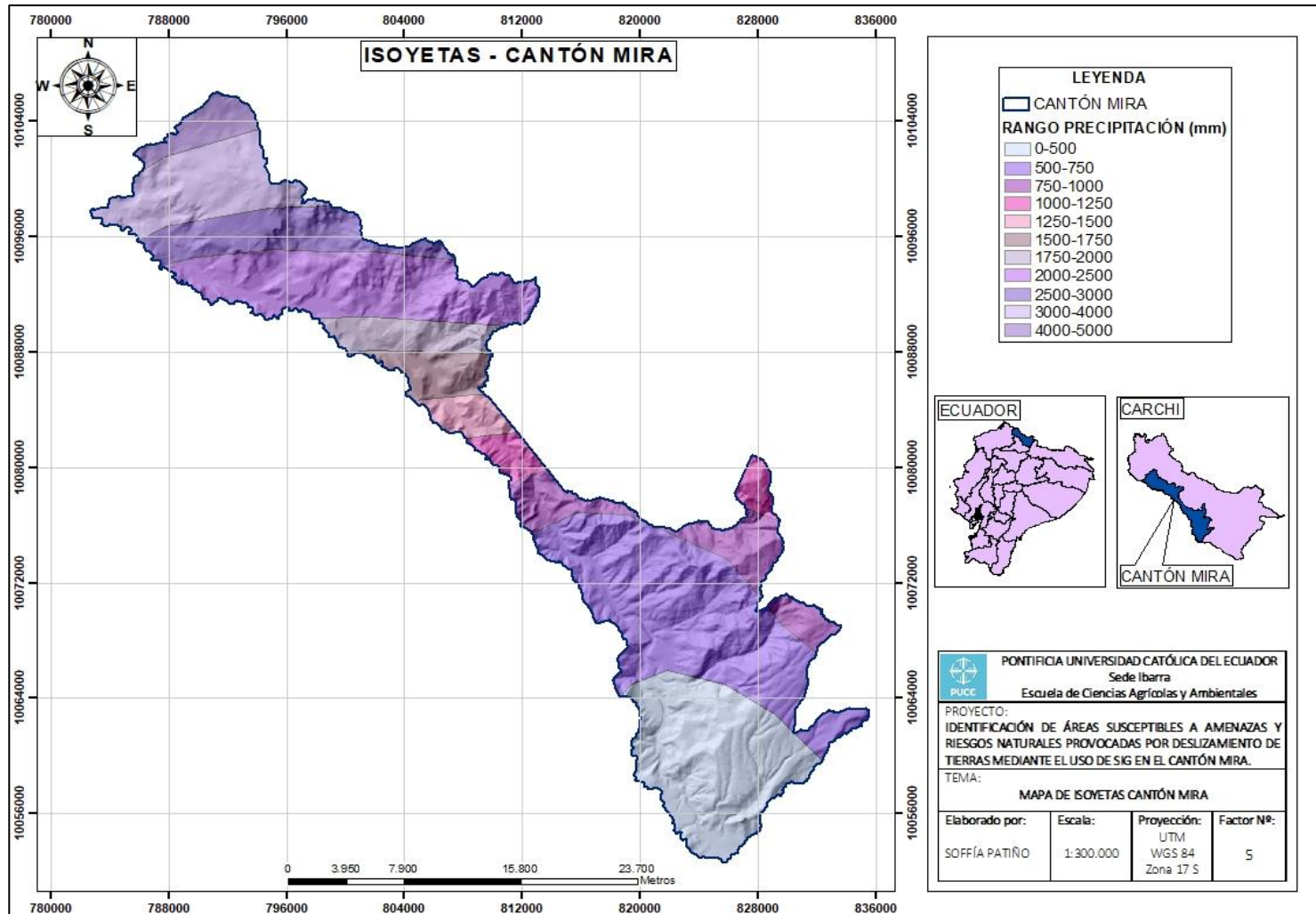


Figura 20. Mapa de isoyetas del Cantón Mira.

Fuente: INAMHI (2015), Elaborado por: La Autora

6.2 DESLIZAMIENTOS

En la elaboración de esta cartografía fue indispensable tomar en cuenta todos los factores condicionantes (cobertura vegetal, pendiente, permeabilidad, litología) y detonante (precipitación) ejerciendo el método heurístico, para ello se aplicó el análisis multicriterio en la jerarquización según la importancia que posee cada uno de ellos, y así otorgarles una ponderación de sumatorio total al 100% de acuerdo con el nivel de incidencia que presenta cada uno en los deslizamientos.

Dentro del cantón Mira la precipitación representa un valor de intensidad mucho mayor en comparación al resto de variables, pues este factor detonante marca rangos donde el nivel de lluvia es muy intensa en los meses de noviembre y diciembre, por lo que existe la presencia de torrenciales de lluvia especialmente en la parroquia Jijón y Caamaño, a diferencia de la parroquia Mira, La Concepción y Juan Montalvo, en donde existe una precipitación mucho menor en el transcurso del año considerándose el mes de enero a mayo épocas secas. Cabe recalcar que el riesgo a deslizamientos ocasionados por la precipitación depende de la cantidad de lluvia desencadenada en un determinado período de tiempo.

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 presenta el cantón Mira.

Para mejor comprensión a continuación se adjunta en la (Tabla 19), 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.

Tabla 19

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

Factor	Variables	Clase	Valor
FACTORES CONDICIONANTES (75%)	Pendiente (23%)	Plano Casi Plano	1
		Suave O Ligeramente Ondulada	2
		Medianamente Ondulado	3
		Medianamente disectados	4
		Fuertemente disectados	5
	Cobertura Vegetal (20%)	Bosque Nativo	1
		Plantación Forestal	1
		Cuerpos de Agua	1
		Páramo	1
		Vegetación Arbustiva	2
		Vegetación Herbácea	2
		Área Poblada	2
		Infraestructura	2
		Pastizal	3
		Mosaico Agropecuario	3
Litología (17%)	Erial/ Sin Cobertura Vegetal	Cultivos	4
		Erial/ Sin Cobertura Vegetal	5
		Areniscas, Lutitas chertosas, Calizas, Grauvaca	1
		Granodiorita, Tonalita	1
		Rocas Graníticas Indiferencias, Granodiorita	1
		Brechas, Toba	1
		Lavas, Andesitas	2
		Lavas. Andesitas piroxénicas	2
		Andesita piroxénica	2
		Lutitas negras, Areniscas, filitas	3
		Piroclásticos	3
		Brecha volcánica	3
		Terrazas (1-3)	3
		Conglomerado, Brecha arenisca	4
		Dactia, Lutitas violáceas, Areniscas, conglomerado	4
Depósito aluvial	5		
Depósito coluvial	5		
Permeabilidad (15%)	Moderado	2	
	Bueno	3	
	Excesivo	5	
FACTOR DETONANTE (25%)	Precipitación (25%)	0-500	0
		500-750	1
		750-1000	1
		1000-1250	2
		1250-1500	2
		1500-1750	3
		1750-2000	3
		2000-2500	4
		2500-3000	4
		3000-4000	5
4000-5000	5		

Fuente y elaboración: La Autora

Con la superposición de los mapas temáticos y de acuerdo al procedimiento del modelo propuesto en el transcurso de esta investigación, se presenta en la (Figura 22) un mapa temático enfocado a la susceptibilidad que tiene la zona de estudio frente a deslizamientos de tierra. Basándose en la investigación sobre “Movimientos de Masa del Cantón Mira” se realizó la respectiva clasificación de niveles de amenazas en donde se identificaron 4 tipos: muy bajo, bajo, moderado y alto; destacando de esta forma que dentro de las cuatro parroquias en estudio existe un cierto porcentaje alto de deslizamientos de tierra especialmente en vías de circulación vehicular dentro de todo el cantón.

Tabla 20

Clases de peligro de deslizamientos de la zona de estudio

Deslizamientos	Área (ha)	Porcentaje (%)
Muy Bajo	8409.78	14.48
Bajo	25067.79	43.17
Medio	18872.37	32.50
Alto	5708.97	9.83
Total	58058.91	100

Fuente: (IEE, 2013)

Elaborado por: La Autora

La amenaza correspondiente a “muy bajo” presenta una superficie de 8409.78 ha con un porcentaje de 14.48%, la cual se extiende en pequeños sectores dentro de las parroquias Mira, Juan Montalvo, La Concepción y Jijón y Caamaño especialmente en zonas con asentamientos poblaciones, en este nivel podemos localizar pendientes entre 0 a 15 ° que se caracterizan por ser lugares planos, o ligeramente ondulados. Su cobertura vegetal está compuesta de páramos, bosques nativos y plantaciones forestales. En lo que respecta a su permeabilidad es prácticamente moderada, pese a eso su nivel de precipitación es de un rango de 500 a 2500 mm anuales. Es importante mencionar que las unidades litológicas que lo componen es de andesitas, calizas y andesitas piroxénicas; todos estos factores contribuyen a que no se propague ningún tipo riesgo frente a la ocurrencia de deslizamientos pues la posibilidad de que suceda es casi nula, por esta razón la parroquia Mira en su zona urbana se encuentra localizada como área segura al igual que la parte norte de la parroquia La Concepción.

En lo que respecta al nivel de riesgo “bajo”, este se extiende en una superficie de 25067.79 ha en la zona de estudio. Dentro de sus características posee pendientes que corresponden a un rango de 5 a 25 ° es decir suelos medianamente ondulados. Su litología está compuesta de brechas, andesitas, rocas graníticas y tobas. Y la cobertura vegetal que se sitúa en estas áreas es generalmente de vegetación arbustiva y herbácea, las cuales contribuyen a que su nivel de riesgo sea considerablemente bajo alejándolo de posibles deslizamientos de tierra; la mayor cantidad de superficie del cantón se extiende dentro de este nivel en un 43.17 %, en donde se integran los alrededores de las parroquias Juan Montalvo y Mira, en lo que respecta a asentamientos humanos La Concepción lleva mayor extensión con relación a este nivel.

Para el tipo de amenaza “medio”, su extensión abarca una superficie de 18872.37 ha con un porcentaje de 32.50%. En lo que respecta a la pendiente presenta a un rango de 25 a 35 °, colocándose como suelos medianamente disectados, es decir áreas en donde el relieve presenta niveles de susceptibilidad a deslizamientos de tierra, los factores que influyen con mayor peso en este caso son el tipo de vegetación que rodea estas áreas como cultivos anuales y pastizales, los cuales al combinarse con precipitaciones generalmente altas como en este caso de 0- 5000 mm, los suelos aumentan su nivel de permeabilidad por lo que se generan mayor probabilidad de deslizamientos.

Las formaciones geológicas que se concentran en estas áreas son de F. Silantes compuestas de dacitas, lutitas, conglomerados y areniscas, este tipo de unidades se caracterizan por ser rocas con facilidad de fracturación en movimientos de masa. Dentro de la zona de estudio se encuentra distribuido en un mayor porcentaje en vías primarias y secundarias de circulación vehicular situadas en el cantón Mira, y en el caso de asentamientos humanos se localiza en gran cantidad dentro de la parroquia Jijón y Caamaño, La Concepción, y en los alrededores de Juan Montalvo y la comunidad de El Hato.

Finalmente encontramos el nivel de amenaza “alto” extendido en una superficie de 5708.97 ha, en este caso la pendiente que presenta es de un rango de 25 a >35° por lo que su relieve es fuertemente disectado, es decir existen laderas con altura de gran tamaño, por esta razón no presenta cobertura vegetal al ser áreas con nivel significativo de erosión. Su precipitación

se encuentra entre 0 – 3000 mm anuales por lo que su permeabilidad es excesiva en algunas áreas especialmente en la zona sur del cantón Mira. En lo que respecta a su geología las unidades litológicas que lo integran son las areniscas, conglomerados, piroclastos, y depósitos aluviales y coluviales, este tipo de rocas son muy susceptibles a desprendimientos o fraccionamientos frente al factor detonante en este caso la lluvia, por esta razón este nivel es considerado como el de mayor riesgo a deslizamientos de tierra abarcando un total de 9.83 % dentro de la zona de estudio afectando en gran parte a la parroquia Jijón y Caamaño y La Concepción y a comunidades bajas de la parroquia Juan Montalvo y Mira como a la zona de Tulquizán, Itazán, Mascarilla y Playa Rica especialmente en vías de circulación vehicular.

El Cantón Mira no presenta muchos estudios relacionados con deslizamientos de tierra a excepción del estudio realizado por el IEE (2013), el cual presenta un enfoque general en zonas con mayor susceptibilidad a deslizamientos como son las comunidades bajas de la parroquia Jijón y Caamaño, y zonas ubicadas en la parte norte de la parroquia La Concepción, así como la parte noroccidental de la parroquia Juan Montalvo y Mira. Vale recalcar que en el mismo estudio se recomienda actualizar cada 5 años la información correspondiente a deslizamientos debido a que el análisis de vulnerabilidad realizado es muy significativo en el grado de amenaza alto y medio.

Es por ello que la investigación se enfoca en zonas donde el nivel de susceptibilidad a deslizamientos de tierra es muy alto tomando en consideración zonas en donde existen asentamientos poblacionales y vías de tránsito vehicular, los cuales son aspectos muy importantes para la planificación y ordenamiento territorial del cantón. Estas áreas son muy propensas a recibir daños especialmente en épocas del año donde el factor detonante como la lluvia incrementa el grado de susceptibilidad de algunos sectores. Esta información se la pudo evidenciar en las diferentes salidas de campo y realizando la comparación con los puntos capturados con el GPS en zonas de deslizamientos.

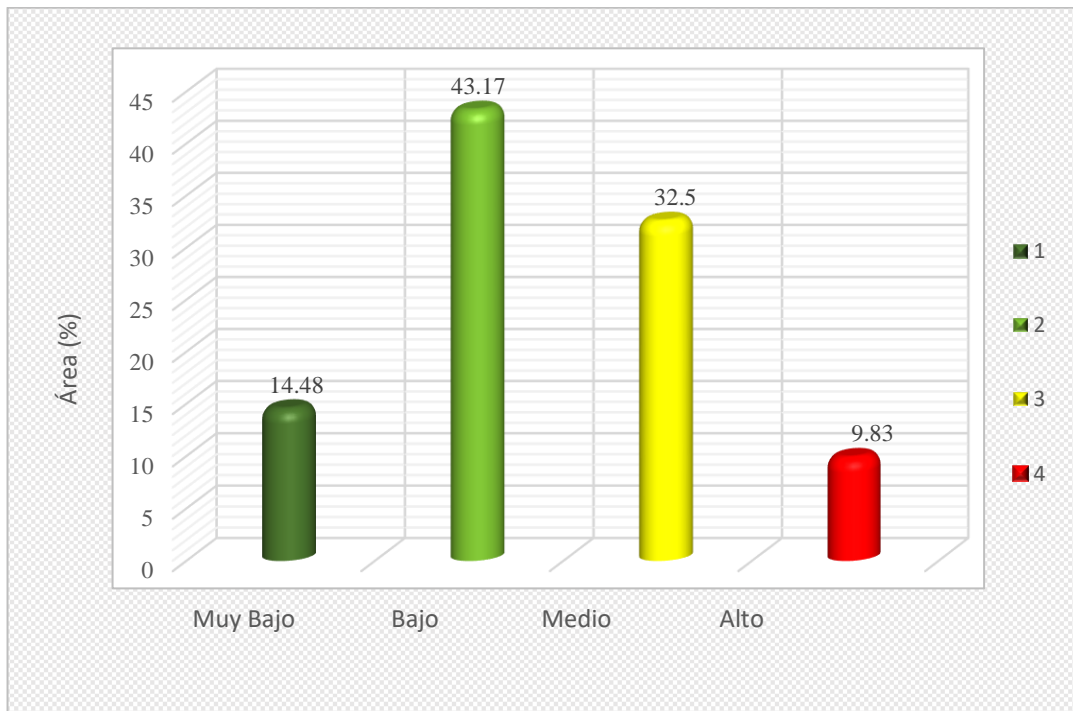


Figura 21. Distribución gráfica de Deslizamientos de acuerdo con el porcentaje adquirido de la extensión del área.

