UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

TRABAJO DE TITULACIÓN

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE

TEMA:

Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo

AUTOR

José Damián Ponce López

TUTOR

Ing. Arturo Andrés Hernández Escobar Ph.D.

JIPIJAPA - MANABÍ - ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

Trabajo de Titulación sometido a consideración de la Comisión de Profesionalización de Titulación de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, de la Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Presidente de la Comisión

Dr. Alfredo González V. Mg. Duie

Miembro de la Comisión

Ing. Margarita Lino García Mg.

Miembro de la Comisión

Ing. Julio Jaramillo Véliz Mg. SIG

Miembro de la Comisión

Ing. Diomedes Orlando Lucio

CERTIFICACIÓN

Jipijapa 4 de diciembre del 2017

Ing. Yamel Álvarez Gutiérrez Mg. Sc.
COORDINADORA (E) CARRERA INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

Blgo. Miguel Ángel Osejos Merino Ph. D. C.A.
RESPONSABLE DEL PLAN DE TITULACIÓN

De mi Consideración:

Luego de haber realizado la revisión del trabajo de titulación que versa **"Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo",** ejecutado por el egresado **Sr. José Damián Ponce López**, solicito a ustedes respetuosamente autorizar la continuación del trámite correspondiente previo a la sustentación, particular que pongo a su conocimiento para los fines respectivos.

Atentamente

Ing. Arturo Andrés Hernández Escobar Ph.D.
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

Le agradezco ante todo a Dios, a mi querida Madre Doraliza López Parrales que gracias al apoyo incondicional que me brinda cada día y con su amor entregado me da la suficiente confianza para lograr una de mis más grandes anhelos que es en culminar satisfactoriamente la carrera.

Que en mis momentos de desvanecimientos cuando ya no podía me daba la confianza y la inspiración para no decaer

Siendo mi pilar fundamental y eso me inclina a ser una persona firme en su propósito y la recompensa de tener una gran familia y tener a mi lado todo el apoyo.

Esta gran meta se las dedico a mi esposa Christel Moreira Parrales e hija Romina Ponce Moreira quien con su pequeña sonrisa angelical me estímulo a tener y creer en mi capacidad aunque pasamos muchos momentos difíciles siempre estuvieron brindándome todo su amor, cariño y comprensión.

Por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un mejor futuro.

Agradezco a mi Tutor al Ing. .Arturo Andrés Hernández Escobar, Ph.D por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus conocimientos y así poder finalizar el Desarrollo de mi Tesis.

José Damián Ponce López

RECONOCIMIENTO

Agradezco a la Universidad Estatal del Sur de Manabí por haberme aceptado como parte de ella y haberme brindado aquellos conocimientos académicos y científicos la cual están relacionados con mi carrera, así como también, a los docentes, abnegados catedráticos, que me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir luchando con mi propósito a conseguir.

Agradezco a mi tutor Ing. Arturo Andrés Hernández Escobar, PhD, por haberme guiado en el proyecto de susceptibilidad de deslizamiento en la carretera Jipijapa- Puerto Cayo de la provincia de Manabí, así como también por haberme tenido toda la paciencia del mundo para apoyarme durante el desarrollo y culminación del Proyecto.

Por último, agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clases durante todos los semestres universitarios puesto que gracias a las experiencias adquiridas que obtuve de ellos, se logró impulsar aún más mi meta académica y las ganas de seguir adelante para culminar satisfactoriamente mi carrera profesional.

José Damián Ponce López

UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ

Creada el 7 de Febrero del año 2001, según Registro Oficial No. 261
ÓRGANO COLEGIADO ACADÉMICO SUPERIOR

FORMULARIO DE:

AUTORIZACIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL UNESUM

El/La que suscribe, **José Damián Ponce López** en calidad de autor/a del siguiente trabajo escrito titulado **Susceptibilidad a Deslizamiento en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo**, otorga a la Universidad Estatal del Sur de Manabí, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción y distribución pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Estatal de Sur de Manabí
Se autoriza a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

El autor como titular de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que él asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.
Aceptando esta autorización, se cede a la Universidad Estatal del Sur de Manabí el derecho exclusivo de archivar y publicar para ser consultado y citado por terceros, la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se le haga para obtener beneficio económico.

Jipijapa, 01 de Febrero de 2018

Firma

.....

José Damián Ponce López.

No.-130909455-3

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL ii
CERTIFICACIÓN iii
DEDICATORIA iv
RECONOCIMIENTO v
ÍNDICE GENERAL vi
ÍNDICE DE CUADROS ix
ÍNDICE DE IMÁGENES ix
ÍNDICE DE MAPAS x
RESUMEN xi
SUMMARY xii
TEMA 0
1. ANTECEDENTES 1
1.1. Justificación 2
1.2. Diseño teórico 3
1.2.1. El problema de la investigación 3
1.2.2. Formulación del problema 4
1.2.3. Objeto de la investigación 4
1**.2.4. Campo de la investigación** 4
1.2.5. Objetivos 4
1.2.5.1. Objetivo General 4
1.2.5.2. Objetivos Específicos 4
1.2.6. Hipótesis 5
1.2.7. Variables 5
1.2.7.1. Variable Dependiente 5
1.2.7.2. Variable Independiente 5
II. MARCO TEORICO 6
2.1. Deslizamientos 6
2.20. Marco ambiental 29
2.21. Marco Legal 30
III. DISEÑO METODOLÓGICO 33
3.1. Ubicación Geográfica de la Investigación 33
Características Climáticas y Edafológicas 33
Datos Geográficos de la Parroquia Puerto Cayo 33

3.2. Tipo de Investigación....34
3.3. Métodos y Técnicas....34
Métodos....34
3.4. Materiales y Recursos....35
Materiales de Campo....35
Materiales de Oficina....35
Recursos Humanos....35
IV. DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO....37
4.1. Resultados de la investigación....37
4.1.1. Componente biofísico de Puerto Cayo....37
4.1.2. Recursos no renovables....41
4.1.3. Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos....43
4.1.4. Estudio realizado en el periodo lluvioso comprendido entre enero y abril del 2017....46
4.1.5. Datos meteorológicos de 2014 al 2016....79
4.1.6. Ficha de observación de deslizamiento de tierra en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.....81
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....87
5.1. Conclusiones....87
5.2. Recomendaciones....89
VI. Bibliografía....90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	página
1	Datos meteorológicos de Canta Gallo 2014.	79
2	Datos meteorológicos de Canta Gallo 2015.	79
3	Datos meteorológicos de Canta Gallo 2016.	80
4	Datos meteorológicos de Canta Gallo 2017.	80

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen	Contenido	Página
1	Imagen de la carretera tramo # 1	45
2	Imagen de la carretera tramo # 2	46
3	Imagen de la carretera tramo # 3	47
4	Imagen de la carretera tramo # 4	51
5	Imagen de la carretera tramo # 5	52
6	Imagen de la carretera tramo # 6	54
7	Imagen de la carretera tramo # 7	56
8	Imagen de la carretera tramo # 8	57
9	Imagen de la carretera tramo # 9	59
10	Imagen de la carretera tramo # 10	61
11	Imagen de la carretera tramo # 11	63
12	Imagen de la carretera tramo # 12	65
13	Imagen de la carretera tramo # 13	67
14	Imagen de la carretera tramo # 14	69
15	Imagen de la carretera tramo # 15	71
16	Imagen de la carretera tramo # 16	73
17	Imagen de la carretera tramo # 17	76

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa	Contenido	Página
1	Mapa de pendientes de la parroquia Puerto Cayo	36
2	Mapa topográfico de la parroquia Puerto Cayo	37
3	Mapa Geológico de Puerto Cayo	38
4	Mapa de taxonomía del suelo de Puerto Cayo	39
5	Mapa geomorfológico de Puerto Cayo	39
6	Mapa de uso del suelo de Puerto Cayo	40
7	Mapa de Ecosistemas de Puerto Cayo	41
8	Mapa de vegetación de Puerto Cayo	41
9	Mapa de Erosión de la parroquia Puerto Cayo	42

UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

TÍTULO: Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo

Autor: Damián Ponce
Tutor: Ing. Arturo Andrés Hernández Escobar, Ph.D.

RESUMEN

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan, cuando el material deslizado no alcanza el equilibrio al pie de la ladera, la masa puede seguir en movimiento a lo largo de ciento de metros y alcanzar velocidades muy elevadas; al evaluar la susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa-Puerto Cayo teniendo en cuenta la composición y el grado de meteorización de los suelos y las rocas, el clima, la deforestación y las pendientes de taludes en la carretera, se utilizó la metodología con investigación descriptiva, los métodos de campo y bibliográfico y cómo método científico la observación de la situación actual de la carretera, en zonas con derrumbes y deslizamientos de suelo y rocas. Los resultados permiten concluir que las zonas susceptibles a deslizamientos es el Cerro de Joa que comprende el tramo uno, dos y tres; por presentar una explotación irracional de material pétreo. Además, en otros tramos, existen derrumbes de rocas porque se meteorizan por acción de las lluvias y el viento y son removidas por tráfico pesado, estas caen en cunetas o carpeta asfáltica obstaculizando el normal tránsito vehicular. Las rocas meteorizadas están en diferentes tramos, la altura de talud está entre 290 y 477 msnm, existiendo una distancia del derrumbe o deslizamiento desde 3,50 m hasta llegar a la carretera obstaculizando el normal flujo vehicular, esto fortalecido por la deforestación que existen en los cerros identificados en 17 tramos evaluados y las pendientes de taludes están entre 66 y 90°.

Palabras claves: mitigación, talud, derrumbe, deslizamiento

UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

TÍTULO: Susceptibility to landslides on the Jipijapa highway - Puerto Cayo

Autor: Damián Ponce
Tutor: Ing. Arturo Andrés Hernández Escobar Ph.D.

SUMMARY

Landslides are movements of ground or rock masses that slide, when the slipped material does not reach equilibrium at the foot of the slope, the mass can continue to move along a hundred meters and reach very high speeds; When evaluating the susceptibility to landslides on the Jipijapa-Puerto Cayo highway, taking into account the composition and degree of weathering of soils and rocks, climate, deforestation and slope slopes on the road, the research methodology was used. descriptive, field and bibliographic methods and how scientific method the observation of the current situation of the road, in areas with landslides and landslides and rocks. The results allow to conclude that the zones susceptible to landslides is the Cerro de Joa that includes the section one, two and three; for presenting an irrational exploitation of stone material. In addition, in other sections, there are rockfalls because they are weathered by rain and wind and are removed by heavy traffic, they fall into ditches or asphalt binder blocking normal vehicular traffic. The weathered rocks are in different sections, the height of the slope is between 290 and 477 meters above sea level, there is a distance from the landslide or landslide from 3.50 m until reaching the road, hindering the normal vehicular flow, this strengthened by the deforestation that exists in the hills identified in 17 evaluated sections and slopes of slopes are between 66 and 90 °.

Keywords: mitigation, slope, landslide, landslide

TEMA

Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo

1. ANTECEDENTES

De acuerdo con el diccionario de la RAE, el término ladera se refiere a aquel o aquello perteneciente o relativo al lado. La noción de ladera suele utilizarse para nombrar al declive de una montaña, de un monte o de una altura en general. El término talud se refiere a la inclinación del paramento de un muro o de un terreno. Proviene del vocablo francés talus que se usa para referirse a la pendiente que registra el paramento de una pared o de una superficie. La inestabilidad de una ladera se refiere al movimiento, pendiente abajo, de una porción de los materiales (suelo o roca) que componen la superficie inclinada de una montaña, de una depresión, del flanco de una barranca, etc., a lo largo de una superficie de falla o de deslizamiento (CENAPRED México, 2016).

Según Telesur (2012), la fuerte época invernal que había pronosticado INAMHI afectó a 13 de 24 provincias en el país, 816 personas fueron evacuadas, 987 ubicadas en albergues y 42 casas destruidas. El Estado, respondiendo ante esta emergencia entregó 916 raciones alimenticias. Las provincias más afectadas fueron: Esmeraldas, Los Ríos, Guayas, El Oro, en el litoral; Azuay, Cañar, Cotopaxi, Loja y Tungurahua en la Sierra y Zamora Chinchipe en la Amazonia.

La Vía Colectora Jipijapa-Puerto Cayo (E483) es una vía secundaria ubicada en la Provincia de Manabí. Esta colectora, de trazado oeste-este, nace en la Troncal del Pacífico (E15) en la localidad costera de Puerto Cayo. Desde Puerto Cayo, la colectora se dirige al este hasta terminar su recorrido en la Vía Colectora Montecristi-Nobol (E482) en la localidad de Jipijapa (wikiwand, 2017).

Los derrumbes de piedra, lodo y caída de árboles, ocasionados por las fuertes lluvias de los días 24 y 25 de enero del 2017, en la vía Jipijapa-Puerto Cayo, dificultaba el libre tráfico vehicular, inclusive por la falta de previsión de los propios conductores se suscitó un choque entre una camioneta y un automóvil, con daños materiales menores, a esta labor se unieron en horas de la mañana agente de la CTE que desalojaron los piedras más pequeñas desde el Km 7

hasta el Km 19 con el apoyo a lo largo de la carretera con 3 patrullero para prevenir problemas a los transportistas (GAD - Jipijapa , 2017).

1.1. Justificación

Los problemas de deslizamiento ocasionan problemas ambientales que afectan el paisaje existente en los perfiles al lado de nuestras carreteras, es pertinente a través de un estudio como éste, poder predecir los posibles efectos que producen los deslizamientos.

Los movimientos de ladera pueden ser inducidos por diversas causas, que actúan como factor detonante. Los más frecuentes son las fuertes lluvias y los terremotos, y el movimiento ocasionado por el tránsito de carga pesada que en principio pueden considerarse independientes, aunque se ha evidenciado que muchos terremotos han disparado mayor número de deslizamientos en zonas previamente afectadas por fuertes lluvias. Cuando una amenaza natural afecta a la sociedad, entendida en un contexto amplio que abarca a personas, estructuras, infraestructuras, actividades económicas, etc., ésta constituye un riesgo. La reducción del riesgo o minimización de los efectos adversos de los deslizamientos de ladera demanda caracterizar, en primer término, la amenaza que a la que está sometida el territorio de estudio (Navarro, 2012).

Para prevenir los deslizamientos de tierra se recomienda el recubrimiento de las laderas con pastos especiales, la siembra de árboles de bajo porte que no provoque rugosidad y que favorezca la infiltración; la transpiración abate el nivel freático estabilizando el terreno. Los drenes horizontales de penetración también abaten el nivel freático y su papel consiste en llevar la presión atmosférica al interior del talud, para recuperar la tensión superficial (Duque, 2017).

También la investigación va encaminada a contribuir de alguna manera a las diferentes entidades pertinentes en la toma de decisiones, para disminuir los efectos dañinos de los desastres naturales en los escenarios de estudio, así

como también puede ser considerado un elemento importante a ser tomado en cuenta por las secretarias de gestión de riesgos, en la Planificación y Ordenamiento de los territorios susceptibles a deslizamientos.

1.2. Diseño teórico

1.2.1. El problema de la investigación

Las vías particularmente en zonas lluviosas, presentan periódicamente una gran cantidad de deslizamientos y movimientos en masa en general, que causan pérdidas económicas y humanas. Las pérdidas que se presentan en una vía debido a un deslizamiento pueden ser clasificadas como directas (costos de remoción de los detritos u otras) o indirectas (pérdidas de cargas perecederas, lucro cesante de vehículos, etc.).