Fuente y elaboración: La Autora

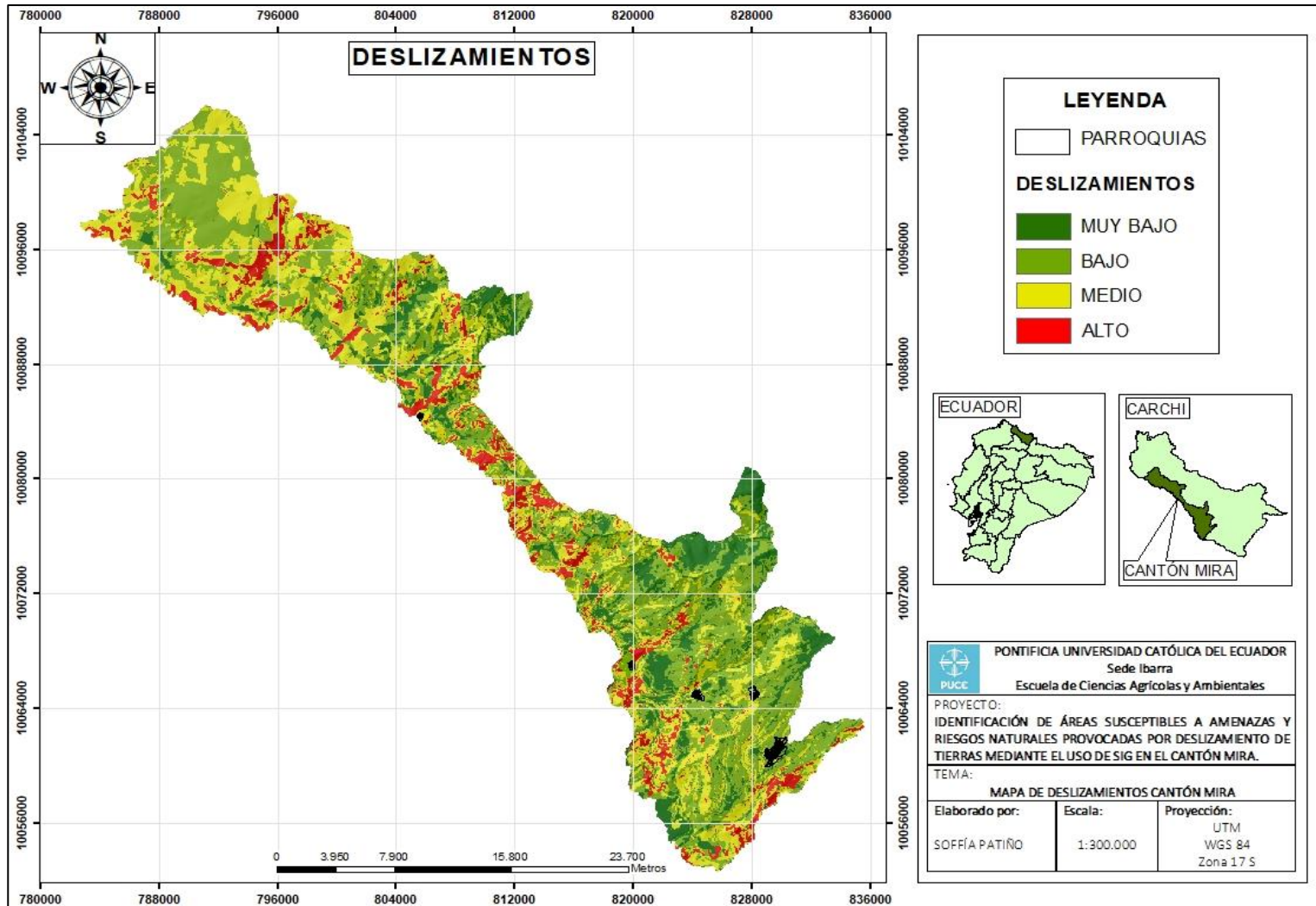


Figura 22. Mapa de Deslizamiento del Cantón Mira

Fuente y elaboración: La Autora

6.2.1 Identificación de Áreas Susceptibles a Deslizamientos

Para identificar las áreas susceptibles a deslizamientos de tierra dentro de la zona de estudio, se dividió al Cantón Mira en cuatro partes correspondientes a cada parroquia que lo integran como lo es Mira, Juan Montalvo, La Concepción y Jijón y Caamaño, con la finalidad de visualizar de mejor forma aquellos centros poblados y vías que se ven afectados por deslizamientos. A continuación, se describe cada uno de ellos:

6.2.1.1 Parroquia Mira

En la parroquia Mira el centro poblado urbano no se ve afectado por deslizamientos de tierra, por lo que sus habitantes no corren ningún tipo de riesgo; para el caso de las vías de tránsito vehicular, como la Vía Panamericana Norte que conecta al Cantón Mira con el Cantón Espejo, esta se ve afectada especialmente por deslizamientos y fracturación de rocas las mismas que caen sobre la calzada representando un riesgo para la población que circula en sus vehículos a diario por la zona, así como también para aquellas viviendas que se encuentran ubicadas en los diferentes tramos de las vías como es el caso de Playa Rica ubicada en Itazán y la Comunidad de Mascarilla zona que especialmente en épocas de fuertes lluvias se ve afectada por múltiples deslizamientos de tierra, provocando la interrupción parcial de la vía y restringiendo el paso de los automotores. En el tramo vial de Mascarilla – Mira la causa principal de sus deslizamientos es la presencia de taludes inestables que generan el desprendimiento de rocas en vías de primer y segundo orden.

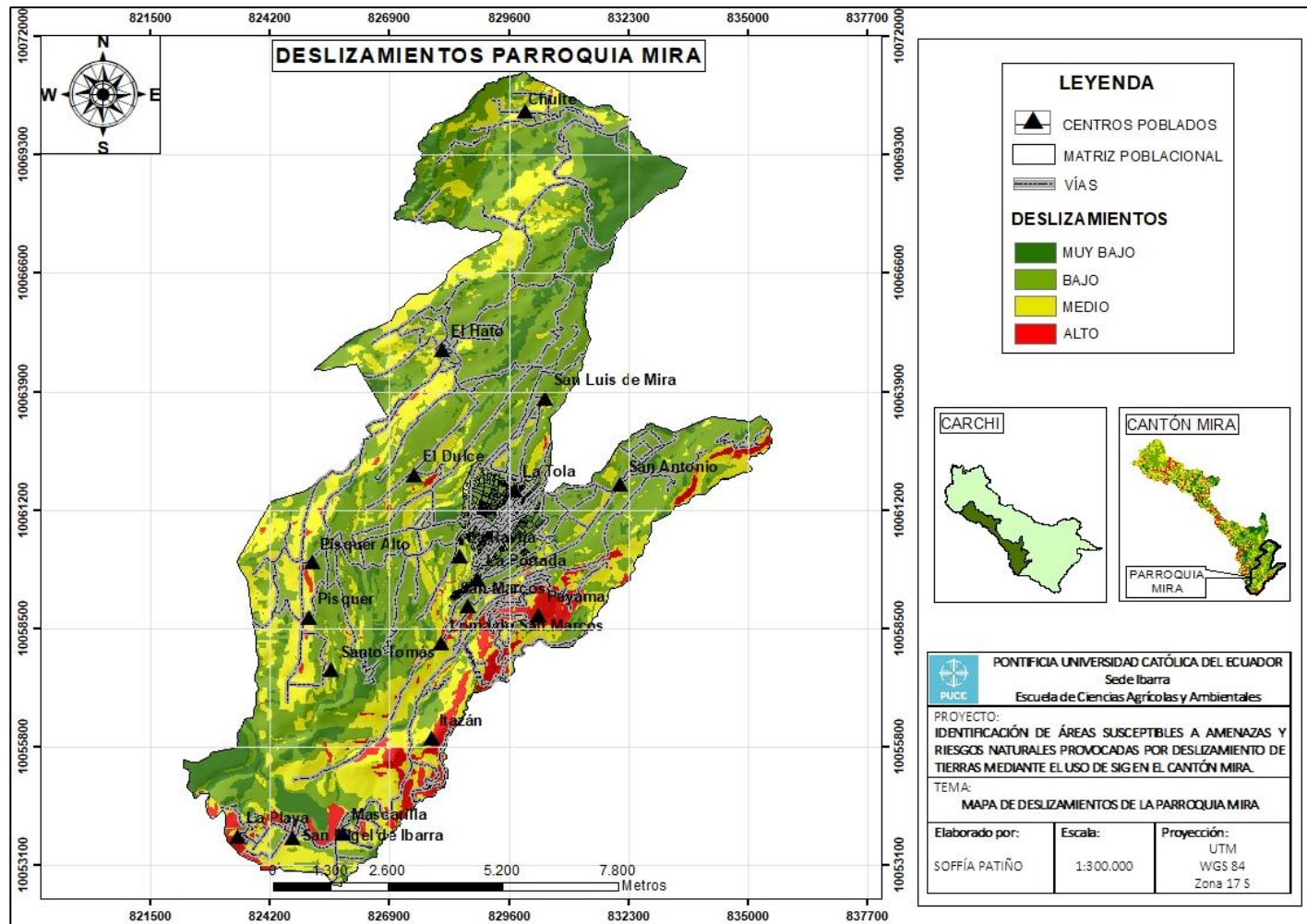


Figura 23. Mapa de deslizamientos de la parroquia Mira

Fuente y elaboración: La Autora

6.2.1.2. Parroquia Juan Montalvo

La parroquia de Juan Montalvo se caracteriza por presentar relieves eminentemente montañosos, con suelo conformado por lavas, conglomerados de brechas areniscas y andesitas piroxénicas, y además un alto grado de permeabilidad, por todas estas características la parroquia representa un alto nivel de susceptibilidad a deslizamientos de tierra, en donde se puede observar constantemente deslizamientos que afectan a vías de comunicación e incluso el cubrimiento de canales de riego dentro de esta zona. Las malas prácticas agrícolas, su expansión y el sobrepastoreo, está ocasionando que sectores con pendientes muy elevadas se erosionen generando surcos o deslizamientos especialmente en época de lluvia.

Actualmente la población urbana no se ve afectada por deslizamientos de tierra, pero al encontrarse ubicado en el centro dos grandes lomas con pendientes muy significativas se ven rodeado por un nivel de deslizamiento medio, que a futuro puede verse afectado si no existe un adecuado manejo de reforestación. A diferencia de la población urbana existen comunidades rurales que si se ven afectadas por deslizamientos tales como Tulquizán, Huaquer y San Miguel de Piquer las cuales se ubican en niveles de amenaza medio y alto.

En lo que respecta a vías, existe la de primer orden de Juan Montalvo- Estación Carchi en la cual se observa algunos tramos con riesgo medio de susceptibilidad y donde se suscitan constantes deslizamientos de baja magnitud, la vía de segundo orden que corresponde a Huaquer – Tulquizán, se encuentra en un rango alto de amenaza donde se puede observar gran cantidad de deslizamientos los cuales afectan principalmente a la población de Huaquer que circula a diario por esta vía.

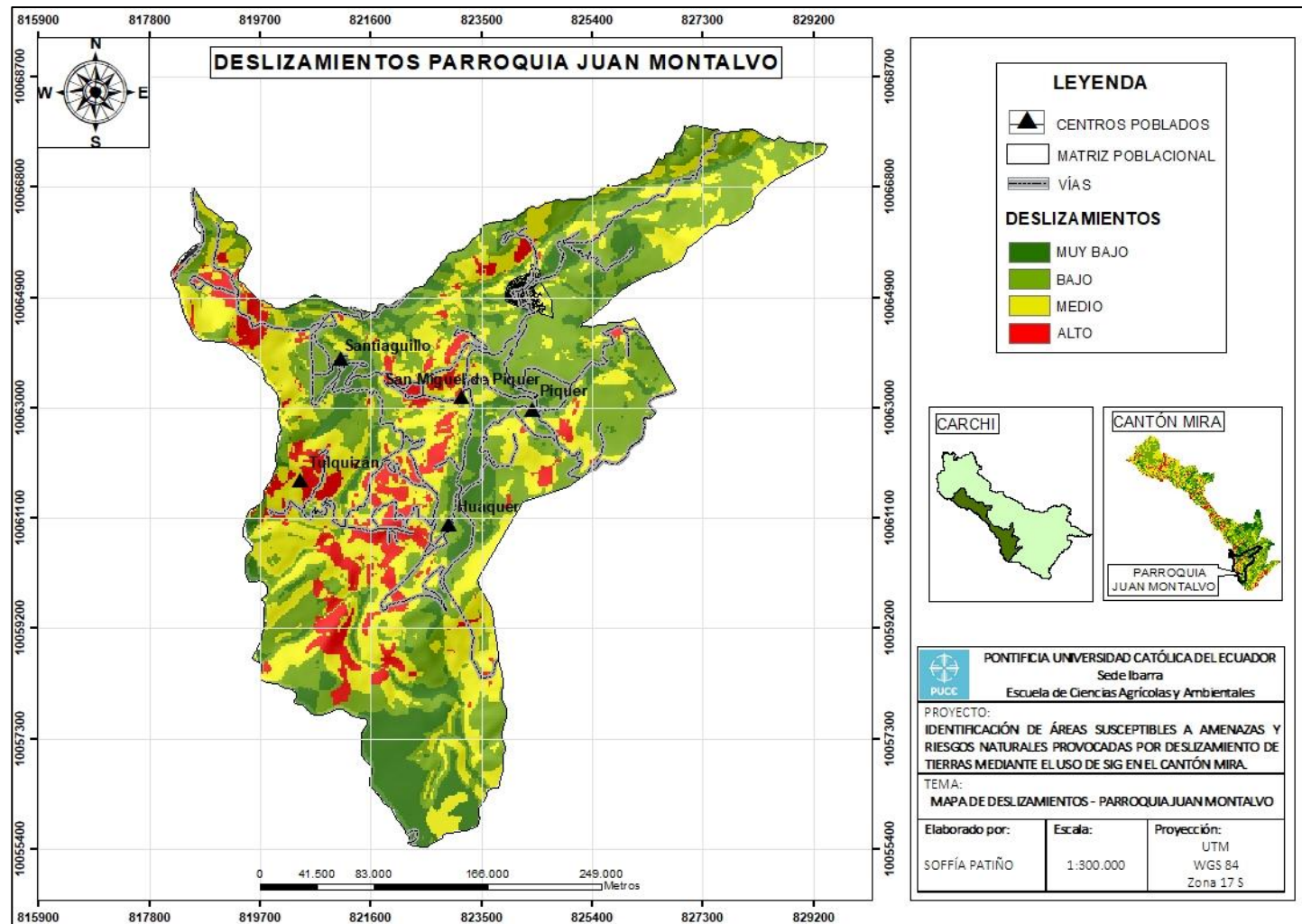


Figura 24. Mapa de deslizamientos de la parroquia Juan Montalvo

Fuente y elaboración: La Autora

6.2.1.3. Parroquia La Concepción

La parroquia de La Concepción presenta deslizamientos de tierra ocasionados principalmente por la inestabilidad del suelo, la expansión de la frontera agrícola, así como también la presencia de abundantes lluvias que representan un factor clave en los deslizamientos.

La ubicación de esta parroquia hace que se encuentre en una zona de muy alta intensidad sísmica según el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, por lo que algunos sectores ubicados en zonas laderas corren el riesgo de sufrir deslizamientos, además de un posible riesgo de erupción volcánica que puede ocasionarse en algún momento por el Volcán Imbabura.

En lo que respecta a las poblaciones que encuentran dentro de esta parroquia, el centro urbano no presenta un riesgo de deslizamientos pero si se encuentra rodeado fuera de la matriz urbana de un nivel medio de amenaza ante deslizamientos, a diferencia de algunas comunidades rurales tales como Estación Carchi, El Milagro, El Rosal, Naranjito, Naranjal, Santa Ana y Huagrabamba que se encuentran ubicados en sitios con un nivel de amenaza medio a alto, convirtiendo a estas zonas en áreas susceptibles o vulnerables frente a deslizamientos de tierra.

Por otro lado, las vías de segundo orden interparroquial que conecta a Juan Montalvo – La Concepción, se encuentran ubicados en sectores con inestabilidad del suelo, por lo que existe deslizamientos de tierra que son permanentes, provocando un retraso en las actividades económicas y productivas de los poblados que se conectan con estas vías que se paralizan por la obstrucción de la carretera.

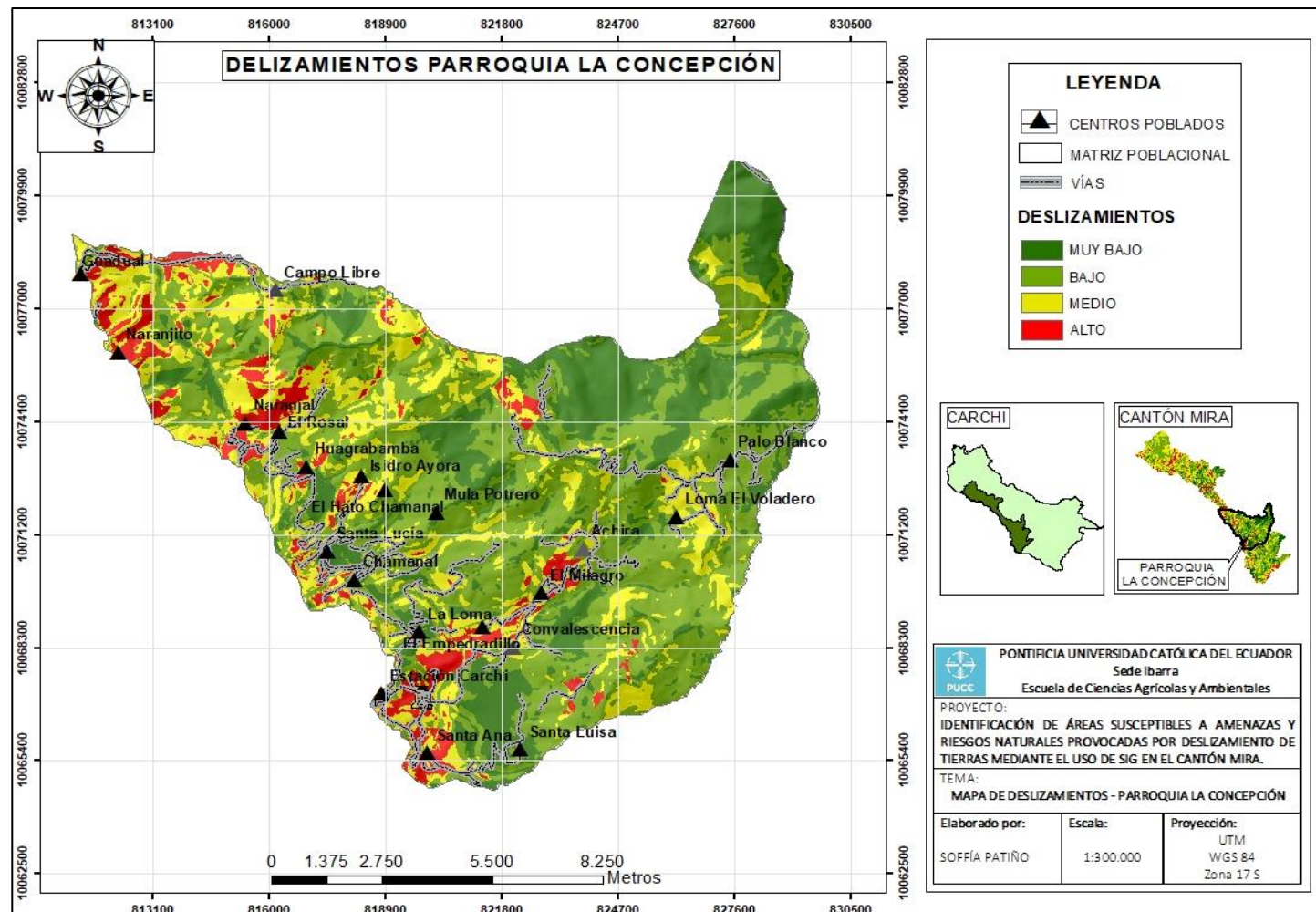


Figura 25. Mapa de deslizamientos de la parroquia La Concepción

Fuente y elaboración: La Autora

6.2.1.4. Parroquia Jijón y Caamaño

A causa de la expansión agrícola, incendios e inundaciones generados en bosques y a su topografía que es parcialmente accidentada, la parroquia de Jijón y Caamaño se caracteriza por ser identificada como la parroquia con mayor amenaza de deslizamientos dirigida hacia la totalidad de poblados que la integran, tales como la comunidad de Tablas, Miravalle, Caliche, Chinambí, La Chorrera Tablas, San Francisco de Tablas, San Juan de Lachas, Espejo 1, Las Regaderas y La Joya como sectores de la matriz rural y en lo que respecta a la matriz urbana Jijón y Caamaño.

Los movimientos de masa en alta y mediana susceptibilidad dentro de esta parroquia afectan principalmente a las edificaciones de viviendas que se encuentran dentro del área provocando un riesgo de colapso en las mismas. Las vías de primer orden que conecta Juan Montalvo- Jijón y Caamaño se ven afectadas por constantes deslizamientos además de ocasionar daños en puentes que conectan a las pequeñas comunidades. Existe riesgo de pérdida de infraestructura de evacuación de aguas ubicadas en vías, las mismas que representan un alto costo en su mantenimiento.

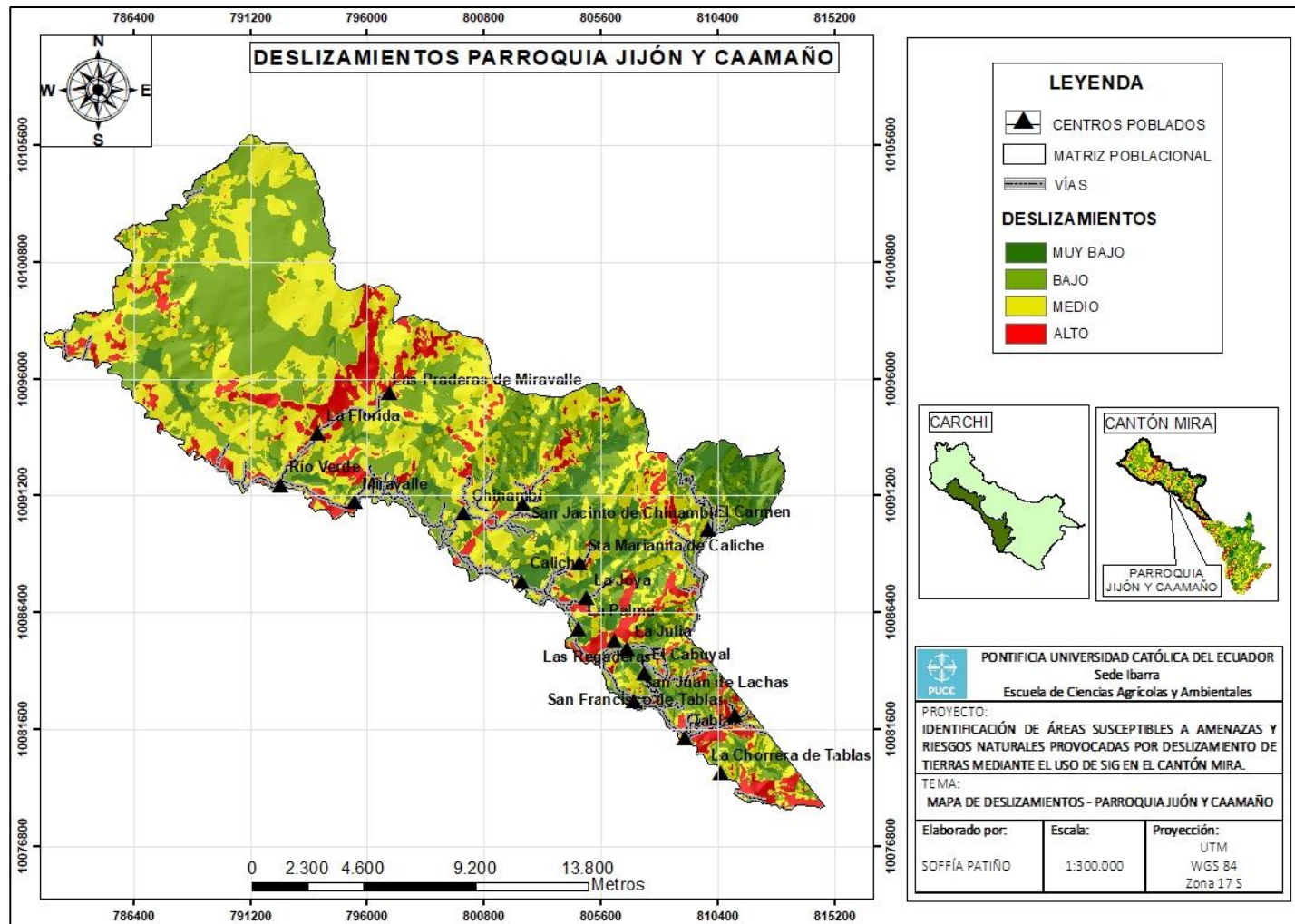


Figura 26. Mapa de deslizamientos de la parroquia Jijón y Caamaño

Fuente y elaboración: La Autora

6.3 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 4 parroquias que conforman el cantón existe 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 a el 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 Mira.

6.3.1. Prevención:

En lo que respecta a prevención es importante mencionar que debe existir la participación de aquellas entidades responsables del diseño, revisión y actualización de toda la información relacionada con planes comunitarios que protejan a la población de la zona, en este caso las autoridades municipales del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mira junto con la Secretaria de Gestión de Riesgos, deberán actuar en el sistema de control para evitar la expansión de la población con relación a cortes en laderas con fines agrícolas o para vivienda, prohibiendo que se den asentamientos en relieves muy pronunciados o áreas donde frecuentemente se suscitan eventos de deslizamientos de tierra.

Las autoridades serán responsables de aplicar las respectivas sanciones a quienes practiquen actividades de excavación en sectores laderosos para venta de terrenos, e impedir la expansión agrícola en zonas destinadas a la protección de vegetación evitando la quema de cobertura vegetal, remoción de vegetación herbácea y arbórea presente en lugares 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 los puntos de deslizamientos identificados se deberán iniciar con trabajos de mitigación, aplicando técnicas o procesos de ingeniería que contribuyan a reducir su impacto, como en el caso de la construcción de muros de contención con enfoque naturalista en donde se aplique el uso de productos que han sido desechados y no representen un costo elevado, de esta forma se promoverá eficiencia en la reducción del grado de peligrosidad.
- Emitir una normativa que regule y prohíba el desarrollo de actividades antrópicas generadas dentro de zonas donde se susciten eventos de deslizamientos, aplicando sus respectivas sanciones.
- Evitar la construcción de cualquier tipo de estructuras como viviendas, en superficies que presenten pendientes muy pronunciadas donde las características del suelo no son

adecuadas para la instalación de una población, al ser áreas relacionadas con deslizamientos.

- Controlar actividades de deforestación que generen la pérdida de cobertura vegetal y aumente el nivel de susceptibilidad a deslizamientos, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas.
- Fortalecer lazos entre los organismos del GAD Provincial/Municipal, MAGAP y MAE, para el control de actividades relacionadas con la extracción de material pétreo y explotación de recursos mineros en zonas ubicadas bajo laderas, con la finalidad de evitar el aumento de peligrosidad del área frente a deslizamientos.
- Las autoridades locales deberán vigilar periódicamente las zonas en donde se han producido deslizamientos especialmente en épocas del año donde los factores detonantes como en este caso la lluvia aumentan su intensidad.
- Establecer una normativa que se encargue de regular el uso adecuado del suelo, especialmente en el campo de ganadería y agricultura, y de esta forma aplicar estrategias que no afecten a la flora y fauna nativa, recurso paisajístico e hídrico.
- Controlar la acumulación de basura en lugares donde su pendiente es muy pronunciada, para evitar el taponamiento de desagües y de esta forma minimizar el riesgo de deslizamientos en épocas lluviosas donde el agua puede filtrarse por otras zonas llegando a desestabilizar el terreno.
- Realizar la señalización de áreas o puntos clave con riesgo de peligro, colocando letreros y señalética clara que indique que es una “zona susceptible a deslizamientos”, para que los pobladores puedan identificar el nivel de riesgo al que se encuentran expuestos, especialmente en vías de tránsito vehicular primarias y secundarias.
- 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.

6.3.2 Medidas de Mitigación:

a) Reducción de fuerzas actuantes en deslizamientos

La finalidad que tiene este procedimiento es el de redistribuir las masas del talud con relación a la pendiente, logrando disminuir la fuerza que deshabilita el equilibrio del talud.

- **Modificación de la geometría del talud:** es uno de los métodos más usados por su efectividad e incluso por su baja inversión económica, el procedimiento que se aplica es realizando una modificación de la pendiente reduciendo su inestabilidad para equilibrar el peso de los materiales sueltos o rocosos, 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.

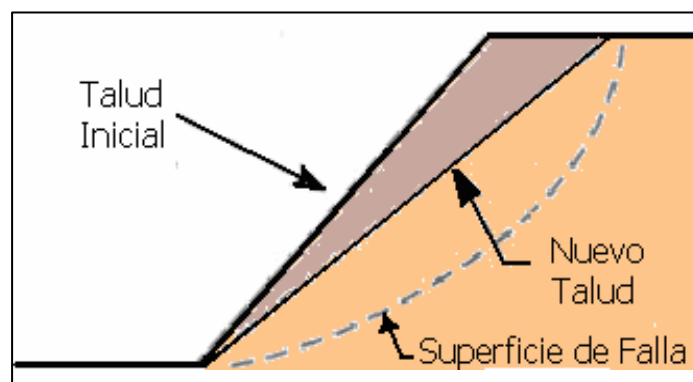


Figura 27. Esquema de proyección de cambio de pendiente de un talud.

Fuente: (PASOLAC, 2000).

- Escalonamiento de taludes:** es otro de los métodos más usados el cual consiste en realizar la construcción de descansos planos o bermas, las cuales contribuyen a la estabilidad de los taludes haciendo que estos se comporten de manera independiente en base a su propio peso, además ayudan a retener bloques desprendidos a causa de deslizamientos. Para el caso de zonas críticas es importante establecer bermas con largo y profundidad mayor, en donde se considere la altura de los taludes no mayores a 5 metros en cada grada

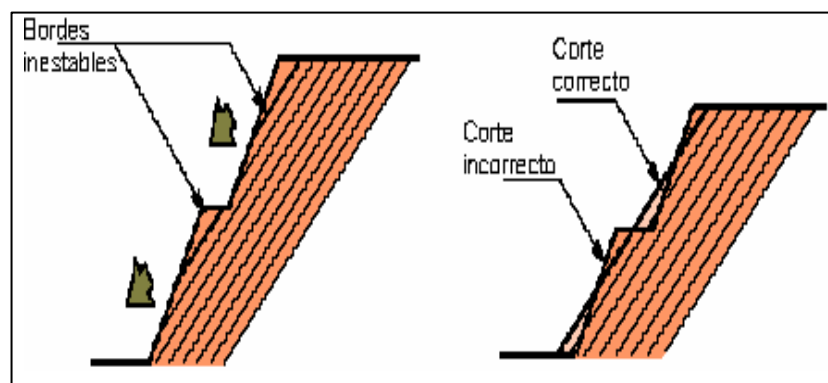


Figura 28. Forma adecuada de realizar el corte en talud, paralelamente a la topografía del mismo.

Fuente: (PASOLAC, 2000).

- 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 largo, los materiales que se pueden implementar en esta técnica son los muros de contención que pueden estar rellenos de tierra o llanas usadas.