La existencia de amenazas de riesgo de desastres, principalmente en la época lluviosa tiene causas no solo naturales sino antrópicas, razón por la que es necesario hacer un diagnóstico de vulnerabilidades sociales y las capacidades para reducir los riesgos.

Los deslizamientos observados en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo, por factores condicionantes y desencadenantes, constituyen en la actualidad una tarea de gran interés para la educación ambiental en Ecuador; y, es además esencial para la gestión de riesgos y por ende un elemento importante en las tareas del Ordenamiento Territorial.

La vía que une al cantón Jipijapa con la parroquia Puerto Cayo constituye un área susceptible a la ocurrencia de fenómenos de remoción de masas o deslizamientos, se establece como factor detonante principal las precipitaciones, las que en los meses de máxima intensidad saturan el suelo, haciendo que éste se derrita y pierda su cohesión inicial.

1.2.2. Formulación del problema

¿Influyen la composición y meteorización de los suelos y las rocas, el clima, la deforestación, y las pendientes de los taludes en la susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa-Puerto Cayo?.

1.2.3. Objeto de la investigación

Deslizamientos

1.2.4. Campo de la investigación

El suelo y las rocas, el clima, la deforestación y las pendientes relacionadas a los deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo – Manabí.

1.2.5. Objetivos

1.2.5.1. Objetivo General

Evaluar la susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa-Puerto Cayo teniendo en cuenta la composición y el grado de meteorización de los suelos y las rocas, el clima, la deforestación y las pendientes de los taludes en la carretera Jipijapa-Puerto Cayo.

1.2.5.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos en la carretera Jipijapa-Puerto Cayo.

- ✓ Caracterizar la meteorización de suelos y las rocas, el tipo de clima, la deforestación y las pendientes de los taludes.

1.2.6. Hipótesis

La meteorización de suelos y las rocas, el tipo de clima, la deforestación y las pendientes de los taludes influyen en la susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo.

1.2.7. Variables

1.2.7.1. Variable Dependiente

Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo.

1.2.7.2. Variable Independiente

La meteorización de suelos y las rocas, el tipo de clima, la deforestación y las pendientes de los taludes.

II. MARCO TEORICO

2.1. Deslizamientos

Según González de Vallejo (2006), los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes. En ocasiones, cuando el material deslizado no alcanza el equilibrio al pie de la ladera, la masa puede seguir en movimiento a lo largo de ciento de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, dando lugar a un flujo; los deslizamientos también pueden ocasionar avalanchas rocosas.

Para Suárez (2002), estos movimientos consisten en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada, el movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda la que sería la superficie de falla.

2.2. Susceptibilidad a deslizamientos

Para Suarez (2009), la susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos. El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable. El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

2.3. Tipos de deslizamientos

Existen varias clasificaciones de deslizamientos basadas en el mecanismo de rotura y la naturaleza de los materiales involucrados. La clasificación utilizada es:

- ✓ **Caídas (Rockfall)**

Según Carmenates (2006), son movimientos de ruptura y caída sorpresiva desde taludes, desmontes y laderas abruptas. En ocasiones en los taludes de rocas serpentinizadas fuertemente agrietadas tiene lugar los fenómenos de derrumbes los que están asociados con la alteración del material que lo compone. En ambos casos la inestabilidad de estos sectores puede ser considerados peligrosos sobre todo en las áreas viales y obras hidrotécnicas presentes en el territorio.

- ✓ **Vuelcos (topples)**

Para Corominas (2000) es la rotación hacia delante y hacia el exterior de la ladera, de una masa de suelo o roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. La fuerza desestabilizadora es la gravedad así como el empuje ejercido por el terreno adyacente o los fluidos (agua o hielo) en las grietas.

- ✓ **Deslizamientos (slides)**

Para Corominas (2000) son movimientos descendentes relativamente rápidos de una masa de suelo o roca que tiene lugar a lo largo de una o varias superficies definidas que son visibles o que pueden ser inferidas razonablemente o bien corresponder a una franja relativamente estrecha. Se considera que la masa movilizada se desplaza como un bloque único, y según la trayectoria descrita los deslizamientos pueden ser rotacionales o traslacionales.

- ✓ **Flujos (flows)**

Según Highland (2008) es una forma rápida de movimiento de masas en la que suelo suelto y roca y se combinan con agua para formar una pasta que fluye ladera abajo. En ocasiones, la ganancia de velocidad rotacional o trasnacional ocasiona que la masa interna pierda cohesión (ganancias de agua), lo convierte en un flujo de escombros. Los flujos de escombros puede ser mortal, ya que puede ser extremadamente rápido y puede ocurrir sin previo aviso.

2.4. Clasificación del grado de susceptibilidad a deslizamientos

De acuerdo a Sarkar y Kanungo (2004), categoriza la susceptibilidad de acuerdo a diferentes criterios los mismos que se describen en el cuadro a continuación:

Grado de Susceptibilidad	**Criterio**
Muy alta	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Moderada	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.

Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy baja	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Fuente: Sarkar y Kanungo (2004)

2.5. Zonificación de la susceptibilidad

Según Pavón y Garzón (2014), la susceptibilidad es la potencialidad de un terreno o área a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa. Consiste en una evaluación de los factores condicionantes como: geología (unidades litológicas), pendiente del terreno, geomorfología, y uso actual del suelo, elaborados a partir de interpretación de fotografía área, trabajo de campo y compilación de eventos históricos. Todos a la escala de trabajo escogida.

2.6. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos

Indica la susceptibilidad relativa del terreno a sufrir un deslizamiento. Solamente tiene una componente espacial. A diferencia, un mapa de amenaza ante deslizamientos contiene información relacionada con la probabilidad temporal de ocurrencia frente a un evento detonante.

Para Guamán (2012), muchos de los llamados “mapas de amenaza” son realmente “mapas de susceptibilidad” debido a la dificultad de conseguir información temporal para la evaluación de la amenaza.

El mapa de susceptibilidad o de amenazas permite desarrollar una aproximación del grado de peligrosidad por remoción en masa, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, utiliza las demás

variables elaboradas en la primera parte de este estudio, efectuando reclasificaciones en la tabla de datos alfanuméricos, mediante el uso de software. Para González de Vallejo y Otros (2002), los mapas de susceptibilidad pueden realizarse en base a:

Mapas Inventario: las áreas que sufren o han sufrido procesos pueden volver a sufrirlos.

Mapas de factores: las áreas en que confluyen determinados factores que condicionan los procesos en una determinada zona o región, aunque éstos no se hayan presentado hasta la actualidad, pueden ser afectadas en un futuro.

En este último caso, la metodología se basa en la preparación de mapas temáticos de los factores condicionantes y en la superposición de los mismos, estableciéndose el grado de susceptibilidad en función del peso asignado a cada uno de los factores.

2.7. Factores que influyen en la estabilidad de los terrenos

Según Saavedra y Vinueza (2013), consideran como principales factores de estabilidad de terreno a los siguientes factores:

Factores internos

Se relacionan con las condiciones propias de los materiales litológicos y los factores geodinámicas producidos en el interior de la superficie terrestre.

- ✓ **Intrínsecos**

Litología: las rocas o suelos presentan diferentes grados de estabilidad debido a las características textuales y mineralógicas de los materiales lo cual favorece o reduce la resistencia al corte.

- ✓ **Extrínsecos**

Pendiente: la pendiente de un punto es el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. La pendiente se refiere al ángulo de inclinación de las vertientes, con respecto a la horizontal.

Vegetación: cumple un importante papel en términos de la prevención de deslizamientos ya que realiza las siguientes funciones:

a) **Interceptación:** el follaje y los residuos de las plantas absorben la energía de la lluvia y previenen la compactación del suelo por el impacto de sus gotas directamente sobre la superficie.
b) **Retención:** físicamente, el sistema de raíces amarra o retiene las partículas del suelo, además las partes aéreas funcionan como trampas de sedimentos.
c) **Retardación:** sobre la superficie, los residuos incrementan su aspereza, o dicho en otras palabras, aumentan el coeficiente de rugosidad del terreno, disminuyendo así la velocidad de escorrentía.
d) **Infiltración:** las raíces y los residuos de las plantas ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo.
e) **Transpiración:** el agotamiento de la humedad del suelo por las plantas retrasa la saturación y con ello la aparición de escorrentía superficial.

- ✓ **Humedad**

La humedad superficial del suelo es un parámetro de vital importancia que determina los flujos hídricos y energéticos que se producen en la capa límite entre el suelo y la atmósfera.

Determina la participación de la precipitación en escorrentía e infiltración, la tasa de evapotranspiración o la ocurrencia de erosión hídrica del suelo.

Factores externos

- ✓ **Efectos climáticos**

Las precipitaciones es uno de los factores que afecta la estabilidad de las laderas, muchos deslizamientos ocurren durante o después de los períodos de lluvia intensa la cual depende de la duración e intensidad de la misma.

- ✓ **Sismicidad**

Las vibraciones provocadas por los sismos pueden ser suficientemente fuertes para provocar un deslizamiento ya que la energía liberada como producto de la activación de fallas ocasiona la ruptura de grandes cantidades de material.

- ✓ **Modificaciones antrópicas**

Las actividades humanas han sido las responsables en la alteración y modificación del equilibrio que existe en la naturaleza, debido a cortes y excavaciones para la construcción de caminos, edificios, viviendas, vertido de rellenos de material suelto en los taludes y escarpe de las laderas, deforestación para usar el terreno en actividades agropecuarias, etc. Estas obras en general cambian las condiciones hidrogeológicas al alterar el drenaje superficial afectando el nivel freático y el flujo natural de escurrimiento.

2.8. Grado de actividad

Para Saavedra y Vinueza, (2013); definen a cada deslizamiento de acuerdo a su grado d actividad, de la siguiente manera:

- ✓ **Deslizamiento activo:** es aquel movimiento que ya se produjo la rotura pero que aún está más o menos estable en la ladera y que puede ser alterada por la presencia de características visibles como grietas de tracción, signos de reptación, poca o ausencia de vegetación y erosión.

- ✓ **Deslizamiento potencial:** es aquel movimiento que se encuentra en suspenso pero presenta todas las características para que un factor externo actúe sobre él y desencadene el movimiento.
- ✓ **Deslizamiento antiguo o paleo deslizamiento:** es un movimiento inactivo, que no ha vuelto a ser afectado por algún factor externo.
- ✓ **Deslizamiento reactivado:** es un deslizamiento activo que previamente ha sido antiguo.

2.9. Deslizamientos asociados a eventos sísmicos

Según Figueras et al. (2005), los deslizamientos de ladera inducidos por terremotos están documentados desde el siglo IV AC y durante el siglo pasado causaron decenas de miles de muertos y billones de dólares en pérdidas económicas en todo el mundo. A pesar de su geomorfología e importancia económica, los deslizamientos inducidos por sismos aún no son bien comprendidos.

El riesgo en los deslizamientos de ladera generados por un evento sísmico, depende de varias variables, entre las cuales se encuentran, la magnitud y la propagación del evento, así como la distribución de la población y de la infraestructura expuesta al evento o desastre. Puesto que no abundan los trabajos de zonificación del riesgo de deslizamientos de laderas en los que se incluya la causa sísmica, el propósito de la presente investigación, busca abarcarlo desde un ambiente SIG, bajo una mirada práctica.

Según Rodríguez et al. (2008), los terremotos son uno de los principales factores desencadenantes de inestabilidades de ladera, las cuales son a menudo una de las causas principales de pérdidas humanas y materiales.

Delgado et al. (2006) afirma que debido a los largos periodos de recurrencia, incluso para terremotos moderados, hacen que se pierda la conciencia del problema que este fenómeno representa, y que por ende, aún son pocos los

estudios dedicados a este problema, lo cual es cierto en áreas con una actividad sísmica moderada.

Para Figueras et al. (2005), los deslizamientos de ladera asociados a eventos sísmicos los resume de la siguiente manera:

- ✓ El número de deslizamientos causados por sismos generalmente se incrementa con el incremento de la magnitud, aunque las condiciones geológicas locales y otros parámetros sísmicos como la aceleración pico del suelo y la dirección de la máxima aceleración también han determinado el número de deslizamientos activados.
- ✓ Las reactivaciones son más probables durante movimientos sísmicos que son más fuertes que los que causaron los deslizamientos pre-existentes o durante un terremoto que ocurrió donde pre-existían debido a otras causas y que son marginalmente estables.
- ✓ Los deslizamientos más abundantes activados por sismos han sido la caída, vuelco y deslizamiento de bloques de roca y deslizamiento de tierra. Las avalanchas y flujos rápidos de tierra son las dos principales causantes de muertes. Las áreas afectadas por los deslizamientos presentan una fuerte correlación con la magnitud del terremoto.

2.10. Talud

Para Matteis (2003) talud es cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable. Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre, es decir incluye la intervención de maquinaria para movimiento de tierra se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza

una excavación en una formación térrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes.

El resultado del deslizamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico, con la pérdida de considerables bienes y muchas vidas. Por otro lado el costo de rebajar un talud para alcanzar mayor estabilidad suele ser muy grande. Es por esto que la estabilidad se debe asegurar, pero un conservadorismo extremo sería antieconómico.

2.11. Estabilidad

Según Rodríguez (2000) se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cuál será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse.

Rodríguez (2000) también afirma que a diferentes inclinaciones del talud corresponden diferentes masas de material térreo por mover y por lo tanto diferentes costos. Podría imaginarse un caso en que por alguna razón el talud más conveniente fueses muy tendido y en tal caso no habría motivos para pensar en problemas de estabilidad de taludes, pero lo normal es que cualquier talud funcione satisfactoriamente desde todos los puntos de vista excepto el económico, de manera que las consideraciones de costo presiden la selección del idóneo, que resultará ser aquel al que corresponda la mínima masa de tierra movida, o lo que es lo mismo el talud más empinado.

Probablemente muchas de las diferencias asociadas en la actualidad a los problemas de estabilidad de taludes radican en que se involucren en tal denominación a demasiados temas diferentes, a veces radicalmente distintos, de manera que el estudio directo del problema sin diferenciar en forma clara tales variantes tiende a conducir a cierta confusión. Es indudable que en lo anterior

está contenida la afirmación de que los taludes son estructuras muy complejas, que prestan muchos puntos de vista dignos de estudio sea siempre complicado, pero parece cierto también, que una parte de las dificultades presentes se debe a una falta de correcto deslinde de las diferentes variantes con que el problema de estabilidad se puede presentar y se debe afrontar.

Los problemas relacionados con la estabilidad de laderas naturales difieren radicalmente de los que se presentan en taludes construidos por el ingeniero. Dentro de éstos deben verse como esencialmente distintos los problemas de los cortes de laderas y los terraplenes. Las diferencias importantes radican, en primer lugar, en la naturaleza de los materiales involucrados y, en segundo, en todo un conjunto de circunstancias que dependen de cómo se formó el talud y de su historia geológica, de las condiciones climáticas que primaron a lo largo de tal historia y de la influencia del hombre que ejerce en la actualidad o haya ejercido en el pasado.

Según Barrera V. & Campaña Z. (2003) para determinar la estabilidad de una masa de suelo debemos determinar su coeficiente de seguridad al deslizamiento. Al existir un coeficiente de seguridad igual a 1, el talud se encuentra seguro, libre de deslizamientos. Debemos comparar la colaboración de esfuerzos que tienden a producir el deslizamiento (esfuerzos motores) con aquellos que tienden a evitarlo (esfuerzos resistentes) se debe definir la superficie de falla.