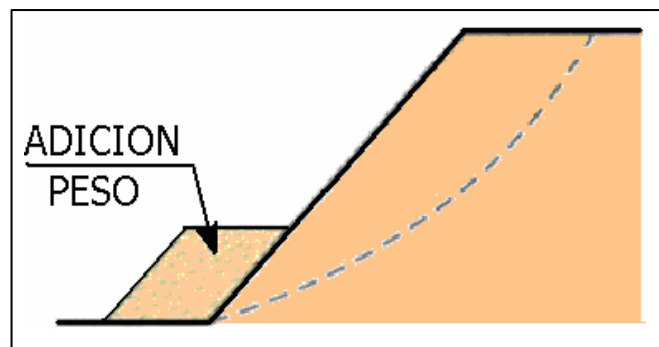


Figura 29. Área de colocación de material al pie del talud

Fuente: (PASOLAC, 2000).

b) Sistemas de drenaje

Esta medida tiene como finalidad el disminuir la cantidad de agua que se encuentra presente en el talud, especialmente en épocas lluviosas, como en este caso en los meses de febrero-marzo, en donde la precipitación aumenta provocando problemas de inestabilidad en taludes que terminara generando grietas y deslizamientos; para ello el procedimiento que se aplica es el de captar el agua que fluye por la superficie conduciéndola a lugares que no afecten a la estabilidad del talud. Generalmente son diseñados para evitar la acumulación de agua en los taludes y evitar encharcamientos.

c) Protección de la Superficie

Las medidas que se aplican en este caso tienen como finalidad el prevenir y proteger suelos erosionados, especialmente en zonas susceptibles a deslizamientos, ayudando de esta forma a que los taludes se encuentren en una condición estable con relación a la humedad, disminuyendo la velocidad de escurrimiento cuando se suscitan lluvias de gran intensidad. Actualmente existe muchos métodos para revestir la superficie de los taludes, pero generalmente los más usados son el de concreto lanzado y suelos cementados, es importante mencionar que este tipo de técnicas se aplican en pendientes no mayores a 45 grados y con un drenaje superficial en la parte superior que actúe juntamente con el revestimiento de la superficie.

d) Reforestación por capas vegetales:

Para el caso de taludes que presentan pendientes moderadas en un rango del 15 al 30 %, se pueden aplicar técnicas que contribuyen con el medio ambiente tales como la siembra de pastos sobre la superficie de zonas susceptibles a deslizamientos, con la finalidad de que en épocas de lluvia el agua no tenga un contacto directo con el suelo, pues la capa vegetal establecida disminuirá la velocidad de esorrentía del agua, y de esta forma se reducirá su grado de amenaza.

e) Reforestación:

Es importante aplicar acciones relacionadas con la reforestación de especies nativas dentro de la zona de estudio, especialmente en zonas de mayor susceptibilidad a deslizamientos localizados en bosques nativos y paramos los cuales se encuentran en procesos de degradación a causa de la expansión de la frontera agrícola, es por ello que se debe aplicar de manera urgente esta medida, para lograr un efecto positivo relacionado con el tema de suelos erosionados y minimización del grado de deslizamientos.

f) Barrera viva:

Esta medida generalmente es usada por agricultores que desean proteger sus cultivos frente a deslizamientos de tierra. En este caso las barreras son hileras compuestas de especies vegetales que son implementadas en curvas de nivel donde su distancia varía de acuerdo a la pendiente que presente el terreno, para el caso de pendientes con 15 % se establecen distancias de 15 a 30 metros, en pendientes de 15 a 30% la distancia es de 10 a 15 metros y para barreras localizadas en pendientes de 30 a 50 % la distancia es de 6 a 10 metros (PASOLAC, 2000). De esta manera se reduce la erosión de las laderas provocadas por escorrentías que circulan a gran velocidad.

g) Barrera muerta:

Generalmente están compuestas por piedras, troncos u otros materiales que ayudan a reducir la erosión del suelo, prácticamente cumplen con las mismas características de las barreras vivas especialmente en la distribución que deben presentar estas sobre un terreno con pendiente pronunciada, en donde se recomienda aplicar un distanciamiento de barreras mucho menor para reducir la velocidad de escorrentías frente al factor detonante como es la lluvia.

6.4 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SEGURAS

A continuación, aplicando el uso del “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”, se procedió a identificar las zonas seguras ubicadas dentro del área urbana del Cantón Mira. Para ello se realizó la división de todo el territorio en cuatro partes correspondientes a cada cabecera parroquial del cantón en estudio, en donde se determinó un total de 14 zonas seguras distribuidas de la siguiente forma: 7 zonas en Mira, 3 en Juan Montalvo, 3 en La Concepción y 2 zonas en la parroquia Jijón y Caamaño, las cuales se describen a continuación:

6.4.1 Parroquia Mira

- **Zona Segura 1:** “Unidad Educativa Carlos Martínez Acosta”

Esta zona presenta una superficie de 15177.77 m² y se encuentra ubicada en la Avenida Ulpiano Palacios y Simón Bolívar, es de fácil acceso y cuenta con infraestructura adecuada para personas con capacidades especiales, además presenta todos los servicios básicos y un campo verde muy amplio. El área posee todas las características necesarias para ser usada como zona segura y albergar a personas en caso de emergencias como eventos de deslaves e inundaciones.

- **Zona Segura 2:** “Unidad Educativa Fiscomisional León Ruales”

Se encuentra ubicada en la Avenida León Ruales y Gonzáles Suárez, presenta una superficie de 3432.67 m² y cuenta con todos los servicios básicos, por lo que es considerada un área ideal para albergar a personas por un corto plazo, puesto a que cada persona necesita un espacio de 1 m².

- **Zona Segura 3:** “Estadio Galo Plaza”

Esta zona se encuentra ubicada en la Avenida León Ruales y Antonio José de Sucre, el área cuenta con una superficie de 8147.98 m², y servirá para que las personas puedan reunirse en

el menor tiempo posible dentro del lugar, no es un sitio apto para instalación de albergues pues su superficie es de tierra y no cuenta con el servicio básico de agua pese a que si presenta alumbrado eléctrico.

- **Zona Segura 4:** “Parque Juan Montalvo”

El parque se localiza en la calle Gonzales Suárez y Eugenio Espejo, y presenta una extensión de 2035.27 m², es un espacio adornado con vegetación natural por lo que es apto para que la población pueda reunirse ante cualquier evento adverso, hasta que la situación se normalice nuevamente.

- **Zona Segura 5:** “Coliseo Ciudad de Mira”

Presenta una infraestructura completamente cubierta y cuenta con todos los servicios básicos para que una población en situación de pérdida de vivienda pueda albergarse en este sitio de manera temporal, actualmente se ubica en la calle Narchín y Mira y presenta una superficie de 6741.27 m².

- **Zona Segura 6:** “Estadio Municipal de Mira”

El estadio municipal se ubica en la calle Narchín y Mira y presenta una extensión de 11432.02 m², físicamente no tiene ninguna cobertura que lo proteja de las épocas de lluvia y además no cuenta con todos los servicios básicos, pese a eso, sirve como un lugar amplio para puntos de encuentro temporal de la población en caso de emergencia hasta que el evento se normalice.

- **Zona Segura 7:** “Educación Básica de la UECMA”

Este establecimiento educativo cuenta con una superficie de 10588.91 m² y está ubicado en la calle Eugenio Espejo, su infraestructura es la más adecuada para la instalación de alberges en caso de que exista la pérdida de viviendas en eventos de inundaciones o deslizamientos de tierra, posee un amplio campo y cuenta con todos los servicios básicos que requiere una población.

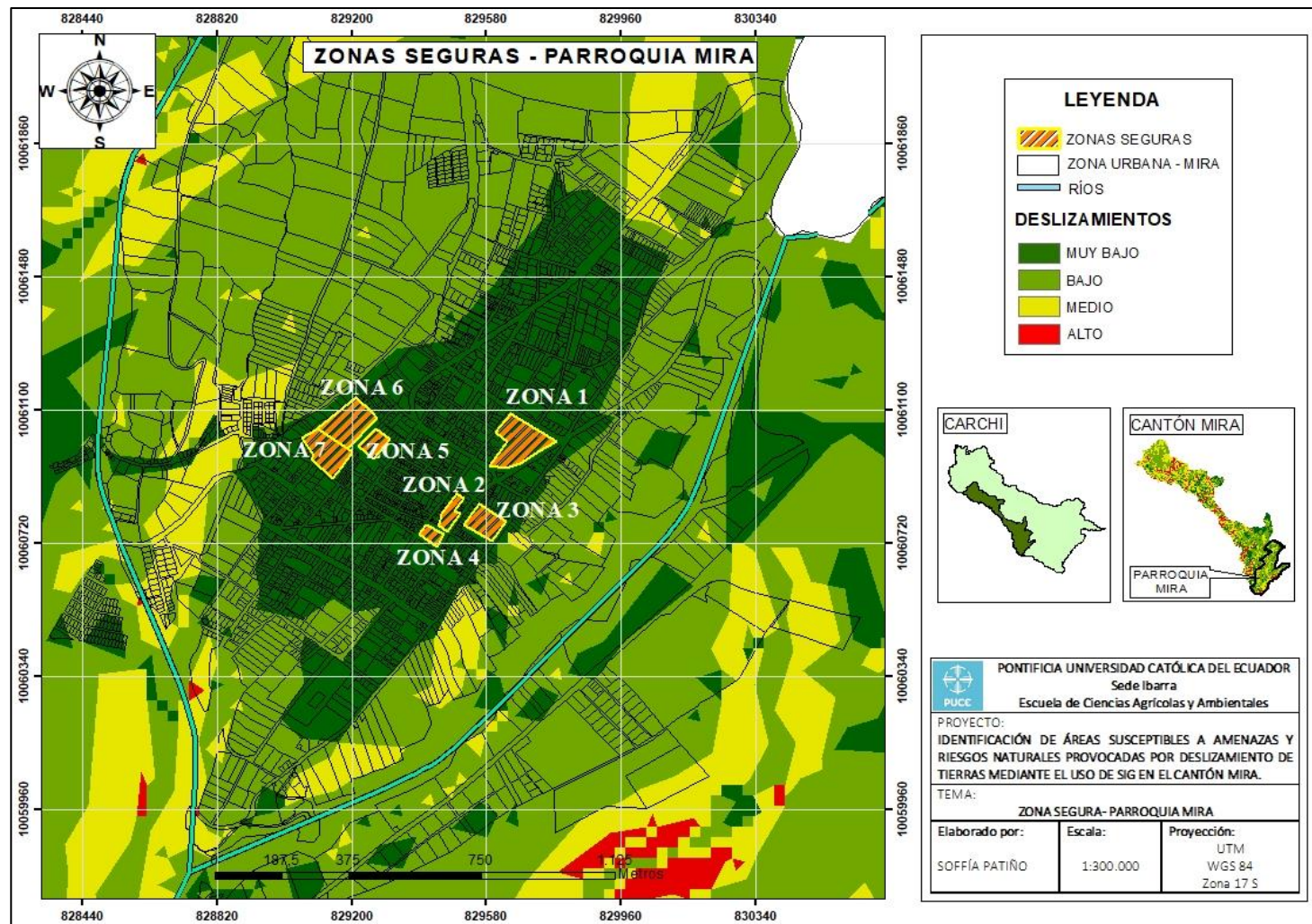


Figura 30. Zonas Seguras de la Parroquia Mira

Fuente y elaboración: La Autora

6.4.2 Parroquia Juan Montalvo

- **Zona Segura 8:** “Cachas Deportivas”

Se localiza en la Calle del Maestro frente a la Unidad Policial Comunitaria, su infraestructura es extensa al presentar una superficie de 8494.23 m², y puede servir como un lugar para albergar a personas en un período de tiempo corto hasta que la situación de emergencia se normalice.

- **Zona Segura 9:** “Parque Alfonso Herrera”

Se ubica en el centro de la parroquia Juan Montalvo específicamente en la calle Simón Bolívar y Chugchurumi, con una extensión de 1085.35 m², es un lugar muy amplio y facilita a la población el acceso al mismo como punto de encuentro en situaciones de emergencia.

- **Zona Segura 10:** “Colegio Juan Montalvo”

Este establecimiento educativo se ubica en la calle 9 de Enero junto al Subcentro de Salud Pública, cuenta con una superficie de 7436.04 m² y presenta todos los servicios básicos para la instalación de albergues en situaciones de emergencia tanto por inundaciones o deslizamientos de tierra.

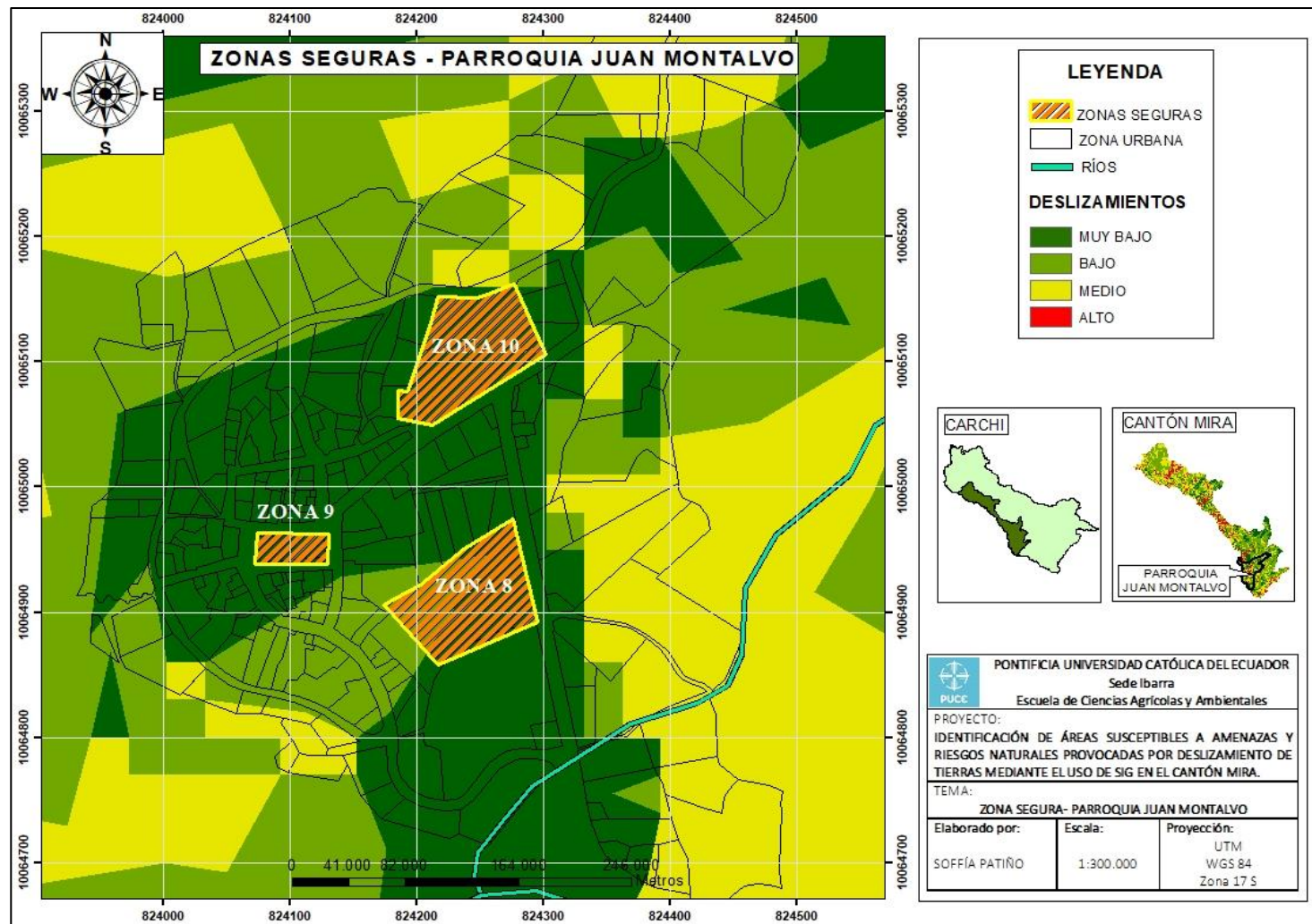


Figura 31. Zonas Seguras de la Parroquia Juan Montalvo

Fuente y elaboración: La Autora

6.4.3 Parroquia La Concepción

- **Zona Segura 11:** “Parque”

Se localiza frente a la Unidad Policial Comunitaria en las calles 2 de Febrero y Avenida el Edén, su extensión es de 1153.39 m² y es un lugar apto como punto de encuentro para que la población se reúna por cierto tiempo en caso de emergencias, es de fácil acceso al situarse en el centro de la parroquia La Concepción.

- **Zona Segura 12:** “Coliseo”

Presenta una superficie de 18749.103 m² y está ubicado en la calle 10 de Agosto junto al Subcentro de Salud Pública, es un lugar muy amplio por lo que es apto para que los moradores del sector puedan ingresar a este sitio hasta que el evento de emergencia se normalice.

- **Zona Segura 13:** “Colegio 19 de noviembre”

Este establecimiento educativo se encuentra ubicado en la Avenida El Edén y Luciano Folleco, su extensión es de 11910.83 m² y cuenta con todos los servicios básicos para la instalación de albergues temporales en situaciones críticas de emergencia que requiera la población que habita en la comunidad.

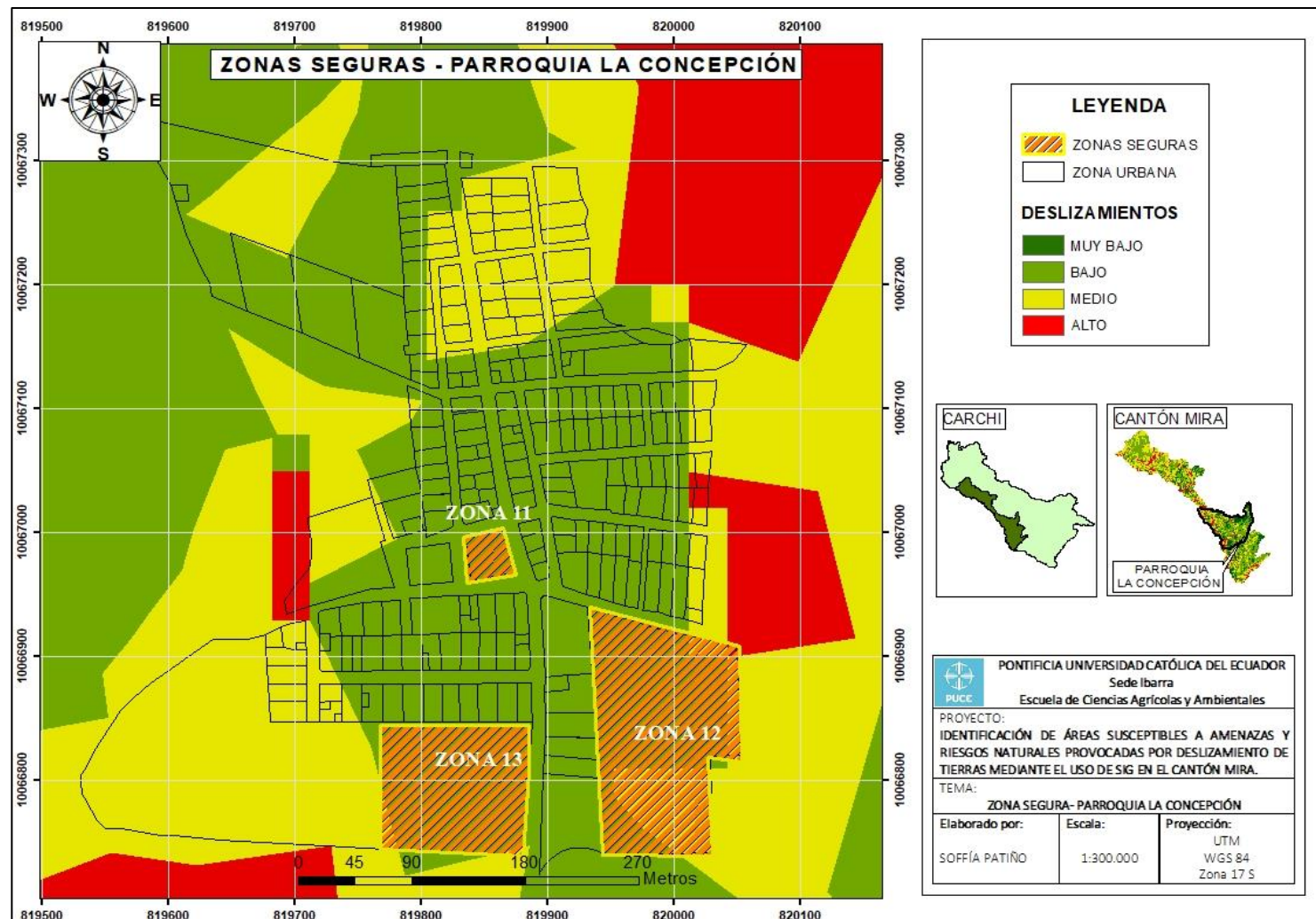


Figura 32. Zonas Seguras de la Parroquia La Concepción

Fuente y elaboración: La Autora

6.4.4 Parroquia Jijón y Caamaño

- **Zona Segura 14:** “Campo Deportivo”

Es un área situada en la parte sur de la parroquia urbana Jijón y Caamaño cerca del Río Blanco, su extensión es de 651.10 m², al no presentar todos los servicios básicos como agua y luz, esta zona puede ser destinada como punto de encuentro para que los moradores se reúnan y esperen hasta que eventos de emergencia se normalicen y pueda cada uno regresar a sus actividades diarias.

- **Zona Segura 15:** “Campo Deportivo”

Al igual que el campo deportivo mencionado anteriormente, este sitio puede servir como un punto de encuentro hasta que el evento de emergencia se normalice, es importante mencionar que esta zona presenta una extensión de 4116.24 m² y al no existir un área con infraestructura adecuada para la instalación de albergues temporales dentro de la zona urbana de esta parroquia, este sitio puede considerarse un opción para establecer albergues ya que se encuentra alejado del Río Blanco y lo convierte en un lugar seguro.

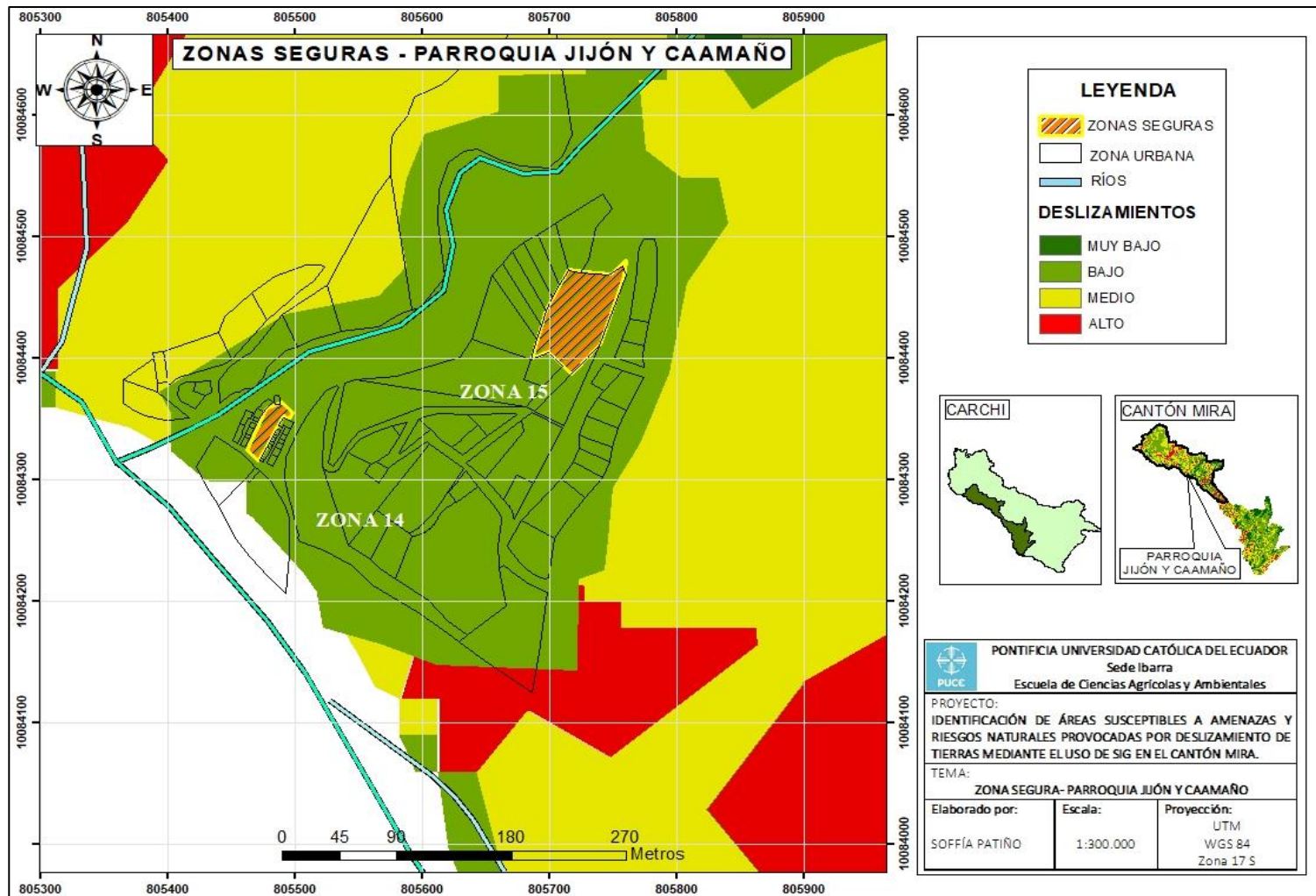


Figura 33. Zonas Seguras de la Parroquia Jijón y Caamaño

Fuente y elaboración: La Autora

6.5 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 entender y desarrollar el análisis multicriterio dentro de este estudio, se consideró la opinión de autores relacionados con temas similares a éste, tal como lo es De Paula, (2016) el cual se enfocó en realizar su investigación en el cantón Ibarra usando como factores condicionantes la pendiente, cobertura vegetal, permeabilidad, unidades litológicas y como factor detonante la precipitación asignando a cada una de estas variables las siguientes ponderaciones de acuerdo al nivel de importancia que presenta cada una de ellas en la generación de deslizamientos de tierra, otorgándoles los porcentajes de 17%, 15%, 15%, 33% y 20% respectivamente. Es por ello que considerando la cercanía de la zona de estudio hacia el Cantón Mira, pese a que pertenecen a dos provincias distintas, presentan algunas características similares con relación a las variables, por lo que se optó por aplicar los mismos factores condicionantes y detonante para este estudio, con la diferencia de que el nivel porcentual asignado a cada uno de ellos varía en su nivel de importancia frente a los deslizamientos.

Es importante mencionar que las variables consideradas para esta investigación son las mismas que aplica el IEE, (2013) para generar información relacionada con movimientos de masa a nivel del territorio nacional, con la diferencia de que los factores detonantes son la sismicidad y la precipitación, por lo que dichas investigaciones discrepan con relación a este estudio pues solo se aplicó un factor detonante que en este caso fue la precipitación, mas no la sismicidad por el hecho de que el cantón Mira no presenta susceptibilidad con dicha variable, 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 del Cantón Mira.

6.6 SOCIALIZACIÓN

El evento se realizó el día lunes 17 de diciembre del 2018, en el “Salón Máximo” del GAD del Cantón Mira, a las 15h00. La invitación fue dirigida hacia el alcalde del Cantón Mira, así como también a las autoridades encargadas del área de Gestión de Riesgos de la municipalidad de Mira, al Servicio Integrado de Seguridad ECU 911, representado dentro del cantón por el Cuerpo de Bomberos y la Unidad de Policía Comunitaria, además de pobladores que transitan a diario por las vías de cada parroquia en este caso la Cooperativa de Transportes Mira, con la finalidad de socializar el trabajo de investigación de “Identificación de áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales provocados por deslizamientos de tierra, mediante el uso de SIG en el Cantón Mira”.

En la socialización participaron 14 personas, integradas por cada autoridad, representantes y personas interesadas en el tema, mismo que abarcó contenido sobre los objetivos aplicados, la metodología, resultados obtenidos en la presente investigación. La presentación se enfocó en dar a conocer a la población del cantón Mira, la problemática que existe en la zona rural y urbana sobre los deslizamientos de tierra, cuáles son las zonas identificadas con cierto grado de susceptibilidad a deslizamientos, que medidas de prevención y mitigación se podrían aplicar para reducir el impacto de esta problemática, así como también socializar los diferentes puntos identificados como zonas seguras frente a eventos de riesgo dentro del cantón.

A continuación, se realizó la presentación de las respectivas conclusiones y recomendaciones obtenidas al finalizar el desarrollo de esta investigación, dando así la culminación de la socialización. Posteriormente se entregó a la población asistente a la convocatoria una encuesta de verificación del nivel de impacto que generó dicha socialización hacia los participantes, dando como resultando lo siguiente:

Tabla 21

Resultados de la encuesta de socialización aplicada en el Cantón Mira

	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Nulo	Total
Pregunta 1	14	0	0	0	0	14
Pregunta 2	14	0	0	0	0	14
Pregunta 3	14	0	0	0	0	14
Pregunta 4	12	2	0	0	0	14
Pregunta 5	14	0	0	0	0	14
Pregunta 6	14	0	0	0	0	14
Pregunta 7	14	0	0	0	0	14
Pregunta 8	13	1	0	0	0	14
Pregunta 9	14	0	0	0	0	14

Fuente: Encuesta de socialización

Elaborado por: La Autora

Los resultados obtenidos a través de las encuestas nos muestran que en la pregunta número 4 referente a el manejo del auditorio por parte del expositor el 85.71 % de los participantes afirmo ser “muy alto” a diferencia del 14.28% quienes señalaron en esta pregunta la escala “alto” en el manejo del auditorio por parte de la expositora. Para la pregunta número 8 referente a que, si el tema desarrollado en la investigación genera beneficios para alguna organización, o comunidad en este caso para el Cantón Mira, el 92.85% de los participantes consideró la escala “muy alta”, a excepción de un participante que corresponde al 7.14 % de los encuestados, quien optó por señalar la opción “alto” en dicha pregunta. Para el resto de las preguntas el 100% de los participantes señalaron el nivel “muy alto” dando como resultado final que la socialización fue positiva, clara y concreta con relación a la presentación desarrollada hacia cada uno de los participantes.

Dentro de los comentarios o sugerencias que mencionaron algunos encuestados fue que se debería socializar este tipo de investigación hacia los diferentes cabildos que integran el cantón en estudio. Finalmente, algunas problemáticas que se destacaron dentro de las encuestas fueron el de los incendios forestales, los lugares de asentamientos que no ofrecen seguridad de vivienda, la contaminación por fuentes de agua, la falta de señalización en las vías y las inundaciones generadas en el cantón, este tipo de problemáticas según los participantes, deberían ser investigadas por el nivel de importancia que presentan estos temas en el cantón Mira.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- En el mapa de deslizamientos de tierra generado a través de la sobreposición de mapas temáticos de los factores en estudio, se pudo identificar los niveles de amenaza en los que se encuentra el cantón Mira, destacándose con un 43.17 % el nivel bajo de peligrosidad, seguido del 37.5 % de peligro medio o moderado en la zona centro y norte del territorio, un 14.48 % corresponde a zonas muy bajas o nulas frente al peligro y el 9.83% de alto riesgo o susceptibilidad a deslizamientos de tierra, por el ello en el nivel medio y alto de peligro se deberían aplicar medidas de prevención y mitigación para evitar eventos o sucesos en donde se encuentre presente los deslizamientos de tierra.
- La mayor concentración de deslizamientos de tierra entre nivel moderado y alto se sitúa en la parroquia Jijón y Caamaño y La Concepción afectando principalmente a sectores como Caliche, Espejo 1, San Juan de Lachas, San Francisco de Tablas, Tablas entre otros, al poseer pendientes muy pronunciadas y donde predomina la presencia de cultivos de ciclo corto, pasto y bosques intervenidos, lo cual favorece el incremento de susceptibilidad a deslizamientos de tierra especialmente en temporada de lluvia donde su precipitación es muy elevada.
- En lo que respecta al nivel de amenaza bajo, este se sitúa en la zona sur del cantón Mira abarcando principalmente la zona urbana de las parroquias Mira, Juan Montalvo y sectores como el Rosal y Santa Luisa, en donde su pendiente es generalmente plana y no afecta directamente a la población urbana de mencionados sectores, a excepción de las zonas rurales donde la mayoría se integran dentro de los niveles medios y altos frente a riesgo de deslizamientos.
- El factor que más incide dentro de la zona de estudio es la precipitación ya que la probabilidad de que se suscite un deslizamiento de tierra aumenta cuando son temporadas lluviosas, especialmente en zonas donde la pendiente es muy elevada. Según el registro histórico de amenazas naturales a nivel del Carchi, la mayor parte de

afectación a vías e infraestructura es provocada por las torrenciales lluvias que provocan deslizamientos de tierra.