2.12. Causas que provocan fallas en taludes

La seguridad de una masa de tierra contra falla o movimiento es lo que se llama estabilidad. Cuando ocurren los deslizamientos o hundimientos, es necesario hacer estudios de estabilidad para determinar la causa de la falla; la estabilidad se pierde debido a agentes naturales tales como las presiones hidrostáticas, el intemperismo, la deforestación y la erosión. El aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo o una redistribución desfavorable de esfuerzos contribuyen a que el talud busque una posición más estable.

Según Matteis (2003) también resulta muy difícil establecer las causas de los deslizamientos pero se mencionan algunos de los procesos constructivos que comúnmente causan más problemas:

- ✓ Modificación de las condiciones naturales del flujo interno del agua al colocar rellenos o hacer excavaciones.
- ✓ Sobrecarga de estratos débiles por relleno, a veces de desperdicios.
- ✓ Sobrecarga de terrenos con planos de estratificación desfavorable por relleno.
- ✓ Remoción por corte, de algún estrato delgado de material permeable que funciona como un manto natural drenante de estratos de arcillas suaves.
- ✓ Aumento de presiones de filtración u orientación desfavorable de fuerzas de filtración al producir cambios en la dirección del flujo interno del agua por haber practicado corte o construido relleno.
- ✓ Explosión al aire y al agua, por corte de arcillas duras fisuradas.
- ✓ Remoción de capas superficiales de suelo por corte lo que puede causar el deslizamiento de capas del mismo estrato ladera arriba sobre mantos subyacentes del suelo más duro o roca.
- ✓ Incremento de carga hidrostática o niveles piezométricos bajo la superficie de un corte al cubrir la capa del mismo con una capa impermeable.

Además debemos tomar en cuenta el factor topográfico, que consiste en la presencia de pendientes que no son uniformes.

Siguiendo con el estudio de las causas, debemos considerar los efectos que produce la precipitación pluvial (lluvia) sobre un mismo suelo, en forma torrencial corta e intensa, que puede tener efectos totalmente distintos, que si cae de forma regular poco intensa y durante un período de tiempo más largo.

Se puede decir que siempre que el suelo lo permita, en el primer caso favorece la escorrentía superficial debido a la impermeabilización rápida del suelo, mientras que en el segundo caso tiene tiempo suficiente para infiltrarse.

La lluvia medianamente intensa pero prolongada favorece a la filtración del agua en el suelo, provocando así la saturación del mismo.

La erosión del suelo es otro factor a tomar en cuenta para el desprendimiento y arrastre de partículas del terreno. Estas acciones son provocadas por el agua, el viento, el hielo y la gravedad.

Hay dos tipos de erosión: naturales, causadas por el propio ciclo de la tierra, es decir la evolución de la misma por diferentes agentes geofísicos que se producen desde tiempos atrás. La otra manera es la causada por la deforestación de lugares con mucha vegetación, al querer utilizar los recursos naturales de forma no sustentable.

2.13. Amenazas por deslizamientos en el Ecuador

Los deslizamientos son movimientos de masas de tierra, lodo, roca y otros materiales, que se desprenden de una montaña o ladera y, por gravedad, se deslizan arrasando con la infraestructura que encuentran en los flancos, afectando a la existente al pie y en la corona de la misma. El detonante principal de este fenómeno es la presencia de agua, sea superficial o subterránea y, por ello, la cantidad de eventos es mayor en las estaciones lluviosas. No obstante, otros desencadenantes pueden ser: deterioro de las propiedades mecánicas de los materiales, vibraciones, movimientos sísmicos, erosión de taludes por viento yagua, la ocurrencia de otros deslizamientos junto, bajo o sobre el mismo, deforestación y remoción de vegetación, cortes, desbanques, rellenos y en general el mal uso desuelo y del agua por parte de la población. Las provincias que más deslizamientos reportan son Azuay, Esmeraldas, Manabí, Pichincha, Cañar, Loja y Napo. La provincia que más eventos ha sufrido históricamente es Manabí (Secretaria de Gestión de Riesgos SGR, 2014).

Se observa que en el Ecuador la mayor cantidad de daños asociados con esta amenaza se producen por la reactivación de deslizamientos antiguos que no han sido debidamente estudiados, inventariados y representados para concebir las

soluciones técnicas adecuadas el momento de la construcción de obras de infraestructura. En otros casos, se observa que las condiciones anti-técnicas con las que se ejecutan las obras de infraestructura afectan directamente los taludes de una ladera, por ejemplo, cuando se efectúan cortes deficientes en taludes o cuando se construyen obras sobre la ladera o en su cresta, obstruyendo drenajes naturales y provocando infiltraciones no deseadas de agua en el talud (Secretaria de Gestión de Riesgos SGR, 2014).

A nivel nacional, el 35% de la población se asienta en zonas amenazadas por inundaciones, deslizamientos, flujos de lodo y escombros. Y el 30% de las poblaciones de la Costa y la Amazonía, así como el 15% de la superficie nacional, están sujetos a inundaciones periódicas, indica el informe de la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (2011) del Ministerio del Ambiente y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (Secretaria de Gestión de Riesgos SGR, 2014).

2.14. Movimientos de laderas

Se entiende como movimiento de ladera “slope movement” (Varnes, 1978), el movimiento de una masa de roca, suelo o derrubios, de una ladera en sentido descendente. Los tipos, actividades y definiciones de movimientos de ladera son definidos por la Commission of Landslides que forma parte de la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica (IAEG). Soeters y van Westen (1996) formularon que los procesos de inestabilidad de laderas son el producto de las condiciones locales geomorfológicas, hidrológicas y geológicas, las cuales pueden verse modificadas por los procesos geodinámicos, vegetación, usos del suelo y actividades humanas y por la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y de la sismicidad de la zona (Navarro, Palacios, & Rivas, 2012)

2.15. Clasificación de los movimientos de ladera.

La clasificación de movimientos de ladera va a permitir la identificación y descripción de los cuerpos que están en movimiento relativo. La clasificación de

Varnes (1978) es una de las más completas y por lo tanto una de las más utilizadas, la cual se basa principalmente en características geomorfológicas (Figura 3). A continuación, se describe cada tipo englobado en esta clasificación (Navarro, Palacios, & Rivas, 2012).

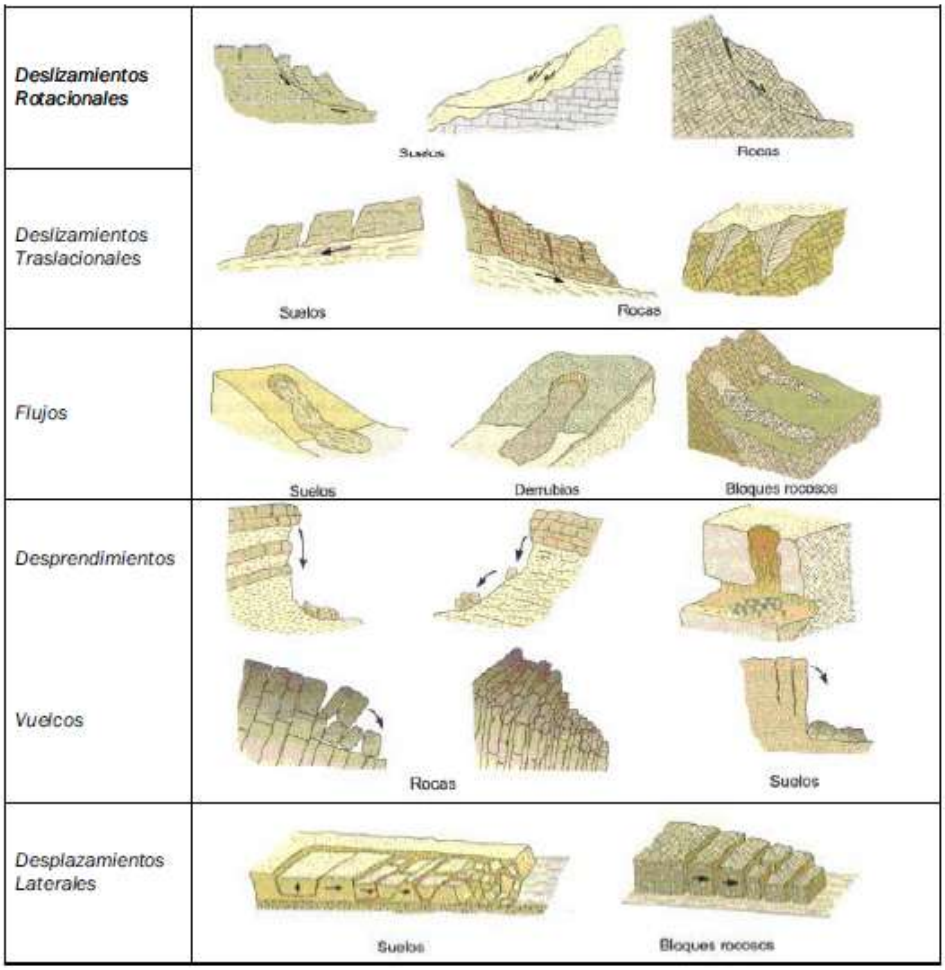


Figura 3. *Clasificación de movimientos de laderas según el mecanismo de ruptura. Fuente: González de Vallejo (2002).*

Deslizamientos: En este tipo de movimiento de ladera, el desplazamiento del terreno se produce sobre una o varias superficies de rotura bien definidas. La masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad, prácticamente sin deformación interna en su recorrido. La velocidad es variable y a menudo implica desplazamiento de grandes volúmenes. En función de la geometría de la superficie de rotura se diferencian entre:

Deslizamiento rotacional: la superficie de rotura es de forma cóncava y se producen generalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados y se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Deslizamiento traslacional: la superficie es un plano con una inclinación más o menos constante y suelen producirse sobre materiales heterogéneos con superficies de discontinuidad bien definidas.

Deslizamientos compuestos: movimientos de ladera que tienen una superficie de rotura con una geometría mixta.

Desprendimientos: Corresponden al rápido movimiento de una masa de cualquier tamaño de roca o de suelo en forma de bloques aislados o material masivo. Los desplazamientos se producen por caída libre, son típicos en macizos rocosos y generalmente están asociados a las discontinuidades. Requieren una topografía con escarpes o pendientes muy fuertes y se caracterizan por la acumulación de bloques de tamaño variable en el pie de la ladera.

Flujos: En ellos se producen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Según Varnes (1978), estos movimientos tienen en común la deformación interna y continua del material, y ausencia de una superficie neta de desplazamiento. En algunos casos la superficie de rotura se puede asimilar a toda una franja de deformación. Las diferencias estriban en el material implicado, su contenido en agua y la velocidad de desarrollo, de lenta (reptación) a súbita (flujos de rocas). Los más comunes son:

· **Movimientos en suelo:** flujos de tierra o barro.

· **Flujos de derrubios (debris flow):** movimientos que engloban a fragmentos rocosos, bloques, cantos y gravas en una matriz fina de arena, limo y arcilla (en general los gruesos representan un porcentaje superior al 50%). Este tipo de

movimientos tienen lugar en laderas cubiertas por material no consolidado y donde la humedad del suelo suele ser el factor desencadenante principal del proceso. Se trata de movimientos muy rápidos (Navarro, Palacios, & Rivas, 2012).

Desplazamientos laterales: movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente sobre un material blando y deformable. Como consecuencia de esta diferencia entre el material suprayacente y el infrayacente, se produce la fragmentación de las capas superiores. Los bloques se desplazan lateral y lentamente a favor de pendientes muy bajas. No son movimientos frecuentes y suelen ser bastante extensos.

Movimientos complejos: resultan de la combinación de dos o más tipos de movimientos elementales descritos anteriormente. Estos movimientos alcanzan generalmente gran tamaño, afectando a veces a laderas completas (Navarro, Palacios, & Rivas, 2012).

2.16. Causas de los movimientos de ladera.

La distribución espacial y temporal de los movimientos de ladera está condicionada por factores propios de la ladera y/o factores externos a ella. Se clasifican estos factores en tres grupos (Suarez, 1998):

· Condiciones originales del talud, que determinan la susceptibilidad al deterioro y son inherentes a la topografía, geología y características de los materiales, condiciones ambientales generales, cobertura vegetal, etc.

· Factores de deterioro, que producen una modificación lenta de las condiciones originales del talud y son capaces de producir movimientos leves.

· Factores detonantes, que activan el movimiento.

Otros autores como Mora y Vahrson (1994) y Soeters y van Westen (1996) distinguen solo dos grupos de factores, los debidos a la susceptibilidad y los de disparo. Así, según Mora y Vahrson (1994):

Factores de susceptibilidad: aquellos que intrínsecamente forman parte de las propiedades y comportamiento del medio, es decir, que constituyen los elementos pasivos. Tal es el caso de la pendiente, la litología y las condiciones naturales de humedad, además de muchos otros dependiendo de las características locales de cada talud.

· **Factores de disparo (detonante):** aquellos factores externos que inducen a un comportamiento dinámico activo, y que a partir de las condiciones iniciales generarán mayor o menor intensidad del fenómeno. Fundamentalmente son inherentes a la intensidad del movimiento sísmico y a las lluvias.

Los terremotos pueden provocar movimientos de ladera de todo tipo, dependiendo de las características de los suelos (derivadas de la geología), de la magnitud del sismo y de la distancia al epicentro. Derrumbes, deslizamientos y flujos pueden ocurrir durante las sacudidas sísmicas.

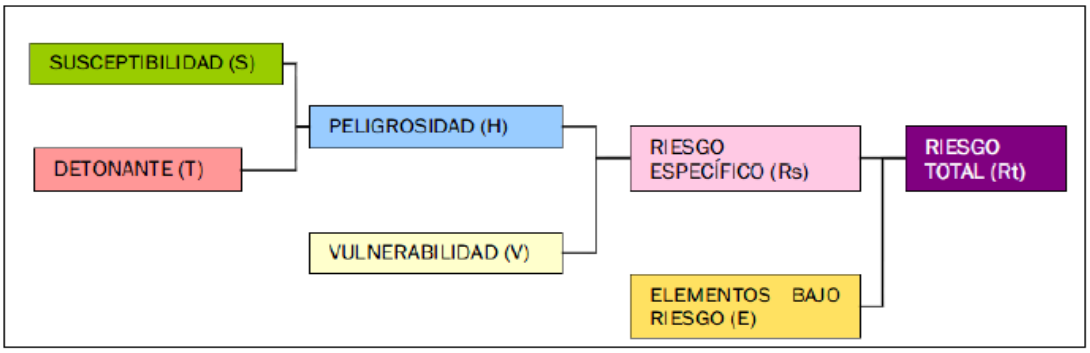
Los movimientos de ladera causados por lluvias están relacionados con el volumen, intensidad y distribución de dichas precipitaciones. En consecuencia, es importante tener en cuenta la respuesta del terreno a precipitaciones durante horas, días, meses, años o incluso durante ciclos de lluvia y sequía de varios años. Cuando la precipitación cae sobre una ladera, un porcentaje de ella es interceptado por la vegetación, otro se infiltra en el suelo o se almacena en las depresiones para luego infiltrarse. El proceso de infiltración continúa, aún después del cese de las lluvias y en algún momento pueden crearse condiciones críticas, ya que la humedad del suelo y la posición del nivel freático han aumentado, incrementando la presión de poros, disminuyendo los esfuerzos efectivos y, por tanto, la resistencia al esfuerzo cortante. Es entonces cuando se pueden alcanzar los umbrales de inestabilidad que disparan el movimiento de una parte o toda la ladera (Navarro, Palacios, & Rivas, 2012).