- Los factores condicionantes que más influyen en los deslizamientos de tierra es la pendiente y la cobertura vegetal, principalmente porque el cantón presenta una topografía inclinada, donde existen cultivos en su mayoría de ciclo corto y deforestación que contribuyen a la formación de deslizamientos.
- No existe un plan de prevención y mitigación para enfrentar eventos de deslizamientos que afecten a la población asentada en sitios vulnerables, actualmente en el manejo de vías existe la limpieza inmediata en caso de suscitarse un deslizamiento que obstruya el paso al tránsito vehicular.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de información actualizada, para que de esta forma los datos resultantes sean lo más cercanos posibles a la realidad.
- Aplicar el mismo método de estudio en investigaciones futuras que tengan un mayor enfoque hacia centros poblados en áreas rurales para obtener una mejor visión de la vulnerabilidad y el riesgo que ocurre en el cantón Mira y de esta forma mejorar la planificación y ordenamiento territorial de la zona.
- Realizar un mejor control y seguimiento a aquellos puntos identificados con deslizamientos de tierra para evitar daños a las vías y a la población.
- Desarrollar una capacitación dirigida por cada gobierno parroquial hacia sus comunidades, informándoles sobre el riesgo que presenta la población que se encuentra en zonas vulnerables, para evitar la expansión agrícola y de vivienda en el territorio. Además de los sistemas de alerta en caso de suscitarse un evento de riesgo natural.
- Realizar el manejo de información con escalas pequeñas para obtener resultados más precisos y acordes a la realidad.
- Revisar constantemente los planes catastrales de cada comunidad para evitar la instalación de viviendas en sitios críticos, y prohibir su construcción.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcaldía Mira . (26 de Abril de 2017). *mira.ec*. Obtenido de https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=680277935497797&id=100005467905720
- Almeida, F. (Febrero de 2016). *IDENTIFICACION DE ZONAS DE RIESGO NATURALES OCASIONADOS POR DESLIZAMIENTOS DE TIERRA MEDIANTE EL USO DE SIG EN EL CANTON IBARRA*. Ibarra, Ecuador.
- Aristizábal, E., & Yokota, S. (2006). *Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de Aburra*. *Dyna*, 5-16. Obtenido de file:///D:/Dialnet-PrecipitacionesExtremasYSusImplicacionesEnProcesos-3842831.pdf
- Cardona, O. (1993). “*Evaluación de la Amenaza, la vulnerabilidad y el Riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo*”: *Los desastres son naturales*. Bogota: Ediciones tercer mundo. Obtenido de <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>
- Cardona, O. (2002). *Sistemas ancionales y mecanismos institucionales para la Gestión integral de riesgos y desastres. : Documento interno de trabajo, Oficina de asistencia para desastres en el extranjero*. San José, Costa Rica.
- Casanova, G. E. (2011). *Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial del Canton Mira 2011- 2031*. Mira.
- Centeno, Á. Y., & Rosales, S. U. (2009). *Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua*. Carazo.
- Chinchilla, R. M., Castro, S. M., Vahrson, W.-G., & Central., C. d. (1992). *Mapa de amenaza de deslizamientos*. Costa Rica: [San Jose, Costa Rica?] : CEPREDENAC, [1994?].
- CLIRSEN. (2012). *Programa sociobosque (Anexo 6)*. Quito. Obtenido de <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Anexos.pdf>
- CONAGUA. (2006). *Geología de depósitos de Talud para la margen derecha del eje de boquilla*. Guanajuato.
- Cornelis, J. (1993). *Aplicacion del sistema de informacion geografica en zonas de deslizamiento*.

- Corominas, J. (1992). *Movimientos de ladera: predicción y medidas preventivas*. Valencia, España. Obtenido de <http://www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc4980/doc4980-a.pdf>
- Deslizamientos y estabilidad . (s.f). *Deslizamientos y estabilidad en taludes en zonas tropicales*. Obtenido de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101-parte05.pdf>
- El Comercio. (16 de Octubre de 2015). *Un talud provocó el cierre de la vía Mascarilla-Mira, en Carchi*, pág. 13.
- FAO. (2007). www.fao.org/ag/ca/. Obtenido de http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sm/soil_moisture.pdf
- FAO. (2008). *En tierra segura (Desastres naturales y tenencia de tierra)*. Ecuador. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/013/i1255b/i1255b02.pdf>
- Fernandez , F. (1995). *Manual de Climatología Aplicada*. Sintesis S.A.
- GAD Carchi. (12 de Julio de 2016). [carchi.gob.ec](http://www.carchi.gob.ec). Obtenido de <http://www.carchi.gob.ec/2016f/index.php/informacion-cantonal/canton-mira.html>
- GAD Mira. (02 de Junio de 2003). mira.ec. Obtenido de <http://mira.ec/geografia/>
- GAD Mira. (2013). mira.ec. Obtenido de Canton Mira: <http://mira.ec/canton-mira/>
- Garzon, V., & Pavon, C. (2014). *Evaluación y Zonificación de Susceptibilidad y Amenazas/Peligros por Fenómenos de Remoción en Masa en el Cantón Pallatanga*. Pallatanga.
- General, R. (14 de Enero de 2015). *Definición de Relieve*. Obtenido de [conceptodefinicion.de: http://conceptodefinicion.de/relieve/](http://conceptodefinicion.de/relieve/)
- Gomez, N. (2013). *SIG para Determinar la Susceptibilidad a Movimientos en Masa en la Cuenca del Río Campoalegre*. Manizales.
- Gómez, N., Osorio, Y., & Salazar, J. (2013). <http://ridum.umanizales.edu.co>. Obtenido de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1011/SIG%20PARA%20DETERMINAR%20LA%20SUSCEPTIBILIDAD%20A%20MOVIMIENTOS%20EN%20MASA%20EN%20LA%20CUENCA%20DEL%20RIO%20CAMPOALEGRE.pdf?sequence=1>
- Gonzales, L. (Marzo de 2012). *Estimación del Gasto Máximo para la Cuenca del Río Tecolutla, usando el Modelo Regional*. Mexico.

- Hervas, J. (2001). *Evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos mediante el uso conjunto de SIG, teledetección y métodos de evaluación multicriterio*. Tiraján, Gran Canaria.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. (2012). *Guía para la Identificación de los Peligros y la Valoración de los Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional*. Colombia.
- Instituto Espacial Ecuatoriano, IEE. (2013). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25000*. Cantón Mira.
- Instituto Espacial Ecuatoriano. (s.f). *Catálogo nacional de Objetos Versión 2.0*.
- Instituto Espacial Ecuatoriano. (s.f). *institutoespacial.gob.ec*. Obtenido de <http://www.institutoespacial.gob.ec/>
- Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI. (2006). *Protocolo para instalación de albergues*. Perú.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (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*. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. (9 de 10 de 2010). *ecuadorencifras.gob.ec*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/carchi.pdf>
- Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales, INETER. (2005). *Metodologías para el análisis y manejo de los riesgos naturales*. Nicaragua.
- Instituto Ecuatoriano de Minería. (1986). *Levantamiento Geológico de Maldonado. Maldonado- Carchi*. Obtenido de http://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/100K_r/HOJAS_GEOLOGICAS_100k/MALDONADO_PSAD56_Z17S.compressed.pdf
- ISIS. (2013). *Mira Balcón de los Andes*. Obtenido de <http://mira.ec/canton-mira/>
- La Hora. (Martes 11 de Abril de 2017). *Suspensión del servicio de agua potable desespera en Mira*.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1996). *Soil mechanics*.
- Lugo, H. J. (1988). *Elementos de Gormorfología Aplicada: Métodos Cartográficos*. Mexico.

- Ministerio del Ambiente, MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito. Obtenido de http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAGAP. (Agosto de 2011). *geoportal.magap.gob.ec*. Obtenido de http://geoportal.magap.gob.ec/mapas/carchi/mapa_uso_cobertura_carchi.pdf
- Manrique, G., & Rosero, P. (Agosto de 2011). <http://www.puce.edu.ec>. Obtenido de <http://www.puce.edu.ec/documentos/Investigacion/2011/PUCE-Investigacion-2011-GEO-Erosion-Imbabura.pdf>
- Molina, J. (2009). *Técnica para crear e identificar Mapas de Susceptibilidad por Remoción de Masa usando aplicaciones SIG*. Bucaramanga.
- Mora, R. (2004). *Evaluación de la susceptibilidad de deslizamiento del Cantón San José, Provincia de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Mora, S., & Vahrson, W.-G. (1993). *Macrozonation methodology for landslide hazard determination*. Costa Rica.
- OPS. (2000). *oas.org*. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea57s/ch005.htm>
- PASOLAC. (2000). *Guía Técnica de conservación de suelos de agua*. San Salvador: New Graphic. Obtenido de <http://infoagro.net/programas/ambiente/pages/agricultura/herramientas/3.pdf>
- PDOT Jacinto Jijón y Caamaño. (2011). *Actualización del Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de la Parroquia Jacinto Jijón y Caamaño 2011-2031*. Jacinto Jijón y Caamaño.
- PDOT Mira. (2013). *“GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1: 25 000”*. Mira. Obtenido de <http://docplayer.es/29007007-Generacion-de-geoinformacion-para-la-gestion-del-territorio-a-nivel-nacional-escala-1-25-000.html>
- PDOT Mira. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Mira. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0460000560001_Pla

n%20de%20Desarrollo%20Y%20Ordenamiento%20Territorial2015_2019_20-02-2015_18-36-06.pdf

- Peña, J. (s.f). *Sistemas de Información Geográfica aplicadas a la Gestión del Territorio*.
Obtenido de <https://www.editorial-club-universitario.es/pdf/2900.pdf>
- Plaza, G., & Yépez, H. (2001). En *Metodología de Zonificación de Áreas Susceptibles a Deslizamiento Quimsacocha*. Cuenca.
- Plaza, G., & Yépez, H. (2001). *Manual para la Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable*.
- Quishpe, C. (2012). “*Estudio de Factibilidad para la Creación de una Finca Turística en Río Blanco, Parroquia Jacinto Jijón y Caamaño, del Cantón Mira, Provincia del Carchi*”. Ibarra.
- Riesgos Geológicos Externos. (s.f). *Riesgo Geológicos Externos Causados por Movimientos de Terreno*. Obtenido de http://www.iesae.com/documentos/biologiaTemarioCTMA/1304.MOVIMIENTOS_DE_LADERAS.pdf
- Rodriguez, M. (2016). "*Análisis Comparativo entre Método de Brabb y Brabb Modificado, para fenómenos de remoción en masa en la Cuenca del Río Chinambí del Cantón Mira*". Quito.
- Saenz, M. (2002). *HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA*. Bogota, Colombia.
- Sarmiento, P., & Segura, N. (2011). Conferencia hemisférica para la reducción de riesgos. *Tercera cumbre de las américas* (pág. 2). San José: ITERNEM.
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES. (2013). *Catálogo Nacional de Objetos Geográficos Versión 2.0*. Quito: 1º Edición. Obtenido de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/Catalogo-Nacional-de-objetos-geogr%C3%A1ficos.pdf>
- Sistema Nacional de Información, SNI. (s.f.). *sni.gob.ec*. Obtenido de <http://sni.gob.ec/coberturas>
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: Publicaciones UIS. Obtenido de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101-parte05.pdf>
- Suarez, J. (2013). *TOMO I: Análisis Geotécnico, Deslizamientos*.

- Tambó, W. (2011). *Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja, Ecuador*. La Habana.
- Terzaghi, R., & Peck, R. (1996). *Mecánica de suelos*.
- Velásquez, A., & Durán, E. (2010). *La cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo* .pp 28. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/601/cobertura.pdf>
- Yee, J. (2008). *Zonificación de áreas susceptibles y niveles de Vulnerabilidad ante Amenazas del tipo Movimientos de masa y desbordes por crecidas, en el trayecto urbano de la Quebrada Milla*. Merida - Venezuela.

9. ANEXOS

Anexo 1: Lista Histórica de Desastres Naturales en la Provincia del Carchi

Tabla 22

Matriz de historial de amenazas naturales y antrópicas

CANTÓN	PARROQUIA	COMUNIDAD	RIESGO PRESENTADO	AÑO	CONSECUENCIAS
MIRA	MIRA	SAN ROQUE	Desborde de agua	2012	Materiales
		CHONTAGUASI	Desborde de agua	2012	Materiales
		LA TOLA	Desborde de agua	2013	Materiales
		LAS ESMERALDAS	Desborde de agua	2013	Materiales
	JIJÓN Y CAAMAÑO	RÌO BLANCO	Deslizamiento de tierra	2004	Dstrucción de viviendas
		JIJÓN Y CAAMAÑO	Incendio forestal	2012	Ninguna
	LA CONCEPCIÓN	ONVALECENCIA	Lluvias intensas	2012	Casas caídas
		LA LOMA	Lluvias intensas	2011	Casas caídas
	JUAN MONTALVO	EL HATO DE CHAMANAL	Deslizamiento de tierra	2012	Casas caídas
			SANTA LUCIA	Deslizamiento de tierra	2012
		LA CONCEPCIÓN	Inundación	Permanente	Casas inundadas
		ROSAL	Vientos fuertes	2014	Casas caídas
		JUAN MONTALVO	Incendio forestal	2012	Pérdida de vegetación.
		TULQUIZAN	Vientos fuertes	2008	Perdida de Techos
		HUAQUER	Vientos fuertes	2010	Inundación de viviendas
		PIQUER	Vientos fuertes	2009	Perdida de Techos
SAN MIGUEL		Vientos fuertes	2013	Inundación de	

					viviendas
		SANTIAGUILLO	Vientos fuertes	2014	daño del techo en la Escuela
		CABAYAL	Vientos fuertes	2008	Techos de las casas.
		JUAN MONTALVO	Vientos fuertes	2013	Techo de la vivienda y varios artículos del hogar
			Deforestación	2013	Perdida de vegetación
			Deforestación	2014	Perdida de vegetación

Fuente: (Gobierno Provincial del Carchi, 2015). Plan de Gestión de Riesgos

Tabla 23

Matriz de amenazas naturales y antrópicas por cantones

PARROQUIA	COMUNIDAD	RIESGO	DETALLE	ORIGEN		FRECUENCIA DE OCURRENCIA
				Natural	Antrópico	
MIRA	Barrio La Tola	Inundación	Se desborda, baja por adoquinado e inunda casas, rompe adoquinado afecta a Barrio la Tola, Las Esmeraldas, San Roque y Barrio Chontahuasi. Agua que proviene de la Acequia Pueblo Viejo.	x		Abril / Septiembre
	Barrio Central	Inundación	Se desborda la Acequia y afecta	x		Septiembre

			vía abajo, proviene de Acequia Pueblo Viejo			
JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO	Jacinto Jijón y Caamaño	Inundación	El río crece y puede inundar la vivienda, 512poca512 el puente se está destruyendo.	x		Febr_ Abril/ Oct- dic
		Deslizamie nto	En época de las lluvias ocurre deslizamiento de tierras	x		Febr_ Abril/ Oct- dic
	La Primavera	Inundación	El río crece e inunda los cultivos y las viviendas	x		Febr_ Abril/ Oct- dic
	San Jacinto	Inundación	El río crece y provoca inundación	x		Febr_ Abril/ Oct- dic
LA CONCEP CIÓN	Chamanal	Inundación	Cuando llueve la corriente sube y se desborda	x		Septiembre- Diciembre
	Santa Lucia	Inundación	En época de lluvia el agua baja por la ladera, y los caminos se desbordan	x		Septiembre- Diciembre
	El Hato	Deslazami ento	Cuando llueve se desliza la tierra por las casas	x		Septiembre- Diciembre
	La Loma	Inundación	Cuando llueve se inunda las acequias y se inunda las casas	x		Septiembre- Diciembre
JUAN MONTAL	Piquer	Inundación	El agua lluvia baja por el camino	x		Septiembre- Diciembre

VO			inundando casas			
	Huaquer	Inundación	El agua lluvia se almacena en la parte baja inundando las casas	x		Septiembre-Diciembre
	Tulquizán	Inundación	El agua lluvia, se almacena en la parte baja inundando las casas	x		Septiembre-Diciembre
	Juan Montalvo	Inundación	La quebrada existente en la montaña recoge el agua, baja hasta el poblado, provocando inundación	x		Septiembre-Diciembre

Fuente: (Gobierno Provincial del Carchi, 2015). Plan de Gestión de Riesgos

Anexo 2. Datos para la elaboración de mapas

Tabla 24

Fuentes de información geográfica y no geográfica

Fuente	Descripción de información
SENPLADES	Shapefiles
GAD Mira	Shapefiles, Mapas
GAD Carchi	Shapefiles, Mapas
Sistema Nacional de Información	Shapefiles
Sistema Integrado de Amenazas Naturales	Mapas amenazas naturales.