2.17. Susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo

La susceptibilidad del suelo a los movimientos de ladera (S), se define como la favorabilidad del ambiente físico y de los elementos inherentes de las masas de terreno y superficie como la geología, pendiente, geomorfología, usos del suelo, etc., a la ocurrencia de deslizamientos. Indica la predisposición del terreno a deslizarse pero no implica el aspecto temporal del mismo. En este trabajo, se utilizarán los factores de susceptibilidad en función de la disponibilidad de datos en nuestra escala de trabajo (Navarro, Palacios, & Rivas, 2012).

El detonante (T), es la acción de inicio o disparo del fenómeno del movimiento de ladera, que normalmente se identifica con fuertes lluvias o con terremotos. La amenaza o peligrosidad a los movimientos de ladera (H), se define como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno dentro de un periodo de tiempo determinado y en un área específica y que pueda afectar a la población, infraestructura y en ocasión a un territorio. Implica por tanto, localizar las áreas inestables y las potencialmente inestables (Navarro, Palacios, & Rivas, 2012).

La vulnerabilidad (V), se define como la predisposición que tiene un elemento u objeto a ser afectado. El riesgo de movimientos de ladera (R), se obtiene al relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un movimiento de ladera, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Se puede distinguir entre riesgo específico (Rs), como grado de pérdidas esperadas en un cierto elemento; y riesgo total (Rt), como número de vidas perdidas, daños materiales, etc. (Navarro, Palacios, & Rivas, 2012).



Esquema de las relaciones existente entre diferentes conceptos relacionados con el riesgo. Fuente: María José García Rodríguez, 2008.

El riesgo podemos disminuirlo o en ocasiones hacerlo desaparecer trabajando sobre la vulnerabilidad, a menor vulnerabilidad menor riesgo a su afectado por la amenaza.

2.18. Detonantes de la Susceptibilidad a deslizamientos

Un derrumbe o deslizamiento se define como el movimiento pendiente abajo, lento o súbito de una ladera, formada por materiales naturales: roca, suelo, vegetación o bien rellenos artificiales. Representa uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los seres humanos. Se presentan sobre todo en la época lluviosa o durante períodos de actividad sísmica (C.N.E. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2013).

Tipos de deslizamientos

Lentos: en donde la velocidad del movimiento es tal que no se percibe, pueden ser unos pocos centímetros al año, su identificación es de forma indirecta por medio de una serie de características marcadas en el terreno.

Rápidos: La velocidad de generación es tal que la caída de material puede darse en pocos minutos o segundos. Su dimensión suele ser de pequeños a medianos y son muy frecuentes durante las épocas de lluvia o actividad sísmica intensa (C.N.E. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2013).

Los detonantes de la susceptibilidad a deslizamientos en carreteras se pueden considerar a los Terremotos, Lluvias, Carros pesados, Maquinaria pesada, Fuerza de gravedad, Problemas antropológicos y el aire.

Peligros o amenazas naturales

Son procesos o fenómenos naturales, que pueden resultar en un evento perjudicial y causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental (Zarepta, 2015).

Por su origen pueden ser geológicos, hidrometeorológicos, biológicos. Fenómenos amenazantes pueden variar en magnitud o intensidad, frecuencia, duración, área de afectación, velocidad de desarrollo, dispersión espacial y espaciamiento temporal.

Los procesos que han formado la tierra actúan continuamente sobre o debajo de su superficie. El movimiento de placas en la corteza terrestre y las concentraciones locales de calor son una fuente continua de peligros para las personas y sus estructuras. Una clasificación simplificada de los principales fenómenos geológicos relacionados con peligros potenciales (Zarepta, 2015)

Movimientos en Masa

Engloban procesos de movimiento lento o rápido que involucran roca, suelo o ambos por efectos de la gravedad (Zarepta, 2015).

Tipos de movimientos en masa

Caídas

Una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte a lo largo de una superficie o superficies.

Se producen en rocas muy fracturadas; por sismos; lluvias intensas; y también en suelos por socavamiento en la base de los taludes o laderas de valles.

Se diferencian tres tipos:

Caída o desprendimiento de rocas
Derrumbes
Aludes o avalanchas (Zarepta, 2015)

Vuelcos

Llamados también inclinación o volteo. Es una rotación o giro de unidades de roca en forma de bloques o columnas, sobre una base, por acción de la gravedad. Ocurren exclusivamente en medios rocosos con presencia de sistemas de fracturas contra talud o ladera; estos pueden desencadenar en caídas y derrumbes (Zarepta, 2015).

Deslizamientos

Movimientos que se producen en suelos, roca o ambos, a lo largo de una o más superficies de deslizamiento, cuando se supera la resistencia al corte de un material. La velocidad con que ocurren es variable, pudiendo ser lentos, progresivos, hasta violentos o súbitos (Zarepta, 2015).

Flujos

Flujos o coladas que van desde extremadamente lentos a extremadamente rápidos, principalmente en suelos (poco frecuentes en rocas). Pueden ser canalizados o no canalizados.

Se diferencian:

Flujos de Lodo: Predomina materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y con contenido de agua suficiente para fluir el material.

Huaycos: Flujos con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos.

Aluviones: Flujos extremadamente rápidos que descienden por cauces definidos, formando ríos de roca y lodo, alcanzando grandes velocidades, con gran poder destructivo.

Inundación de detritos.
Flujos secos (Zarepta, 2015).

Reptación de Suelos

Movimiento lento a extremadamente lento del suelo subsuperficial, sin una superficie de falla definida, con desplazamientos de pocos cm. por año. Es debido a ciclos húmedos y secos (o congelamiento y descongelamiento) de la cubierta coluvial (Zarepta, 2015).

Movimientos complejos

Combinación de dos o más tipos de movimientos en masa. Los más comunes son:

Rotacional – traslacional.
Deslizamiento-flujo
Derrumbe-flujo (Zarepta, 2015).

2.19. Trabajos realizados de deslizamientos

Cada año en México, durante la temporada de lluvias se generan daños a la población y a la infraestructura que se encuentra cercana a los ríos, arroyos, zonas de laderas y de inundación; y que debido a la intensidad, fuerza y concentración del agua de lluvia pudieran ser susceptibles de deslizarse, desbordarse y -de este modo- afectar tanto a las personas como dañar las obras

construidas; sean estas viviendas, escuelas, hospitales, carreteras, etc. Es primordial contar con información detallada, actualizada, precisa y confiable que permita identificar la ubicación, cantidad y características de la infraestructura carretera. Una vez obtenida la información, desarrollaremos un método indirecto para determinar la vulnerabilidad y evaluar el riesgo relacionado con deslizamientos potenciales, inundaciones pluviales; así como el desarrollo de un método de identificación de socavación en puentes, por parte del Centro Mario Molina A.C. (Vázquez, Backhoff, Gonzalez, & Morales, 2016).

2.20. Marco ambiental

Geología de Jipijapa. Referenciación

Geológicamente, la zona de Jipijapa corresponde hacia la parte Oeste y Sur principalmente a una Cordillera Volcánica y Volcano – sedimentaria aflorante, representadas por rocas de las Formaciones Piñón Y Cayo respectivamente; aunque también se encuentran presentes rocas de la Formación San Mateo. De la misma manera, hacia la parte Nororiental del cantón, se encuentran relieves sedimentarios compuestos por formaciones de edad terciaria, que representan una zona deprimida, que ha sido levantada y que hacia el Oeste se topan directamente contra un abrupto fallado de la cordillera costanera, representado por la falla Jipijapa de tendencia NNE-SSO. Estas capas presentan un ligero buzamiento hacia el este, el mismo que se va acentuando a medida que se avanza hacia el oriente. Las rocas que representan estos relieves, corresponden a las Formaciones Borbón, Onzole, Angostura, Miembros Villingota y Dos Bocas, Formaciones, Las Delicias y San Mateo; todas de edad terciaria. Así también se encuentran Depósitos cuaternarios, representados por depósitos aluviales, coluviales y coluvioaluviales y depósitos marinos recientes (ex-CLIRSEN y MAGAP (SINAGAP), 2012).

Formación Cayo (K3y)

En el Cretácico superior, una fase de compresión, iniciada por un desplazamiento del piso oceánico, dio origen a la acumulación de sedimentos pelágicos de consistencia silícea y carácter turbidítico dando origen a esta Formación, la litología corresponde a limolitas de color verde, arenisca color amarillento, grauvacas cloritizadas, tobas y aglomerados, se presenta como una secuencia sedimentaria de origen volcánico estratificada en delgadas a gruesas capas generalmente con buzamiento hacia el Sur (ex-CLIRSEN y MAGAP (SINAGAP), 2012).

En Jipijapa se la encuentra como argilitas silicificadas, de color verde a gris con intercalaciones de grauvacas alteradas de color amarillentas, sucesiones de tobas silicificadas de color verdoso y sedimentos volcanoclásticos silicificados.

Geomorfología de Jipijapa

En Jipijapa, geomorfológicamente hacia el Sur, se encuentra representada por relieves macizos muy altos y montañosos, de la cordillera volcano - sedimentaria constituida principalmente por depósitos de la Formación Cayo, la misma que se ensancha hacia el sur de la latitud de Puerto López, para luego encorvarse hacia el Sureste, para transformarse en la cordillera Chongo y Colonche, dibujando la típica forma de un arco que va hasta Guayaquil (ex-CLIRSEN y MAGAP (SINAGAP), 2012).

2.21. Marco Legal

El presente trabajo se encuentra enmarcado bajo diferentes capítulos, secciones y artículos de los cuerpos legales tales como:

La Constitución del Ecuador:

Ambiente sano

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

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Hábitat y vivienda

Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

Salud

La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

Gestión de riesgo

Art. 389. El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

Art. 390: Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo

sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad COOTAD:

Art. 54.- Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres.

Art. 140.- La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al cantón se gestionarán de manera concurrente con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

- ✓ **COOTAD:**

Art. 54.- Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres.

Art. 140.- La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al cantón se gestionarán de manera concurrente con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación Geográfica de la Investigación

El trabajo se realizó en el Cantón Jipijapa, provincia de Manabí, que tiene una extensión territorial de 1420 Km^2, en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo, y que posee las siguientes coordenadas:

- ✓ **Este:** 548996,016
- ✓ **Norte:** 9848922,523
- ✓ **Latitud Sur:** 01º10'00 y 01º47'00
- ✓ **Longitud Oeste:** 80º25'00 y 80º52'00

LÍMITES: La ciudad de Jipijapa está limitado al Norte por los cantones Montecristi, Portoviejo y Santa Ana, al Sur por la Provincia del Guayas y el cantón Puerto López, al Este por los cantones Paján y 24 de Mayo; y, al Oeste por el Océano Pacifico.

Características Climáticas y Edafológicas

Altura: 303 m.s.n.m.
Clima: 28ºC
Precipitación Medio Anual: 670 mm.
Topografía: Irregular
Textura: Arcillosa
Drenaje: Natural

Datos Geográficos de la Parroquia Puerto Cayo

La extensión territorial de la Parroquia es de 17126, 29 Has.

LIMITES: Al Norte con el cantón Montecristi; al Sur la parroquia Machalilla, hasta la comunidad de Salitre; al Este el cantón Jipijapa y al Oeste con el Océano Pacífico.

Altura: 285 m.s.n.m.
Clima: 25°C
Precipitación Medio Anual: 730 mm.

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se utilizo fue la descriptiva, porque permitió describir la realidad que acontece por los deslizamientos y derrumbes que ocurren en la vía que conduce desde la ciudad de Jipijapa hasta Puerto Cayo.

3.3. Métodos y Técnicas

Métodos

De Campo:

Con este método se logró trabajar en el área de la investigación para lograr conocer los lineamientos y sugerencias de los conductores que circulan por la carretera. Se realizaron varias visitas y trabajos de descripción de mapas geológicos, los mismos que fueron acompañados por el tutor de esta investigación.

Bibliográfico - teórico

Se utilizó esta modalidad con el fin de recopilar información necesaria de libros especializados, artículos científicos e información variada de internet sobre los derrumbes y deslizamientos de suelos que ocurren en carreteras con el propósito de ampliar los enfoques ya obtenidos en la presente investigación. Este trabajo contribuyo a nuestra preparación en el marco conceptual y en las funciones teórico – metodológicas para cometer la tarea de investigación.

Método utilizado en la investigación

El método utilizado en este proyecto de investigación fue la observación, se la utilizó para la caracterización de la situación actual de la carretera especialmente en las zonas donde existen los derrumbes y deslizamientos de suelo y rocas, donde en la época lluviosa existen antecedentes de ocurrencia.

3.4. Materiales y Recursos

Materiales de Campo

- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ GPS
- ✓ Tablero
- ✓ Lápiz
- ✓ Regla
- ✓ Cinta de medir

Materiales de Oficina

- ✓ Computadora
- ✓ Internet
- ✓ Impresora
- ✓ Calculadora
- ✓ Copias
- ✓ Hojas A4
- ✓ Esfero
- ✓ Tinta
- ✓ Grapas

Recursos Humanos

- ✓ Tutor(a) del proyecto

- ✓ Investigador del proyecto
- ✓ Conductores

IV. DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

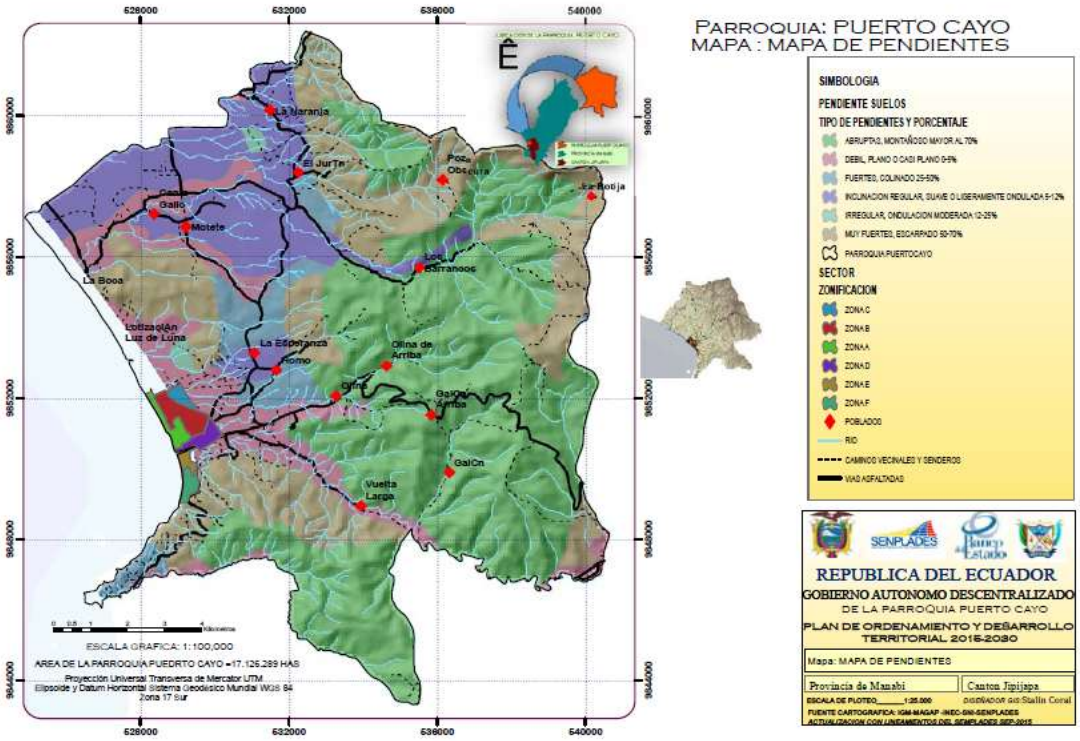
4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Componente biofísico de Puerto Cayo

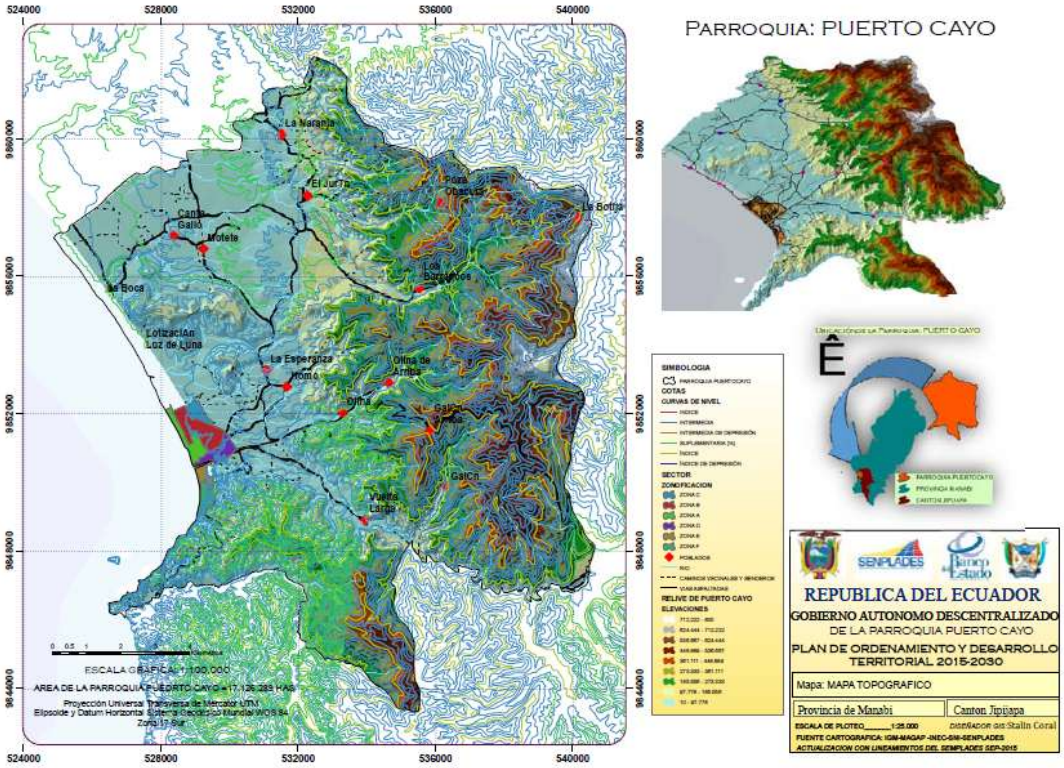
Relieve

El relieve es accidentado, la cordillera Chongón y Colonche domina su territorio y se presentan altitudes de 250 hasta 800 msnm (GAD Parroquial de Puerto Cayo , 2015).

Mapa 1. Mapa de pendientes de la parroquia Puerto Cayo



Mapa 2. Mapa topográfico de la parroquia Puerto Cayo



Geología de Puerto Cayo

La parroquia, por su estratégica situación geográfica es rica en recursos naturales ya que posee dos zona; una húmeda y otra sub. Húmeda influenciada por la presencia montañosa de la cordillera Chongón – Colonche que crea un excelente microclima.

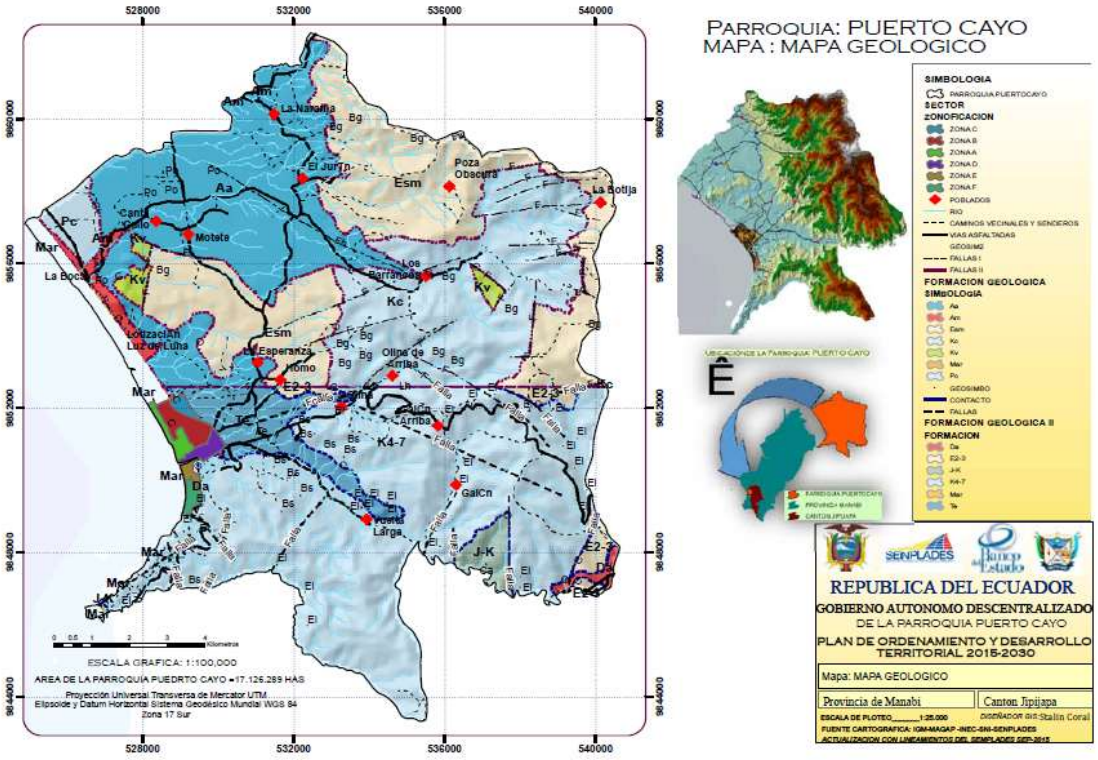
Recursos forestales de la parroquia Puerto Cayo

Entre los recursos más importantes que presenta esta parroquia, (en las comunidades ubicadas en las zona alta), se encuentran los bosques constituidos por las plantaciones de café bajo sombra, que se constituyen en uno de los recursos más importante, ya que cubren un alto porcentaje de su territorio, en este tipo de bosque se destacan especies maderables como, laurel, jigua, cedro, pepito, ovo montañero, guayacán, madero negro, pachaco, cedrela, guaduales, totumbo, lengua de vaca, guaba, tillo, beldaco, mangle montañero, mameycillo,

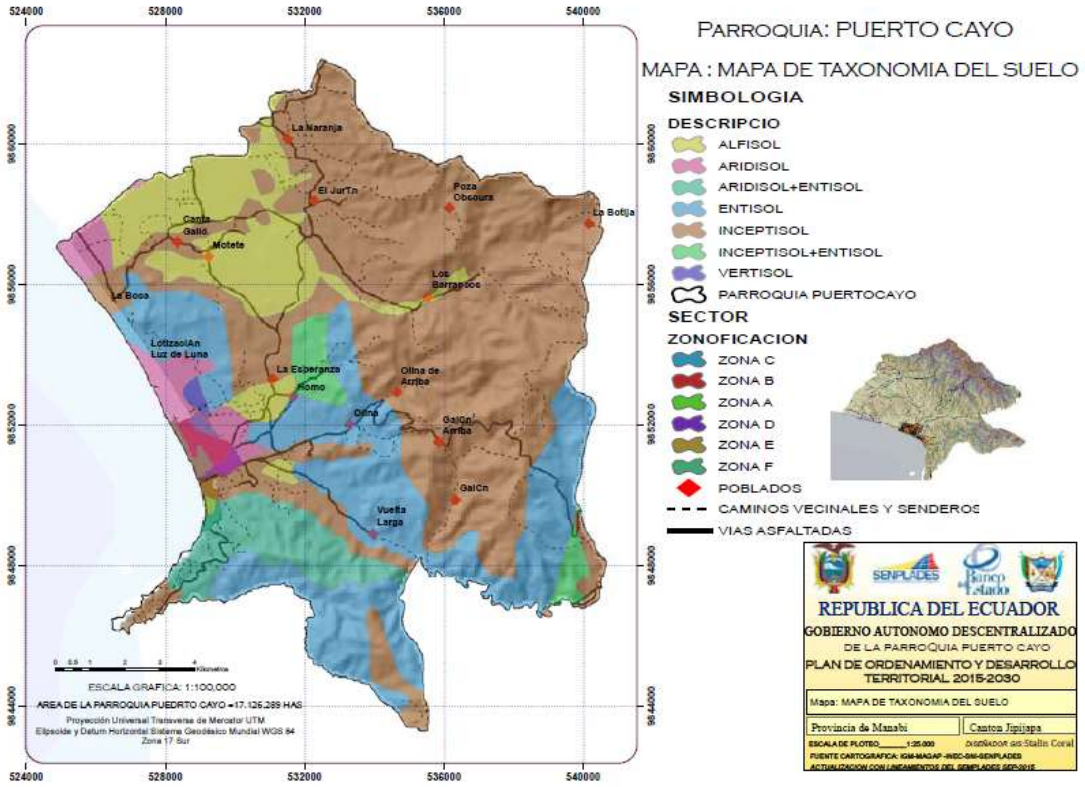
moral, amarillo, bálsamo, entre otros; especies frutales como: mango, pechiche, naranjas, toronjas, mandarinas, aguacates, mamey, zapote, guaba, guanábano, papaya, caimito, fruta de pan, ovo, fruta china, tagua (GAD Parroquial de Puerto Cayo , 2015).

Cabe resaltar que los cultivos de esta zona se caracterizan por estar plantados a favor de la pendiente, provocando una acentuada erosión del suelo, factor determinante de la baja productividad que presenta la zona. Se presenta también una zona seca (comunidades bajas), donde predominan especies tales como: algarrobo, moyuyo, barbasco, ceibos. Esta zona es generalmente utilizada para cultivos de ciclo corto en época lluviosa, que por su exagerada sobreexplotación en el monocultivo de maíz, y el inadecuado uso de productos químicos sin control, los suelos han perdido su capacidad productiva volviéndose desérticos, otros de los impactos a considerar son las fuentes de agua contaminadas causados por el uso de agroquímicos (GAD Parroquial de Puerto Cayo , 2015).

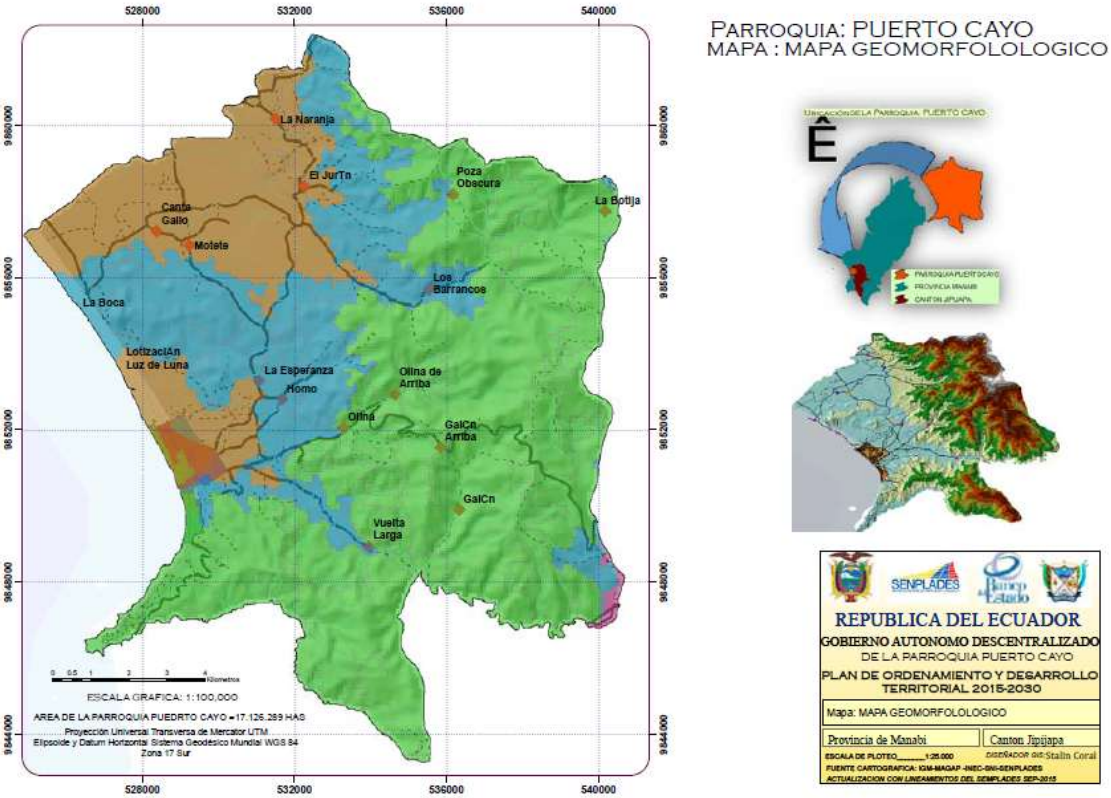
Mapa 3. Mapa Geológico de Puerto Cayo



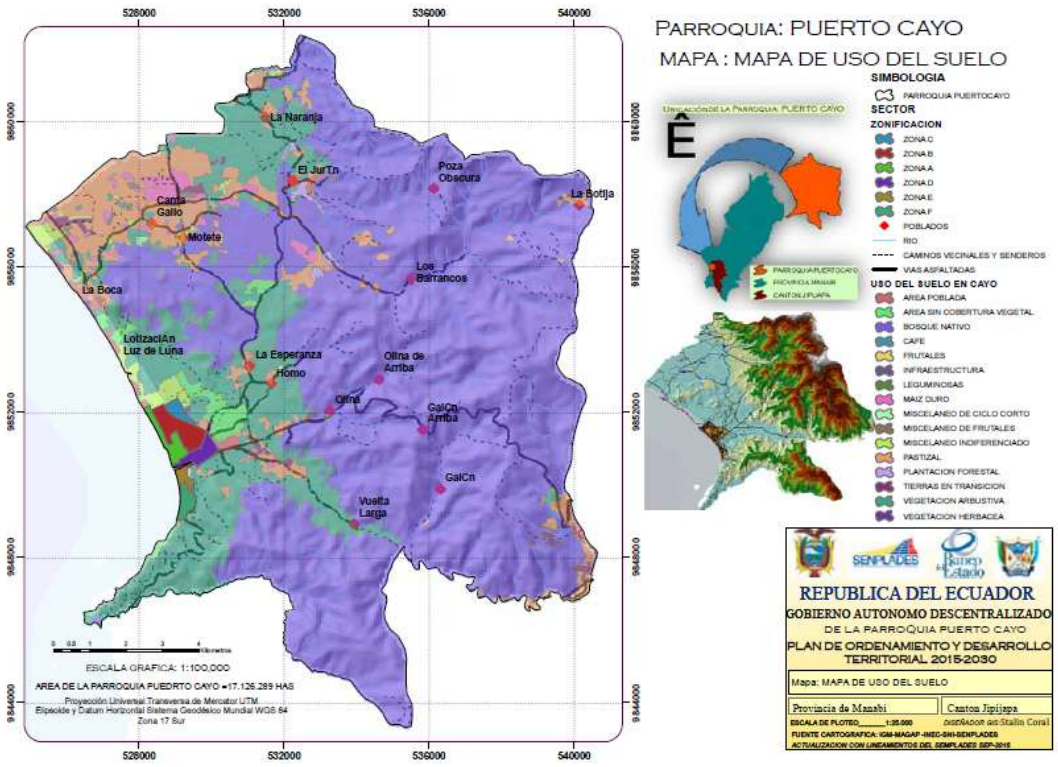
Mapa 4. Mapa de taxonomía del suelo de Puerto Cayo



Mapa 5. Mapa geomorfológico de Puerto Cayo



Mapa 6. Mapa de uso del suelo de Puerto Cayo



Clima

La temperatura del aire en Manabí es relativamente uniforme a lo largo del año, con promedios de alrededor de 25-26º C. Las variaciones diarias no superan los 15º C, con máximas de 34º C y mínimos de 18ºC. En términos generales, las isoyetas (líneas de igual precipitación) se desplazan con incrementos de lluvias desde el suroeste de Manabí (Jipijapa, Puerto López, Montecristi), en sentido nororiental hacia los cantones Flavio Alfaro, Pichincha, El Carmen, Pedernales y norte de Chone (GAD Parroquial de Puerto Cayo , 2015).