Elaborado por: La Autora

Tabla 25

Archivos considerados en el modelo cartográfico

Nombre	Descripción	Fuente
Matriz catastral	Zona urbana y rural del cantón Mira	SENPLADES
División Política. shp	Parroquias del cantón Mira	SENPLADES
Vías. Shp	Vías de acceso a nivel cantonal	GAD Carchi
Curvas de nivel. shp	Curvas de nivel	GAD Carchi, SENPLADES
Cobertura vegetal. shp	Cobertura vegetal	GAD Carchi, SENPLADES
Pendiente. Shp	Pendientes	GAD Carchi
Isoyetas. Shp	Precipitación	GAD Carchi, SIN
Clima	Tipos de clima	SIN
Textura. Shp	Textura del suelo	GAD Carchi
Litología. Shp	Permeabilidad del suelo	GAD Carchi, SIN
Uso del suelo. shp	Uso del suelo	GAD Mira, SENPLADES
Erosión. Shp	Intensidad y tipos de erosión	SIISE

Elaborado por: La Autora

Anexo 3. Model Buldier ArcGis

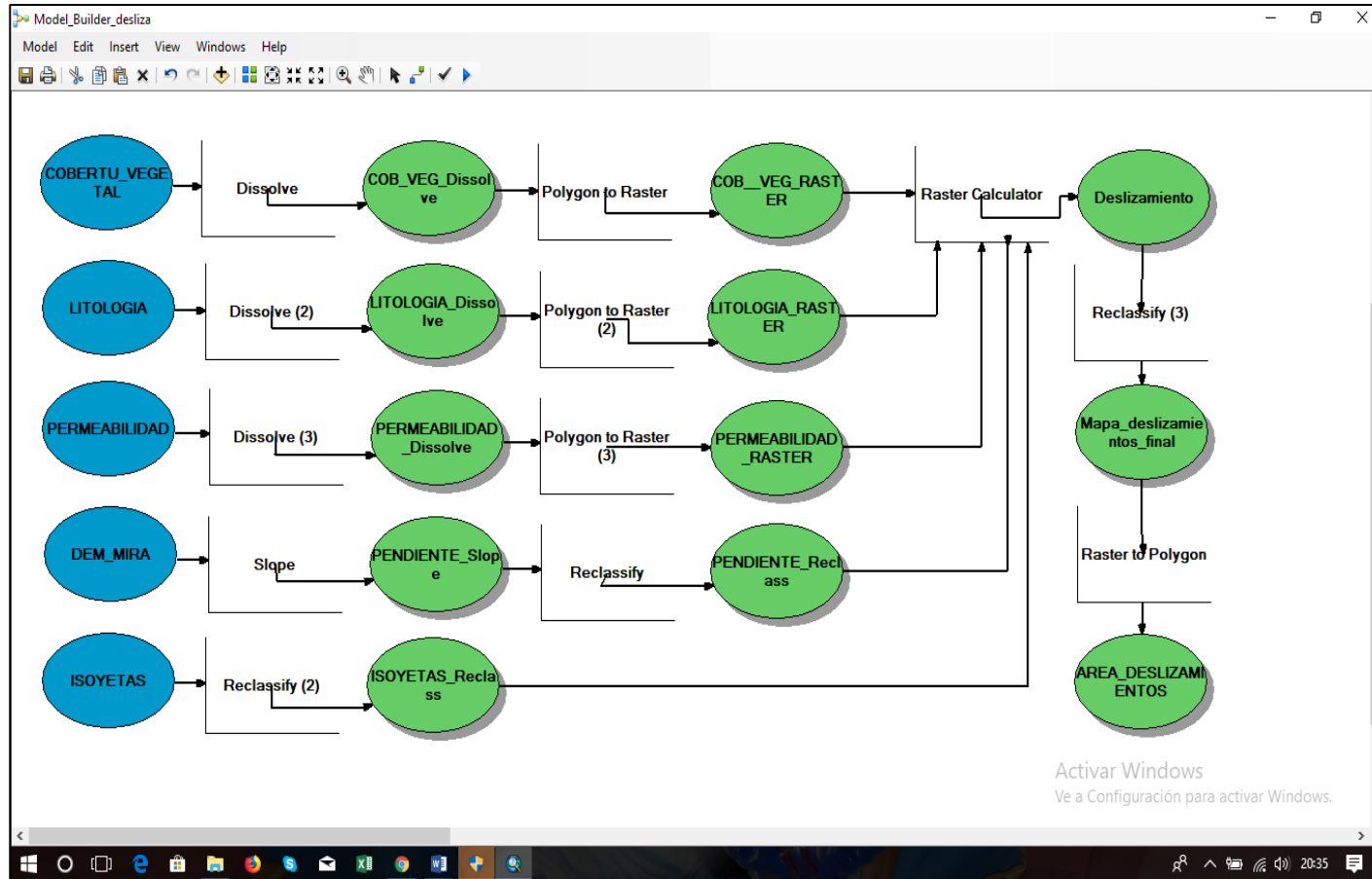


Figura 34. Model Builder ArcGis (proceso de sobreposición de mapas temáticos)

Fuente y elaboración: La Autora

Anexo 4. Mapa de inventario de deslizamientos

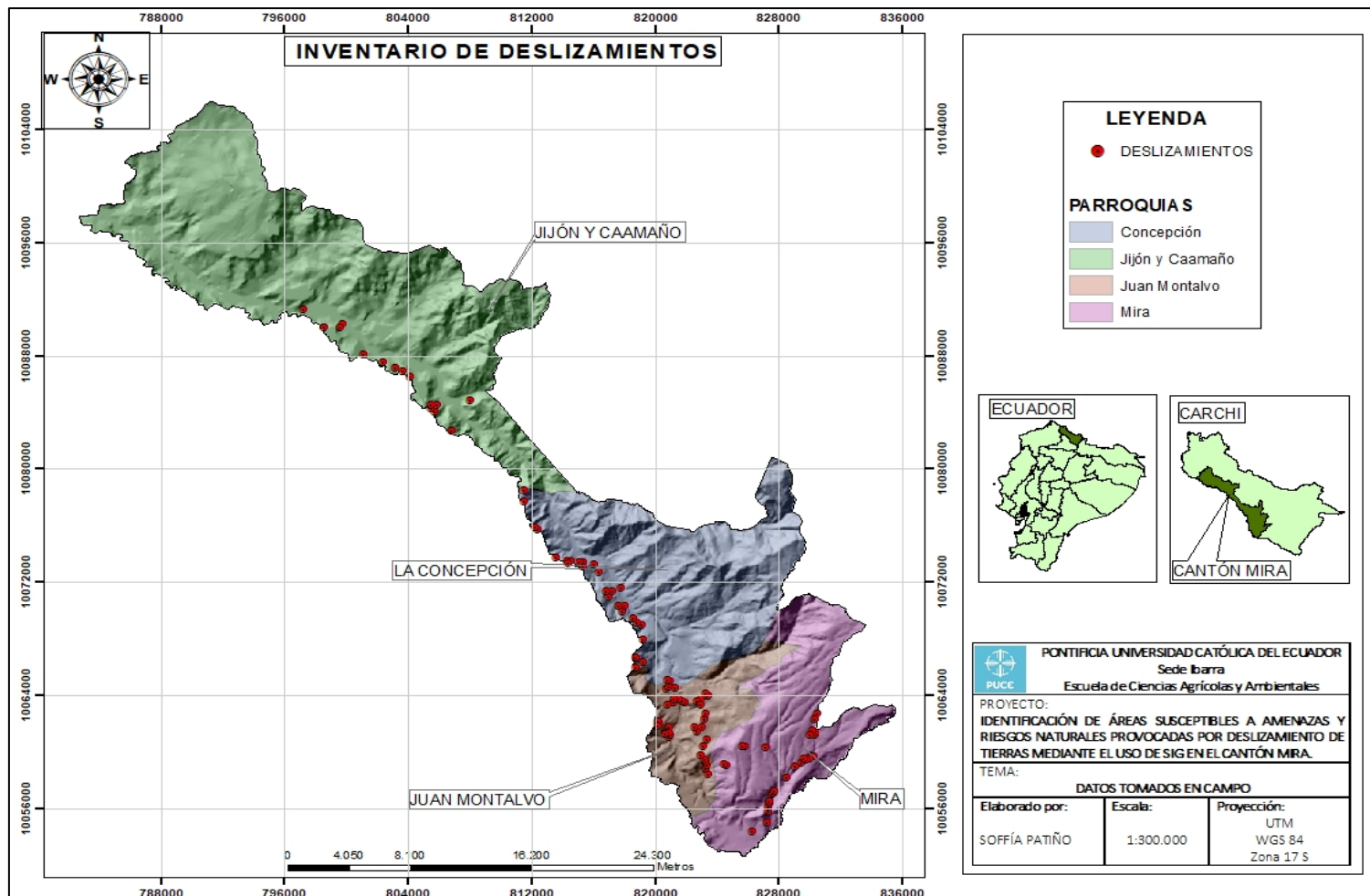


Figura. 35. Mapa de inventario de deslizamientos

Fuente y elaboración: La Autora

Anexo 5. Coordenadas de los deslizamientos georreferenciados en campo

PRIMERA SALIDA DE CAMPO

Punto	X	Y	Altura	Descripción
1	826327	10054363	1655	Mascarilla
2	827238	10055036	1794	
3	827373	10055787	1857	
4	827328	10056146	1880	
5	827391	10056335	1892	
6	827464	10056549	1909	
7	827586	10056971	1938	Playa Rica
8	827643	10057061	1944	
9	827738	10057226	1961	
10	828572	10058182	2054	
11	829080	10058991	2104	
12	829478	10059249	2117	San Nicolás
13	830328	10059657	2161	El Paridero
14	830023	10059572	2172	
15	829852	10059477	2178	
16	829639	10059506	2181	
17	830352	10061242	2382	Entrada a Mira
18	830381	10061379	2384	
19	830215	10061507	2392	
20	830056	10061195	2414	
21	827209	10060295	2384	Salida Mira
22	825826	10060377	2387	
23	825699	10060378	2370	
24	824661	10059054	2331	
25	824518	10059114	2336	
26	823484	10058432	2387	Juan Montalvo
27	823329	10058794	2363	
28	823368	10059044	2345	

29	823263	10059290	2327	
30	823239	10059488	2367	
31	82295	10059775	2369	
32	82314	10060442	2272	
33	823358	10060850	2253	
34	823088	10061736	2208	
35	823208	10062322	2200	
36	823292	10062704	2182	
37	823342	10064007	2097	
38	823426	10064011	2085	
39	823446	10064004	2081	
40	823461	10064001	2084	
41	823302	10064122	2048	Desvío E. Carchi
42	822987	10063717	2003	
43	822727	10063614	1981	
44	822978	10063362	1906	
45	821929	10063508	1880	
46	821817	10063601	1859	
47	821200	10063505	1771	
48	821229	10063535	1766	
49	821517	10063752	1733	
50	821237	10063784	1711	
51	820864	10063376	1663	Santa Ana
52	820750	10064424	1559	
53	820890	10064611	1540	
54	821336	10064578	1511	
55	821019	10065011	1515	
56	820838	10065073	1527	
57	819234	10066346	1379	
58	818802	10066708	1321	
59	830499	10062693	2564	Vía el Ángel
60	830395	10062281	2547	

SEGUNDA SALIDA DE CAMPO

Punto	X	Y	Altura	Descripción
61	822735	10061423	1979	Huaquer
62	822605	10061768	1966	
63	820931	10061768	1939	
64	820931	10061065	1786	
65	820974	10061216	1758	
66	820897	10061397	1741	
67	820687	10061264	1645	
68	820313	10062059	1452	Tulquizan
69	820159	10062167	1436	
70	820174	10061855	1408	
71	818731	10065936	1263	
72	819273	10067987	1227	Estación Carchi
73	819123	10069009	1379	Chamanal
74	818815	10069174	1368	
75	818640	10069474	1368	
76	817919	10069973	1411	
77	818017	10070328	1407	
78	817689	10070307	1400	
79	817790	10071619	1451	El Hato Chamanal
80	817025	10070949	1325	El Rosal
81	817264	10071365	1427	
82	816825	10071366	1417	
83	816389	10072752	1526	
84	816051	10073275	1454	
85	815378	10073444	1287	
86	815334	10073095	1204	
87	815206	10073454	1179	
88	815143	10073481	1179	Vía férrea
89	814557	10073533	1137	
90	814320	10073486	1119	

91	813602	10073764	1093	
92	812413	10075754	1068	
93	812234	10075879	1068	El Naranjito
94	811524	10077758	1025	
95	811505	10078507	1102	
96	814362	10073363	1107	
97	806842	10082758	959	San Juan de Lachas
98	805724	10084089	950	
99	805887	10084600	931	
100	808008	10084897	1011	Espejo 1
101	805481	10084314	917	Río Blanco
102	805492	10084562	928	
103	804170	10086555	896	
104	803649	10086973	903	
105	803161	10087195	927	
106	802421	10087599	918	Caliche
107	801086	10088171	899	San Patricio
108	799767	10090286	858	Chinambí
109	799610	10090031	842	
110	798608	10090023	806	Miravalle
111	797204	10091298	842	Pénjamo

Fuente y elaboración: La Autora

Anexo 6. Registro fotográfico de deslizamientos observados en campo



Figura 36. Deslizamiento #3 en Vía Mascarilla



Figura 37. Deslizamiento #7 en el desvío Playa Rica



Figura 38. Deslizamiento #15 en la Vía del sector Paridero

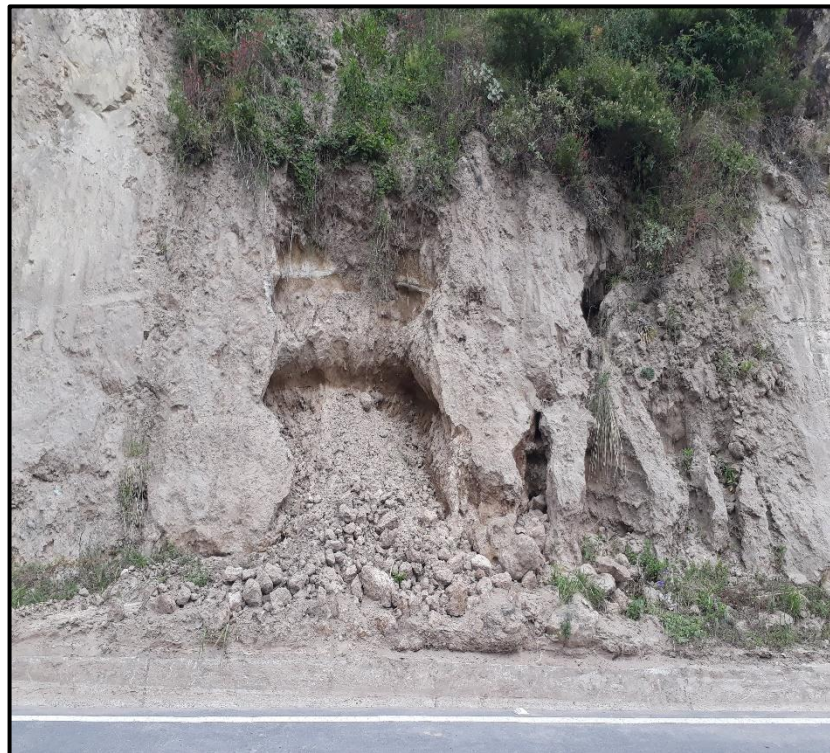


Figura 39. Deslizamiento #21 Vía el Hato



Figura. 40. Deslizamiento #41 Vía Juan Montalvo



Figura 41. Deslizamiento #72 en el Sector de Estación Carchi



Figura 42. Deslizamiento #80 en la Vía el Rosal



Figura 43. Deslizamiento #86 en la Vía Santa Lucia



Figura 44. Deslizamiento #100 Vía del sector Gualchán / Espejo 1

Anexo 7. Proceso de socialización



Figura 45. Oficio de solicitud de sala para socialización, e invitación al alcalde del Cantón Mira y a su equipo técnico de Gestión Ambiental.



Ibarra, 16 de diciembre del 2018

Sgto.
Diego Surita
Jefe del departamento de la UPC Mira
Presente. –

De mi consideración:

Reciba el atento saludo de quienes conformamos la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. Por medio del presente le extendemos una cordial invitación a la socialización del trabajo de investigación *"Identificación de áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales provocados por deslizamientos de tierra, mediante el uso de SIG en el cantón Mira"*, que realizó la señorita Soffía Patiño, estudiante de la carrera de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo y que estamos seguros será de mucho provecho para su institución. Evento a realizarse el **lunes 17 de diciembre del 2018** a las 3 de la tarde, en el "Salón Máximo" del GAD Mira.

Su presencia será de mucha importancia para ayudar a avalar el evento. Por la favorable atención a la presente, le anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente,


MSc. Edwin del Pozo Villacís
RESPONSABLE DE VINCULACIÓN CON LA
COMUNIDAD LOCAL
AA-PUCE Ibarra



CIRCUITO MIRA
Hora: 15:30
Fecha: 16-12-2018
Lara Rosita
FIRMA

Figura 46. Oficio de invitación dirigida a la autoridad representante de la UPC de Mira.



Ibarra, 16 de diciembre del 2018

Sra.
Olga Navarrete
Presidenta de la Cooperativa de Transportes Mira
Presente. –

De mi consideración:

Reciba el atento saludo de quienes conformamos la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. Por medio del presente le extendemos una cordial invitación a la socialización del trabajo de investigación *"Identificación de áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales provocados por deslizamientos de tierra, mediante el uso de SIG en el cantón Mira"*, que realizó la señorita Soffía Patiño, estudiante de la carrera de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo y que estamos seguros será de mucho provecho para su institución. Evento a realizarse el **lunes 17 de diciembre del 2018** a las 3 de la tarde, en el "Salón Máximo" del GAD Mira.