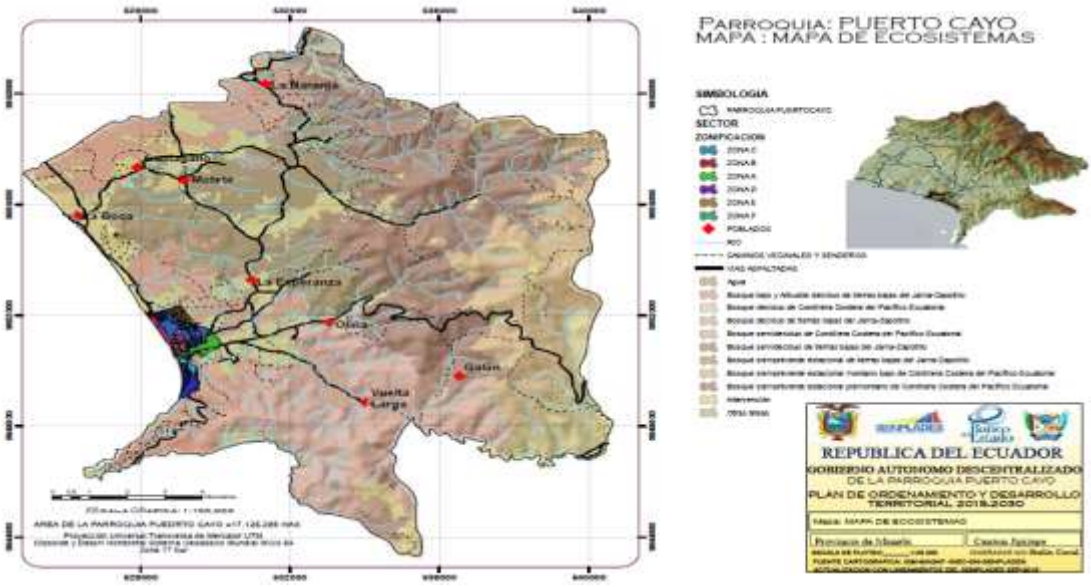
4.1.2. Recursos no renovables

Producción Minera

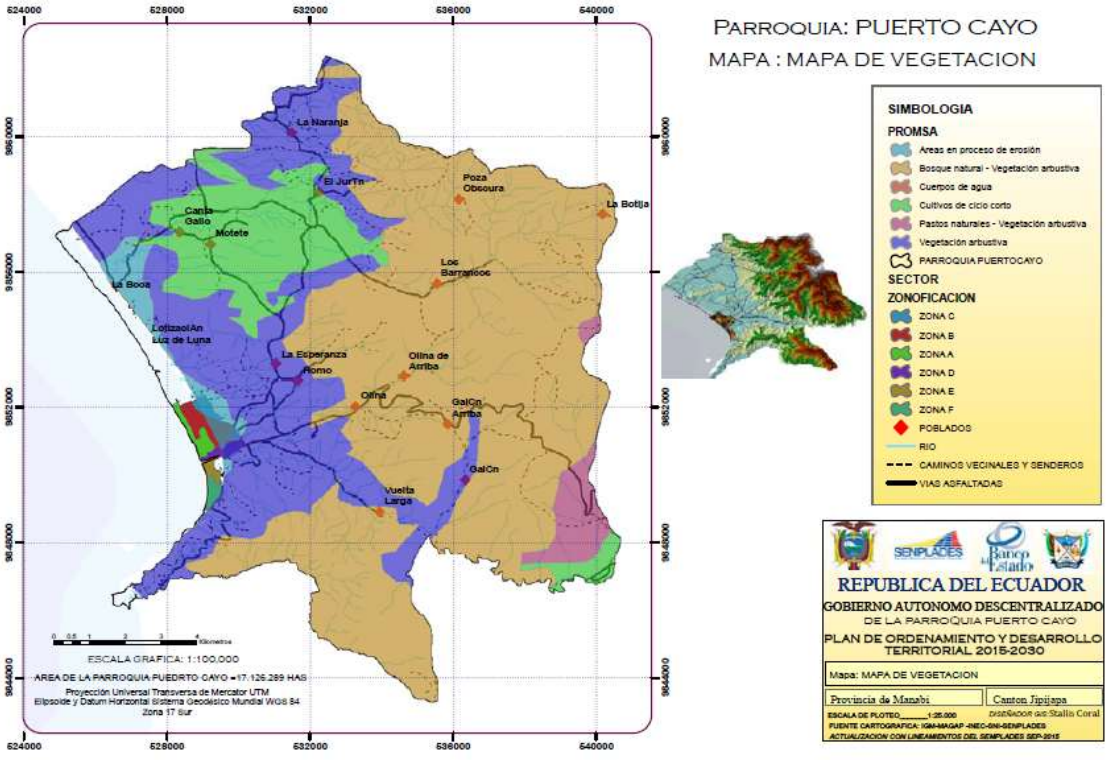
La producción minera en la parroquia, se centraban en la explotación de arena de mar que se extraía de las playas de Puerto Cayo y Puerto La Boca, en la actualidad la arena se extrae de la playa de San José. También existe la explotación de material pétreo o rocoso provenientes de las canteras ubicadas en los sectores de Cayo hacia La Boca y de Cayo hacía Jipijapa, las mismas que

se manejan sin ningún tipo de control que mitiguen el impacto sobre el deterioro ambiental que se está causando a la riqueza natural de la parroquia (GAD Parroquial de Puerto Cayo , 2015).

Mapa 7. Mapa de Ecosistemas de Puerto Cayo



Mapa 8. Mapa de vegetación de Puerto Cayo



4.1.3. Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos

Socios naturales

Deslizamientos

Para los deslizamientos influyen varios factores naturales: la inclinación de las laderas, las características del suelo o roca, el nivel de precipitaciones y la tectónica de la zona. Los factores antrópicos que influyen son: la deforestación, la ocupación indiscriminada del suelo, construcción de carreteras, excavaciones y sobrecargas generadas por construcción de estructuras en zonas de alta pendiente (GAD Parroquial de Puerto Cayo , 2015).

Mapa 9. Mapa de Erosión de la parroquia Puerto Cayo

MAPA DE EROSION		
TOPOGRAFIA	AREA EN M²	AREA EN HA
Topografía plana de la cuenca interior andina	80918070.95	8091.807095
Relieves colinados con pendientes moderadas	6380976.869	638.0976869
Superficies tabulares fuertemente disectadas, cornizas y abruptos	4340925.862	434.0925862
Relieve accidentado con pendientes generalmente muy fuertes	18574704.51	1857.470451
Relieve accidentado con pendientes generalmente muy fuertes	56562919.15	5656.291915
TOTAL	166777597.4	16677.75974

La parroquia Puerto Cayo cuenta con 2 vías principales que atraviesa la parroquia: la E483, vía que viene desde el cantón Jipijapa hasta la Parroquia Puerto Cayo y en su recorrido pasa a orillas de las comunidades de: Galán Arriba, Galán Abajo, Pampas de Olina, Olina, Omo, hasta llegar a la cabecera Parroquial; constituyéndose este territorio en zona montañosa y la E15 que nace en la península de Santa Elena y empieza su recorrido desde la comunidad Salaite de Machalilla, llega a la cabecera parroquial y se desplaza hasta llegar a orillas de las comunidades: La Boca, Cantagallo, Motete; en el recorrido de estas 2 vías principales existen vías de segundo orden o veraneras que conducen a las comunidades; siendo estas a las vías que necesitan de una habilitación y reapertura total, pues se encuentran en mal estado. En lo que respecta a la presencia de situaciones de riesgo en las comunidades el 47% de las encuestadas indicaron vivir expuestas a algún tipo de riesgo, de las cuales el 83% afirma no haber recibido capacitaciones para enfrentarlo (GAD Parroquial de Puerto Cayo , 2015).

En la siguiente tabla se resume, los principales tipos de riesgo existentes. Los porcentajes se establecen del total de comunidades encuestadas:

Tipo de riesgo

TIPO DE RIESGO	%
DESLAVES / DERRUMBES	46%
INUNDACIONES	12%
NINGUNO	42%

Fuente: Talleres de Diagnostico participativo
Elaborado: Equipo Consultor

Tipo de riesgo

Fuente: Talleres de Diagnostico participativo
Elaborado: Equipo Consultor

Recorrido realizado por la Vía Jipijapa – Puerto Cayo

Grietas en el piso formadas por material arcilloso, el cual se genera por la erosión de las lluvias y al llegar el verano estas se secan y provocan capas de sedimento arcilloso.

Suelos arcillosos, con el agua forman lodo que el agua transporta a las cunetas de la carretera.

Desprendimiento y descoloración del material de las montañas a causa de la erosión del suelo.

4.1.4. Estudio realizado en el periodo lluvioso comprendido entre enero y abril del 2017

Estos deslizamientos se generaron por las fuertes lluvias en los meses de enero - abril por lo cual podemos observar que estos movimientos perjudican a los transeúntes al momento de transitar o viajar, debido a que causan un gran impacto y es inevitable transitar por la carretera. Otro de los principales factores es la gran deforestación que podemos observas en el carretero ya que esta es una zona montañosa y ciertas montañas están al borde de la carretera; de la misma manera influye la mano del hombre al alterar los taludes de las montañas. En este valle de montañas se pudo describir que las montañas de esta carretera están compuestas por rocas volcánicas y mucho material arcilloso.

Imagen 1. Imagen de la carretera tramo # 1

Suelos desprovistos de vegetación en un alto porcentaje, lo que ocasiona que el suelo arcilloso al mezclarse con el agua lluvia se forme lodos y se comiencen a deslizar y arrastran todo a su paso hasta llegar a la carretera.

Imagen 2. Imagen de la carretera tramo #2

Extracción inadecuada de material pétreo lo que ocasiona deslizamiento de suelo. Además existe deforestación y material pétreo deslizándose.

Extracción inadecuada de material pétreo lo que ocasiona deslizamiento de suelo que llega en muchos casos hasta la carretera, además se observa deforestación en todo el cerro que comprende este tramo.

Imagen 3. Imagen de la carretera tramo #3

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias. Aquí se observa material deslizado y asentado en la base del talud.

P= 81°

X= 0539526

Y= 9849565

Z= 51 **m.s.n.m.**

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias. Aquí se observa material deslizado y acumulado en la base

P= 50°

X= 0539530

Y= 9849545

Z= 56 **m.s.n.m.**

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias. Aquí se observa deforestación y grandes pendientes de hasta 90°. Además se puede observar la meteorización y deslizamientos en la zona.

P= 90°

X= 0539553

Y= 9849511

Z= 54 **m.s.n.m.**

Deforestación y grados de pendientes de más de 77°. Además se identifica material acumulado por meteorización y deslizamiento.

P= 77°

X= 0532557

Y= 9849505

Z= 53 **m.s.n.m.**

Deslizamientos encontrados en el periodo evaluado

En este tramo se puede observar la meteorización de rocas y áreas deforestadas. Además se observa material deslizado en la base de la pendiente.

Deslizamiento por la acción de la lluvia al mezclarse con el suelo arcilloso a pocos metros de la carretera la cual es un peligro para el tránsito de cualquier tipo de vehículo.

Derrumbe de rocas causado por acción de la gravedad y suelos desprovistos de vegetación, donde también tiene que ver antropológicamente la explotación del material pétreo que es utilizado para fines de bienestar humano.

Imagen 4. Imagen de la carretera tramo # 4

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Toma de datos sobre áreas susceptibles a deslizamientos y derrumbes que van a taponar las cunetas de la carretera que conduce desde la ciudad de Jipijapa hasta la parroquia Puerto Cayo.

P=65°

X=0538504

Y=9850832

Z=484 **m.s.n.m.**

DISTANCIA A LA CARRETERA: 1.50m

Imagen 5. Imagen de la carretera tramo # 5

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Deslizamiento de material arcilloso – rocoso provocado por el libre tránsito de vehículos pesados, por las fuertes corriente de aire, los temblores, la meteorización que hace que esta zona sea susceptible a deslizamientos en cualquier estacón del año. Aquí se identifica claramente que existe una alta tasa de deforestación y posee pendiente de 75°.

P= 75°

X= 05339205

Y= 98504850

Z= 400 **m.s.n.m.**

DISTANCIA A LA CARRETERA: 1m

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Derrumbes identificados en suelos inestables ocasionados por la acción del hombre y lluvias fuertes y prolongadas lo que ocasiona la acumulación de rocas al pie de la carretera. Se observa deforestación, meteorización y erosión.

Derrumbes identificados en la Vía Jipijapa – Puerto Cayo lo que ocasiona la acumulación de las piedras al pie de la carretera y obstaculiza el normal flujo vehicular. Se observa en el círculo la meteorización y erosión.

Imagen 6. Imagen de la carretera tramo # 6

Medición de altura de derrumbes causados por las fuertes lluvias e inestabilidad del terreno ocasionando la obstaculización de las cunetas por la acumulación de rocas fragmentadas.

P= 86 (Grado de pendiente)

X= 0537815

Y= 9851855

Z= 426 **m.s.n.m.**

DISTANCIA A LA CARRETERA: 1m

Derrumbe causados por las fuertes lluvias

Derrumbe y deslizamiento de suelo ocasionado por las fuertes lluvias que hay en el tramo que comprende la vía que conduce de Jipijapa a Puerto Cayo. Se observa en el círculo meteorización, erosión y deslizamiento.

Derrumbe y deslizamiento de suelo ocasionado por las fuertes lluvias que se presentan en el tramo que comprende la vía que conduce de Jipijapa a Puerto Cayo.

Imagen 7. Imagen de la carretera tramo # 7

Toma de datos de ubicación y altura de Derrumbes de rocas causados por las fuertes lluvias a un costado de la vía Jipijapa – Puerto Cayo tramos # 7.

P= 67°

X= 0537930

Y= 9851917

Z= 431 **m.s.n.m.**

P= 82°

X= 0537893

Y= 9851912

Z= 437 **m.s.n.m.**

DISTANCIA A LA CARRETERA: 1.50m

Imagen 8. Imagen de la carretera tramo # 8

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Toma de datos de ubicación y altura de colinas considerables sensibles a las fuertes lluvias y paso del tránsito pesado para que se realicen derrumbes de rocas.

P= 89°

X= 0537929

Y= 9852095

Z= 443 **m.s.n.m.**

Deslizamientos ocurridos en tiempo de verano

Derrumbe de rocas fragmentadas por acción de la lluvia, viento y tráfico pesado que circula por la vía Jipijapa – Puerto Cayo y que se ubican a un costado de la vía en las cunetas. Se observa en el círculo la meteorización, erosión y deslizamiento.

Derrumbe de rocas fragmentadas por acción de la lluvia, viento y tráfico pesado que circula por la vía Jipijapa – Puerto Cayo y que se ubican a un costado de la vía en las cunetas. Se observa en el círculo la meteorización, deforestación, erosión y deslizamiento; además de material pétreo deslizado y erosionado.

Imagen 9. Imagen de la carretera tramo # 9

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Toma de datos de altura de derrumbe de rocas fragmentadas ocasionadas por acción de las lluvias, viento y paso vehicular pesado. Se observa deforestación y meteorización.

Toma de datos de altura de derrumbe de rocas fragmentadas ocasionadas por acción de las lluvias, viento y paso vehicular pesado que obstaculizan las cunetas y llegan hasta la carreteara obstaculizando el normal flujo vehicular. SE observa en los círculos la deforestación y meteorización de las rocas

P= 79°

X= 0537550

Y= 9852064

Z= 442 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.20

OBSERVACIONES REALIZADAS EN TIEMPO DE VERANO

Identificación de tipos de rocas que se encuentran en los cerros que están ubicados a un costado de la vía Jipijapa – Puerto Cayo. Se observa meteorización física.

Identificación de formas de fragmentación de rocas de cerros ubicados a un costado de la Vía Jipijapa – Puerto Cayo tramo # 9 por acción de las lluvias. Se observa meteorización física y quimica.

Revisión e identificación de fisuras que existen en las rocas que se encuentran en los cerros ubicados en el tramo # 9 y que pueden pro acción del viento o el paso del tráfico pesado derrumbarse y afectar el flujo vehicular de la vía. Se observa meteorización física y química, además de material pétreo deslizándose.

Imagen 10. Imagen de la carretera tramo # 10

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Toma de datos de ubicación y altura de talud que ocasiona el derrumbe de rocas fragmentadas y que llegan hasta un costado de la vía. Se observa meteorización, talud y deslizamiento de material pétreo.

P= 85°

X= 0536897

Y= 9852129

Z= 410 **m.s.n.m.**

P= 76°

X= 0536909

Y= 9852135

Z= 408 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.20m

OBSERVACIÓN REALIZADA EN TIEMPO DE VERANO

Observación realizada para constatar el tamaño de rocas, las fisuras y fragmentación de las rocas que pueden desprenderse en cualquier momento por acción del viento o el paso vehicular pesado ocasionando derrumbes de rocas que obstruyen la vía.

Observación realizada para constatar la conformación de las rocas y su deterioro que pueden desprenderse en cualquier momento por acción del viento o el paso vehicular pesado ocasionando derrumbes de rocas que obstruyen la vía.

Imagen 11. Imagen de la carretera tramo # 11

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Toma de datos de altura y ubicación de deslizamientos de suelo ocasionado por la acción de agua y el viento en la vía Jipijapa – Puerto Cayo. Se observa la meteorización, deforestación y talud elevados.

P= 88°

X= 0536710

Y= 9852006

Z= 403 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.20m

OBSERVACIÓN REALIZADA EN TIEMPO DE VERANO

Observación de fisuras en las rocas que conforman los cerros y derrumbe de rocas fragmentadas a un costado de la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto Cayo tramo # 11. Se observa meteorización y erosión combinada con la forestación.

Observación de fisuras y fragmentación de rocas en cerros que se encuentran ubicados en la Vía Jipijapa. Puerto Cayo tramo # 11. Además existe meteorización y erosión combinada con la forestación.

Imagen 12. Imagen de la carretera tramo # 12

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Derrumbe de rocas ocasionados por fuertes lluvias y los movimientos en el tramo # 12 de la Vía que conduce desde Jipijapa a la parroquia Puerto Cayo.

P= 78°

X= 0535792

Y= 9851616

Z= 381 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.50m

OBSERVACIÓN REALIZADA EN TIEMPO DE VERANO

Derrumbe y deslizamiento de roca y suelo ocasionado por fuerte lluvias en el tramo # 12 de la vía que conduce desde Jipijapa hasta Puerto cayo. Se observa meteorización, erosión y deforestación.

Deslizamiento de suelo ocasionado por fuerte lluvias en el tramo # 12 de la vía que conduce desde Jipijapa hasta Puerto Cayo.

Imagen 13. Imagen de la carretera tramo # 13

Observación de rocas y su conformación que se encuentra en los cerros ubicados a un costado de la Vía Jipijapa – Puerto Cayo tramo # 13.

Toma de datos de ubicación y altura de talud donde ocurre derrumbe de rocas fragmentadas que llegan hasta un costado de la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto Cayo Tramo # 13.

P= 85°

X= 0535616

Y= 9851860

Z= 356 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.90m

OBSERVACIÓN REALIZADA EN TIEMPO DE VERANO

Observación de rocas que conforman los cerros ubicados en el tramo # 13 donde se nota fisuras y derrumbe de rocas fragmentadas que llegan hasta el límite de la carretera. Además existe meteorización, deforestación, erosión y deslizamientos.

Observación de rocas de cerro ubicado en el tramo # 13 donde se nota derrumbe de rocas fragmentadas que llegan hasta el límite de la carretera. Además existe meteorización, deforestación, erosión y deslizamientos.

Imagen 14. Imagen de la carretera tramo # 14

Deslizamientos causados por las fuertes lluvias

Toma de datos de ubicación y altura de talud de cerro ubicado en tramo # 14 donde ha ocurrido deslizamiento se rocas.

Toma de datos de ubicación y altura de talud de cerro ubicado en tramo # 14 donde se observa fisura de rocas.

P= 89°

X= 0535530

Y= 9851886

Z= 355 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.30

OBSERVACIÓN REALIZADA EN TIEMPO DE VERANO

Observación de roca fisurada en el cerro y derrumbe de roca fragmentada ubicada a un costado de la vía Jipijapa – Puerto Cayo tramo # 14.

Observación de deslizamiento de suelo y derrumbe de rocas por la poca vegetación donde la pendiente hace que sean muy susceptibles a deslizamientos y que los fragmentos lleguen hasta la carretera. Se aprecia el efecto de la meteorización, erosión, deforestación y acumulación de material pétreo en la base proveniente de los deslizamientos.

Imagen 15. Imagen de la carretera tramo # 15

Toma de datos de ubicación y altura de talud en cerro donde ocurren deslizamientos de roca fragmentada causados por las fuertes lluvias que se presentan en el tramo # 15.

Toma de datos de ubicación y altura de talud en cerro donde ocurre deterioro de rocas que ocasionan fisuras en el talud que provocan posterior deslizamientos de roca fragmentada.

P= 70°

X= 05335264

Y= 9851868

Z= 318 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.18m

OBSERVACIÓN REALIZADA EN TIEMPO DE VERANO

Observación de conformación de cerros en la vía Jipijapa – Puerto Cayo donde se identifica la presencia de rocas en su totalidad con grandes fisuras. Además se identifica meteorización, erosión, deforestación y deslizamiento de rocas.

Observación de conformación de cerros en la vía Jipijapa – Puerto Cayo donde se identifica la presencia de rocas en su totalidad con grandes fisuras y deslizamientos de rocas fragmentadas. Además se identifica meteorización, erosión, deforestación y deslizamiento de rocas.

Imagen 16. Imagen de la carretera tramo # 16

Toma de datos de ubicación y altura de talud en cerros ubicado en el tramo # 16 de la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto Cayo, con presencia de deslizamiento de suelo por acción de las lluvias. Es evidente observar la erosión que se produce.

Toma de datos de ubicación y altura de talud en cerros ubicado en el tramo # 16 de la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto Cayo. Se observa claramente la erosión que ocurre en la zona.

P= 69°

X= 0534760

Y= 9851978

Z= 294 **m.s.n.m.**

Observaciones realizadas a los cerros ubicados en la vía Jipijapa – Puerto Cayo Tramo # 16.

Toma de datos de ubicación y altura de talud de cerro ubicado en el tramo # 16 de la vía Jipijapa – Puerto Cayo. Se observa claramente la erosión que ocurre en la zona.

P= 70°

X= 0534733

Y= 9851957

Z= 294 **m.s.n.m.**

Toma de datos de ubicación y altura de talud de cerro ubicado en el tramo # 16 de la vía Jipijapa – Puerto Cayo, donde también se observa deslizamiento de suelo que van a taponar las cunetas de la vía. Se observa claramente la erosión que ocurre en la zona.

P= 68°

X= 0534745

Y= 9851914

Z= 300 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.50m

OBSERVACIÓN REALIZADA EN TIEMPO DE VERANO

Observación de deslizamiento de suelo que acurre en cerro ubicado a un costado de la vía Jipijapa – Puerto Cayo tramo # 16. Además de ver el deslizamiento y acumulación de materia pétreo en la base.

Observación de derrumbe de rocas y deslizamiento de suelo que acurre en los cerros que están ubicados a un costado de la vía Jipijapa – Puerto Cayo tramo # 16. Además se identifica deforestación, meteorización, erosión y el deslizamiento y acumulación de materia pétreo en la base.

Imagen 17. Imagen de la carretera tramo # 17

Observación de deterioro de rocas que conforman cerro que está ubicado a un costado de la vía Jipijapa – Puerto Cayo tramo # 17. Se identifica la meteorización, erosión y deslizamiento de material pétreo en la base.

Toma de datos de ubicación y altura de talud donde se observa también el deslizamiento de suelo por efecto de fuertes lluvias que se presentan en cerros ubicados en el tramo # 17. Se identifica la meteorización, erosión y deslizamiento de material pétreo en la base.

P= 66°

X= 0534185

Y= 9852428

Z= 477 **m.s.n.m.**

SALIDA A LA CARRETERA: 3.30

OBSERVACIÓN REALIZADA EN TIEMPO DE VERANO

Observación de derrumbe de rocas fragmentadas y deslizamiento de suelos en cerro ubicado en el tramo # 17. Se identifica el proceso de meteorización con deslizamiento acelerado y acumulación de material pétreo en la base.

Observación de derrumbe de rocas fragmentadas y deslizamiento de suelos en cerro ubicado en el tramo # 17 que llegan hasta el límite de la carpeta asfáltica. Se identifica el proceso de meteorización y erosión con deslizamiento y acumulación de material pétreo en la base

4.1.5. Datos meteorológicos de 2014 al 2016

Cuadro 1. Datos meteorológicos de Canta Gallo 2014.

Datos meteorológicos de Cantagallo 2014									
Meses	**Temperatura media (ºC)**	**Evaporación (mm)**	**Tensión de vapor (ºC)**	**Humedad relativa (%)**	**Punto del rocio (ºC)**	**Precipitación (mm)**	**Heliofanía (horas luz)**	**Nubosidad (Octas)**	**Velocidad del veinto (m/s)**
Enero	26,8	151,2	25,4	78	21,5	13,2	113,2	3	2,9
Febrero	27,3	157,9	25,3	79	21,3	15,6	107,6	3	2,7
Marzo	26,3	210,7	24,8	77	21	16,8	198,2	3	3,6
Abril	26	156,8	26,3	82	21,9	24,6	172,6	4	3,2
Mayo	25,7	144,4	26,1	83	21,8	8,3	144,4	4	3,9
Junio	24,3	111,5	25,3	84	21,3	21,8	111,5	5	3,7
Julio	23,2	89,4	25,2	85	21,2	10,3	45,7	6	3,5
Agosto	22,7	95,8	24,9	83	21,4	27,3	31,9	6	3,8
Septiembre	22,2	116,2	22,8	87	19,6	35,4	68,2	6	3,7
Octubre	23,7	125	25,6	80	21,5	18,3	70	5	3,8
Noviembre	24,1	133	25,8	79	21,7	9,2	70,3	4	3,9
Diciembre	24,4	160,7	24,1	82	20,5	12,7	108,2	5	3,7
TOTAL	**24,7**	**137,7**	**25,1**	**82**	**21,2**	**213,5**	**1241,8**	**5**	**3,5**

Cuadro 2. Datos meteorológicos de Canta Gallo 2015.

Datos meteorológicos de Cantagallo 2015									
Meses	**Temperatura media (ºC)**	**Evaporación (mm)**	**Tensión de vapor (ºC)**	**Humedad relativa (%)**	**Punto del rocío (ºC)**	**Precipitación (mm)**	**Heliofanía (horas luz)**	**Nubosidad (Octas)**	**Velocidad del veinto (m/s)**
Enero	25,4	178,4	25,2	81	21,3	9,6	118,2	4	3,4
Febrero	26,7	185,1	26,2	80	21,9	24,2	136,7	4	3,5
Marzo	26,9	264,3	26,7	78	22,2	72,5	204,5	3	3,2
Abril	26,5	217,9	27,4	81	22,6	48,3	210,4	3	2,3
Mayo	26,4	176,5	27,7	82	22,8	15,1	168,5	4	2,7
Junio	25,2	198,2	26,1	81	21,8	9,7	82,8	4	2,9
Julio	24,7	176,7	25,6	84	21,8	14,3	80,0	5	3,0
Agosto	23,6	140,4	23,6	85	20,3	4,2	31,9	6	3,6
Septiembre	24,3	166,7	26,1	82	22,0	7,9	63,0	5	3,7
Octubre	24,2	162,6	24,8	85	21	4,4	78,0	6	4,0
Noviembre	24,3	147,8	25,3	85	21,3	3,2	96,0	6	3,4
Diciembre	26,4	200,4	27,4	84	22,6	9,6	118	4	3,1
TOTAL	**25,4**	**184,6**	**26,0**	**82**	**21,8**	**223,0**	**1388,0**	**5**	**3,2**

Cuadro 3. Datos meteorológicos de Canta Gallo 2016.

Datos meteorológicos de Cantagallo 2016									
Meses	**Temperatura media (ºC)**	**Evaporación (mm)**	**Tensión de vapor (ºC)**	**Humedad relativa (%)**	**Punto del rocio (ºC)**	**Precipitación (mm)**	**Heliofanía (horas luz)**	**Nubosidad (Octas)**	**Velocidad del veinto (m/s)**
Enero	26,5	240,7	28,7	85	23,3	93,6	124,4	5	2,5
Febrero	26,9	180,6	30,1	87	24,2	47,2	95,9	5	2,1
Marzo	27,3	214,2	30,3	85	24,3	58,7	136,8	4	1,7
Abril	26,8	208,2	27,8	82	22,9	33,2	210,4	3	2,4
Mayo	26,1	172,2	30	82	23,1	14,2	168,5	4	2,8
Junio	25,3	189,3	26,8	82	22,1	7,2	82,8	5	2,7
Julio	24,5	173,2	25,9	84	21,9	6,2	80,0	5	2,9
Agosto	23,7	142,5	23,9	85	20,6	0,3	31,9	6	3,2
Septiembre	24,8	155,2	26,5	82	22,3	1,3	63,0	5	3,6
Octubre	24,7	160,2	25	85	21,3	2,4	78,0	5	3,8
Noviembre	24,3	139,2	25,6	85	21,6	1,2	96,0	6	3,5
Diciembre	26,6	197,3	27,4	85	22,9	9,6	118	4	3,2
TOTAL	**25,6**	**181,1**	**27,3**	**84**	**22,5**	**275,1**	**1285,7**	**5**	**2,9**

Cuadro 4. Datos meteorológicos de Canta Gallo 2017.