Su presencia será de mucha importancia para ayudar a avalar el evento. Por la favorable atención a la presente, le anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente,


MSc. Edwin del Pozo Villacis
RESPONSABLE DE VINCULACIÓN ECAA-PUCE Ibarra



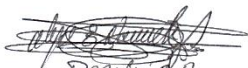

Recibido
16-12-2018

Figura 47. Oficio de invitación dirigida al representante de la Cooperativa de Transportes Mira.



Ibarra, 13 de diciembre del 2018

**Cmdt.
Erick Palma
Representante del Cuerpo de Bomberos de Mira
Presente. –**

De mi consideración:

Reciba el atento saludo de quienes conformamos la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. Por medio del presente le extendemos una cordial invitación a la socialización del trabajo de investigación *"Identificación de áreas susceptibles a amenazas y riesgos naturales provocados por deslizamientos de tierra, mediante el uso de SIG en el cantón Mira"*, que realizó la señorita Soffía Patiño, estudiante de la carrera de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo y que estamos seguros será de mucho provecho para su institución. Evento a realizarse el **lunes 17 de diciembre del 2018** a las 3 de la tarde, en el "Salón Máximo" del GAD Mira.

Su presencia será de mucha importancia para ayudar a avalar el evento. Por la favorable atención a la presente, le anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente,


MSc. Edwin del Pozo Villaci
RESPONSABLE DE VINCULACIÓN ECAA-PUCE Ibarra

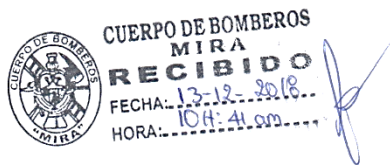


Figura 48. Oficio de invitación dirigida a la autoridad representante del Cuerpo de Bomberos de Mira



**PONTIFICIA 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 amenazas y riesgos naturales provocados por deslizamientos de tierra mediante el uso de SIG en el Cantón Mira"

cuya autora es la señorita SOFFÍA KAROLINA PATIÑO VELÁSQUEZ, de la carrera de CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODesarrollo

Fecha: 17 de diciembre del 2018

Lugar: "Salón Máximo" del GAD del Cantón Mira (Av. León Ruales)

Hora: 15h00.

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en realizar un estudio de deslizamientos de tierra en la zona rural y urbana del Cantón Mira, a través de la identificación de zonas de riesgo mediante levantamiento de información de campo y procesamiento de datos a través del software ArcGis 10.5.1 generando diferentes mapas temáticos, relacionados con factores condicionantes y detonante tomados en cuenta para este estudio, así como también el mapa cartográfico de susceptibilidad a deslizamientos, con el objetivo de analizar las zonas de riesgo y plantear medidas de prevención y mitigación a través de identificación de zonas seguras y técnicas de ingeniería que ayuden a evitar daños a nivel social, económico y ambiental.

Figura 49. Invitación enviada para la socialización



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de investigación, por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA	17 de diciembre del 2018		
EXPOSITOR	SOFFÍA KAROLINA PATIÑO VELÁSQUEZ		
LUGAR	DENTRO PUCESI	FUERA PUCESI	X

NOTA IMPORTANTE: Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN:					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					✓
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					✓
EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					✓
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					✓
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					✓
MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN:					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					✓
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					✓
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?					✓
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					✓
REALICE UN COMENTARIO O SUGERENCIA PARA LOS ORGANIZADORES DE ESTE EVENTO					
FELICITAMOS LA SUSTENTACIÓN EFECTUADA. FUE MUY INTERESANTE, DE FÁCIL COMPRESIÓN PORN LO ASISTENTES.					
MENCIONE USTED OTRAS PROBLEMÁTICAS QUE A SU PARECER PODRÍAN SER INVESTIGADAS Y QUE POSEAN IMPORTANCIA PARA ALGÚN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD					
- ACCIDENTOS POR FALTA DE SEGURIDAD.					
- CONTAMINACIÓN DE FUENTES DE AGUA.					
- PAGO POR COMPENSACIÓN POR CURSOS DE FUENTES DE AGUA - NOVAS ARRIBO					
INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO					Yauco Farms. S.A.

Figura 50. Formato de encuesta de socialización.



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

LISTA DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DEL EXPOSITOR: SOFFÍA KAROLINA PATIÑO VELÁSQUEZ

CARRERA: CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODesarrollo

FECHA: 17 de diciembre del 2018

NOMBRE ASISTENTE	NÚMERO DE CÉDULA	INSTITUCION A LA QUE REPRESENTA	FIRMA
Norberto Mondol	00965827	GRUPO MILITARES	
Jenys Viveros	0401612601	Policia Nacional	
Emmy Benalcázar	040167269-6	Policia Nacional	
Bryan Corraqui	040171336-6	Movidelnoor	
Erick Palma	100368679-5	Bombas Mira	
Rosa Fraze	040155401-9	MIRA	
Wilson Rodrigo	100354259-9	Bombas Mira	
Luis P. Polívar	0400796564	El Distribuidor	
Diego Méjico	100797296-1	PUCE-Ibarra	
Anderson Alameda	040168722-4	GPCardi	
Isaura Patino	170967731-2	Mira	
Jenny Rosco		Mira	
Mauro Patiño	100230397-0	Oyuncos	
Marcela Velásquez	100255246-9	Mira	

Figura 51. Listado de personas asistentes a la socialización



Figura 52. Registro fotográfico del proceso de socialización a técnicos de GAD de Mira, a los representantes del Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 y a pobladores del Cantón Mira.

Anexo 8. Resultado de las encuestas

Organización del evento de socialización:

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

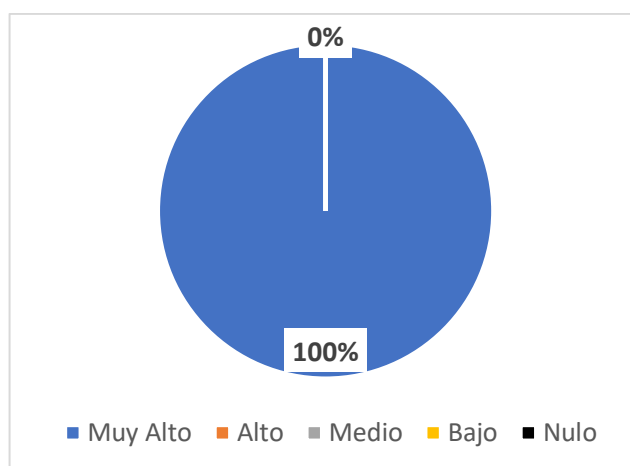


Figura 53. Gráfico sobre el sitio donde se realizó el evento. Elaborado por: La Autora

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

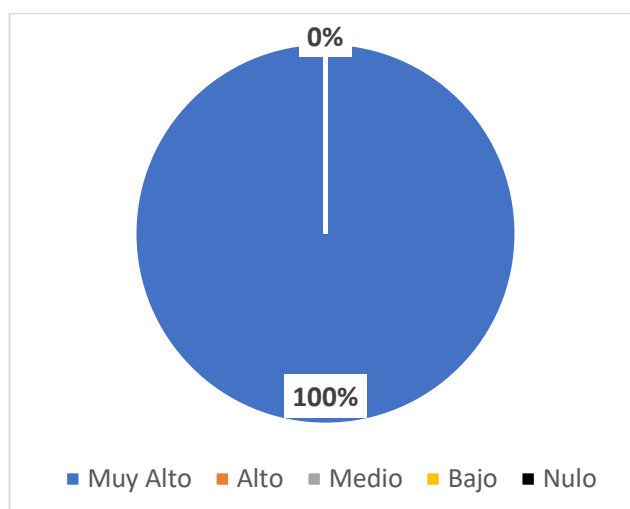


Figura 54. Gráfico sobre el material audiovisual usado en el evento. Elaborado por: La Autora

Ejecución del evento por parte del expositor:

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

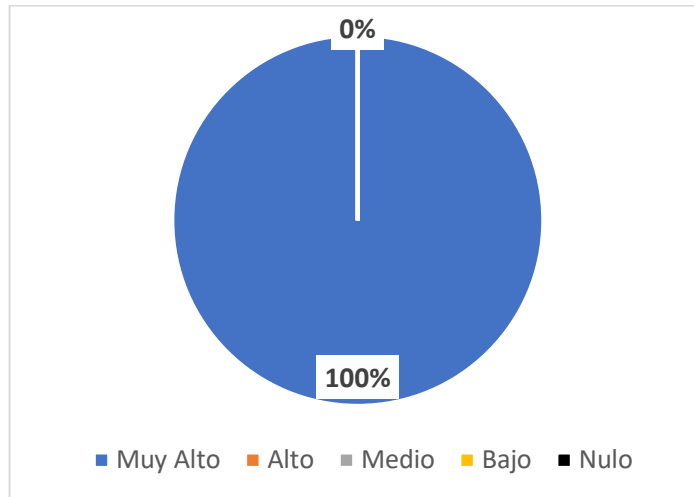


Figura 55. Gráfico sobre el dominio del tema por parte de la expositora. Elaborado por: La Autora

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

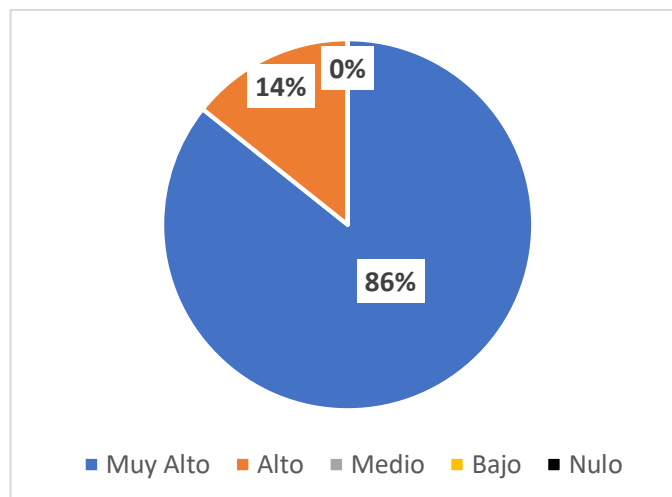


Figura 56. Gráfico sobre el manejo del auditorio por parte de la expositora. Elaborado por: La Autora

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

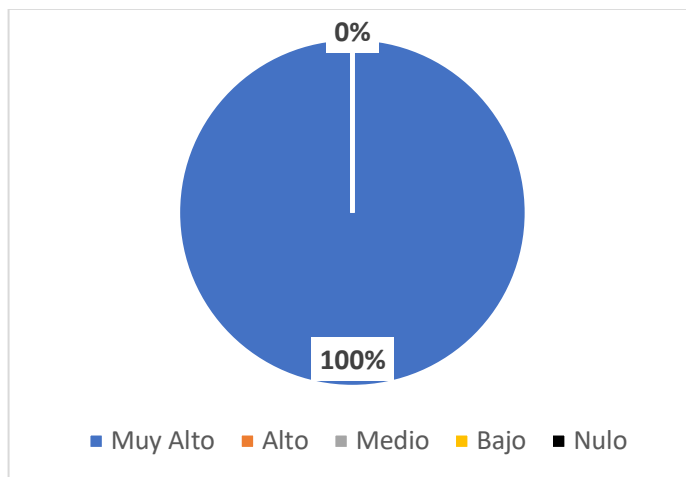


Figura 57. Gráfico sobre la facilidad de expresión de la expositora. Elaborado por: La Autora

Medición de impacto de la investigación:

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

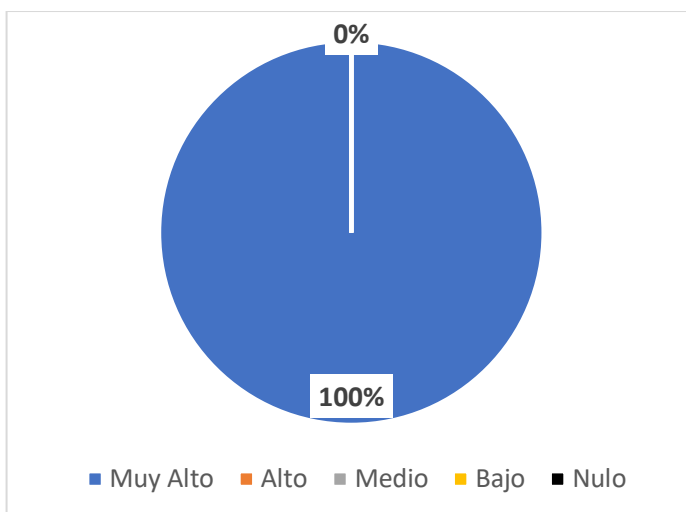


Figura 58. Gráfico sobre la relevancia de la investigación en la sociedad. Elaborado por: La Autora

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

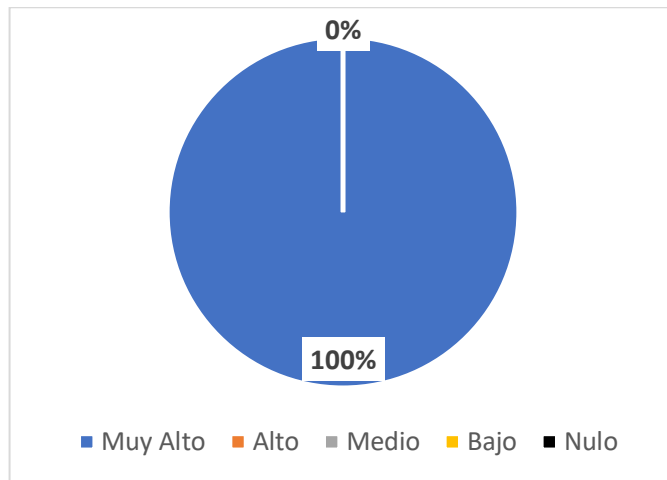


Figura 59. Gráfico sobre si la investigación posee perspectiva para estudios posteriores Elaborado por: La Autora

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

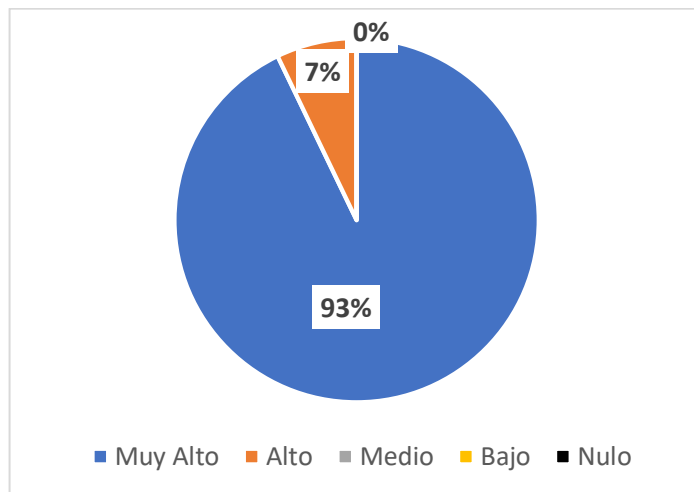


Figura 60. Gráfico acerca si el tema investigado genera actualmente o a futura un beneficio. Elaborado por: La Autora

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

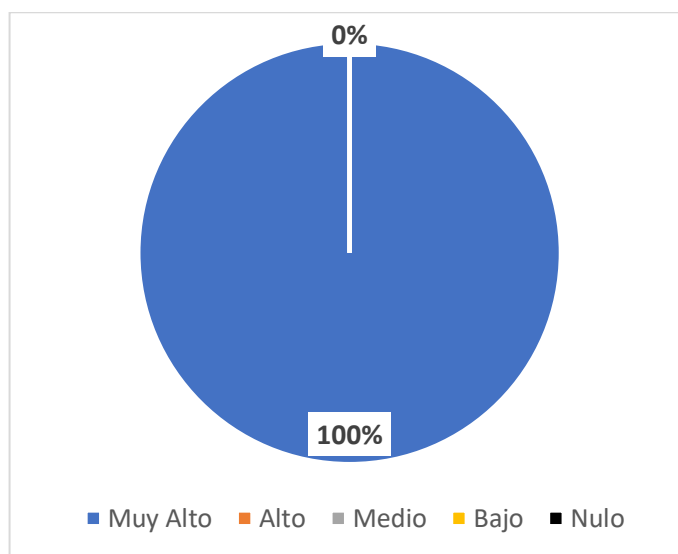


Figura 61. Gráfico sobre si los objetivos de la investigación se cumplieron. Elaborado por: La Autora