Datos meteorológicos de Cantagallo 2017									
Meses	**Temperatura media (ºC)**	**Evaporación (mm)**	**Tensión de vapor (ºC)**	**Humedad relativa (%)**	**Punto del rocio (ºC)**	**Precipitación (mm)**	**Heliofanía (horas luz)**	**Nubosidad (Octas)**	**Velocidad del veinto (m/s)**
Enero	26,2	225	28,1	84	23,1	98,9	124,4	5	2,3
Febrero	26,7	180,5	29,1	86	24,2	80,2	115,2	5	2,4
Marzo	26,9	217,2	30,0	85	24,1	62,2	204,0	4	1,9
Abril	26,2	172,5	29,5	84	23,5	12,2	84,0	5	2,1
Mayo	26,1	259,5	29,2	84	23,1	8,2	31,8	6	2,9
Junio	23,9	182,2	28,9	82	23,0	76,5	9,1	8	2,0
Julio									
Agosto									
Septiembre									
Octubre									
Noviembre									
Diciembre									
TOTAL	**26,0**	**206,2**	**29,1**	**84**	**23,5**	**338,2**	**568,5**	**6**	**2,3**

4.1.6. Ficha de observación de deslizamiento de tierra en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.

Proyecto: Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo.

<table>
<tr><td colspan="2">Nombre del observador:</td><td colspan="2">Damian Ponce</td></tr>
<tr><td colspan="2">Email de contacto:</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td>Hora: 9H:30</td><td>Sitio: Joa</td><td></td></tr>
<tr><td>Localidad: Sector Cerro de Joa</td><td>Ciudad: Jipijapa</td><td>Provincia: Manabí</td><td>País: Ecuador</td></tr>
<tr><td>Referenciación:</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividad: Observación de los deslizamientos ocurridos en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Observación/Descripción</td><td colspan="2">Análisis/Comentarios teóricos</td></tr>
<tr><td colspan="2">
Sector: Cerro de Joa a un costado de la vía que conduce a la parroquia puerto Cayo.
Existe meteorización, deforestación y deslizamiento de material pétreo y acumulación en la base.</td><td colspan="2">En el recorrido realizado por la vía que conduce desde el cantón Jipijapa hasta la parroquia Puerto Cayo en periodo lluvioso se pudo observar que en varios tramos existe deslizamiento de tierra y este cubre en parte la vía lo cual dificulta la normal circulación de los vehículos, así como también la perdida de vegetación cuando ocurre el deslizamiento del suelo a las partes más bajas de la vía.</td></tr>
</table>

Elaborado por: Damián Ponce

Ficha de observación de deslizamiento de tierra en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.

Proyecto: Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo.

<table>
<tr><td colspan="2">Nombre del observador:</td><td colspan="2">Damian Ponce</td></tr>
<tr><td colspan="2">E-mail de contacto:</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td>Hora: 9H:30</td><td>Sitio: Joa</td><td></td></tr>
<tr><td>Localidad: Sector Cerro de Joa</td><td>Ciudad: Jipijapa</td><td>Provincia: Manabí</td><td>País: Ecuador</td></tr>
<tr><td>Referenciación:</td><td>X= 0538730</td><td>Y= 09845394</td><td>Z= 190m</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividad: Observación de los deslizamientos ocurridos en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Observación/Descripción</td><td colspan="2">Análisis/Comentarios teóricos</td></tr>
<tr><td colspan="2">
Sector Cerro de Joa a un costado de la vía que conduce desde Jipijapa hasta Puerto Cayo.
Existe meteorización, deforestación y deslizamiento de material pétreo y acumulación en la base.
Existe meteorización, deforestación y deslizamiento de material pétreo y acumulación en la base.</td><td colspan="2">En el recorrido efectuado en periodo lluvioso en la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto cayo se pudo constatar el deslizamiento de suelo y que este se encuentra a una distancia comprendida entre 160 y 170 metros, esto se desarrolla por la escorrentía que ocasionan las lluvias fuertes al estar estos cerros desprovistos de vegetación.</td></tr>
</table>

Elaborado por: Damián Ponce

Ficha de observación de deslizamiento de tierra en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.

Proyecto: Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo.

<table>
<tr><td colspan="2">Nombre del observador:</td><td colspan="2">Damian Ponce</td></tr>
<tr><td colspan="2">E-mail de contacto:</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td>Hora: 9H:30</td><td>Sitio: Joa</td><td></td></tr>
<tr><td>Localidad: Sector Cerro de Joa</td><td>Ciudad: Jipijapa</td><td>Provincia: Manabí</td><td>País: Ecuador</td></tr>
<tr><td>Referenciación:</td><td>X= 0539714</td><td>Y= 9849381</td><td>Z= 204m</td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividad: Observación de los deslizamientos ocurridos en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Observación/Descripción</td><td colspan="2">Análisis/Comentarios teóricos</td></tr>
<tr><td colspan="2">
Sector Cerro de Joa a un costado de la vía que conduce desde Jipijapa hasta Puerto Cayo.</td><td colspan="2">En el recorrido efectuado en periodo lluvioso en la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto cayo se pudo constatar el deslizamiento de suelo que este se encuentra a una distancia comprendida entre 160 y 170 metros hasta llegar a la carretera, esto se desarrolla por la escorrentía que ocasionan las fuertes lluvias al estar estos cerros desprovistos de vegetación.</td></tr>
</table>

Elaborado por: Damián Ponce

Ficha de observación de deslizamiento de tierra en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.

Proyecto: Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo.

<table>
<tr><td colspan="2">Nombre del observador:</td><td colspan="2">Damian Ponce</td></tr>
<tr><td colspan="2">E-mail de contacto:</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td>Hora: 9H:30</td><td>Sitio: Joa</td><td></td></tr>
<tr><td>Localidad: Sector Cerro de Joa</td><td>Ciudad: Jipijapa</td><td>Provincia: Manabí</td><td>País: Ecuador</td></tr>
<tr><td>Referenciación:</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividad: Observación de los deslizamientos ocurridos en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Observación/Descripción</td><td colspan="2">Análisis/Comentarios teóricos</td></tr>
<tr><td colspan="2">
Deslizamiento de suelo que obstaculiza la vía que va desde Jipijapa hasta Puerto Cayo.
Además se observa Material removido por maquinarias producto de los deslizamientos ocurridos por las lluvias que se presentan en la zona y son arrastrados pro escorrentía.</td><td colspan="2">En el recorrido efectuado en periodo lluvioso en la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto Cayo se pudo constatar el deslizamiento de suelo que ocurre y que obstruye la carretera y en muchos caso se debe utilizar maquinaria pesada para remover la tierra o lodo que cae a la carretera y de esta manera ocasiona daños a la carpeta asfáltica porque normalmente se mantiene también un flujo de agua permanente.</td></tr>
</table>

Elaborado por: Damián Ponce

Ficha de observación de deslizamiento de tierra en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.

Proyecto: Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo.

<table>
<tr><td colspan="2">Nombre del observador:</td><td colspan="2">Damian Ponce</td></tr>
<tr><td colspan="2">E-mail de contacto:</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td>Hora: 9H:30</td><td>Sitio: Joa</td><td></td></tr>
<tr><td>Localidad: Sector Cerro de Joa</td><td>Ciudad: Jipijapa</td><td>Provincia: Manabí</td><td>País: Ecuador</td></tr>
<tr><td>Referenciación:</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividad: Observación de los deslizamientos ocurridos en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Observación/Descripción</td><td colspan="2">Análisis/Comentarios teóricos</td></tr>
<tr><td colspan="2">
Deslizamiento de suelo que obstaculiza la vía que va desde Jipijapa hasta Puerto Cayo. Además se puede observar material pétreo mezclado con suelos.</td><td colspan="2">En el recorrido efectuado en periodo lluvioso en la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto Cayo se pudo constatar el deslizamiento de suelo que cubre gran parte de la carpeta asfáltica y las cunetas lo que ocasiona una acumulación de sedimento y se va acumulando cerro abajo o que ocasiona daños por escorrentía con lodo.</td></tr>
</table>

Elaborado por: Damián Ponce

Ficha de observación de deslizamiento de tierra en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.

Proyecto: Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo.

<table>
<tr><td colspan="2">Nombre del observador:</td><td colspan="2">Damian Ponce</td></tr>
<tr><td colspan="2">E-mail de contacto:</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td>Hora: 9H:30</td><td>Sitio: Joa</td><td></td></tr>
<tr><td>Localidad: Sector Cerro de Joa</td><td>Ciudad: Jipijapa</td><td>Provincia: Manabí</td><td>País: Ecuador</td></tr>
<tr><td>Referenciación:</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Actividad: Observación de los deslizamientos ocurridos en la vía Jipijapa – Puerto Cayo.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Observación/Descripción</td><td colspan="2">Análisis/Comentarios teóricos</td></tr>
<tr><td colspan="2">
Deslizamiento de suelo que obstaculiza la vía que va desde Jipijapa hasta Puerto Cayo.
Además se puede observar material pétreo mezclado con suelos</td><td colspan="2">En el recorrido efectuado en periodo lluvioso en la vía que conduce desde Jipijapa a Puerto Cayo se pudo constatar el deslizamiento de suelo que obstaculiza el libre flujo de agua en las cunetas lo que ocasiona que la carpeta asfáltica permanezca húmeda y con presencia de lodos lo que hace que la carretera se ponga peligrosa para el paso de los vehículos lo que puede ocasionar accidentes de tránsito.</td></tr>
</table>

Elaborado por: Damián Ponce

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa-Puerto Cayo teniendo en cuenta la composición y el grado de meteorización de los suelos y las rocas, el clima, la deforestación y las pendientes de los taludes en la carretera identifica como zonas de mayores deslizamientos en el Cerro de Joa que comprende el tramo uno, dos y tres; este presenta un deforestación marcada y por ser donde se hace una explotación irracional de material pétreo que existe en la zona. Además en otros tramos donde existe derrumbes de rocas porque ocurre meteorización por efecto de la caída de aguas lluvias y el viento, lo que al paso del tráfico pesado hace que las rocas se fragmenten y ocurran los derrumbes y deslizamientos de rocas que caen en las cunetas o en la carpeta asfáltica obstaculizando en muchos tramos el normal paso vehicular y deteriorando la carpeta asfáltica en otros casos. Los deslizamientos son muy peligrosos, pues los más grandes desplazan toneladas y toneladas de piedras y suelos que descienden a gran velocidad, hacia los valles, sepultando todo lo que encuentre a su paso.

En la Caracterización de la meteorización de suelos y las rocas, el tipo de clima, la deforestación y las pendientes de los taludes, se encontró que las rocas están meteorizadas por efecto de las lluvias que se presentan en diferentes tramos de la carretera, la altura de los talud están entre 290 y 477 msnm, existiendo una distancia desde el derrumbe o deslizamiento de tierra desde 3,50 m hasta llegar a la carretera obstaculizando el normal flujo vehicular, esto fortalecido por la deforestación que existen en los diferentes cerros que se identificaron en la vía Jipijapa – Puerto Cayo en cada uno de los 17 tramos evaluados; la pendientes de los taludes poseen entre 66 y 90°. Estos datos permiten indicar que de acuerdo a la clasificación del grado de susceptibilidad a deslizamientos según Sarkar y Kanungo (2004), quien categoriza la susceptibilidad de acuerdo a diferentes criterios, estos tramos presentan en algunos casos un grado de susceptibilidad alta porque las laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido

deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran y Moderada porque presenta laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran. Los deslizamientos se presentan como flujos masivos de rocas y suelos que movilizan importantes volúmenes de materiales ladera abajo, primero lentamente, después a gran velocidad, pueden ocurrir en paredes artificiales cortadas a lo largo de las carreteras. Para evitar el flujo de suelo, hay que tomar medidas de ingeniería, que faciliten el drenaje de la ladera, de manera que el suelo no acumule demasiada humedad.

5.2. Recomendaciones

Es necesario realizar acciones de tipo civiles con barreras o trampas que permitan mitigar los daños que ocasionan los derrumbes de rocas fragmentadas o deslizamientos de tierra que ocurren permanentemente en los cerros que se encuentran ubicados en la vía Jipijapa – Puerto Cayo. Los derrumbes, deslizamientos, desplomes y otros procesos pueden ocurrir en cualquier momento del año, por el día o por la noche; pero son más frecuentes después de fuertes lluvias, tormentas y temblores de tierra, por eso cuando ocurre uno de estos eventos se deben tomar medidas de evaluación y mitigación de daños. En el caso de los taludes cortados en carreteras y otras obras, se deben implementar medidas de ingeniería para estabilizarlos, como es el uso de paredes de contención.

Se debe realizar acciones de reforestación en las áreas donde son boscosas ya que existen otras zonas o tramos que son muy rocosas y es donde se deben adoptar medidas de mitigación de caída de roca fragmentadas para evitar obstrucción de cunetas, alcantarillas o el mismo paso vehicular especialmente en época de lluvias. En las laderas donde los suelos han estado reptando por algunos años, los troncos de los árboles se doblan, para corregir la inclinación, pues de hecho el suelo fluye muy lentamente ladera abajo, como si reptara al estilo de una serpiente, por lo que al identificar estas anomalías se deben de tomar medidas de mitigación de los daños y evitar daños posteriores.

VI. Bibliografía

Asamblea, C. (2008). *Constitución de la República del Ecuador.* Montecristi, Ecuador.

Barrera, B., & Campaña, Z. (2003). *Analisís de estabilidad de presas de relave práctica chilena.* Cataluña.

C.N.E. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. (2013). *Alertas. Gestión Preventiva. ¿Qué es un Derrumbe o Deslizamiento?* Obtenido de C.N.E. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias: https://www.cne.go.cr/index.php/gestireventiva-la-instituci40/36-educacion-y-asesoria/79-derrumbe

Carmenates, Y. (2006). *Type of the landsilde developed in the territory of Moa.* Cuba: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

CENAPRED México. (2016). *Curso: Causas que propician los delizamientos y medidas de prevención. Gobierno de la República de México. Coordinación Nacional de Protección Civil .* Méxíco : SEGOB Secretaria de Gobirno de México.

COOTAD. (2010). *Código Órganico de Organización Territorial Autónoma y Descentralizada.* Quito, Ecuador.

Corominas, J. (2000). *Tipos de rotura en laderas y taludes.* Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña.

Delgado, J., Peláez, J., Tomás, R., Estéves, A., López, C., Doménech, C., & Cuenca, A. (2006). *Evaluación de la susceptibilidad de las laderas a sufrir de inestabilidad inducidas por terremotos.* Alicante, España: Revista de la Sociedad Geológica de España.

Duque, G. (2017). *Manual de Geologia para Ingenieros. Movimientos masales.* Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/330/movimientosmasales.pdf

ex-CLIRSEN y MAGAP (SINAGAP). (2012). *Geomorfología. “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL. 1: 25.000”.* Cantón Jipijapa. Manabi - Ecuador. : Instituto Espacial Ecuatoriano (ex-CLIRSEN) y MAGAP (SINAGAP).

Figueras, S., Macau, A., Goula, X., & Gonzalez, M. (2005). *Aplicación de método de Newmark para el estudio de los movimientos de laderas activados por terremotos en Andorra.* Valencia, España: VI Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables.

GAD - Jipijapa . (2017). *MUNICIPIO REALIZO LIMPIEZA EN LA VIA JIPIJAPA-PUERTO CAYO.* Obtenido de Gobierno Autónomo desentralziado del Cantón jipijapa GAD - Jipijapa. : http://www.municipiojipijapa.gob.ec/jipijapa/index.php/2-latest/1145-municipio-realizo-limpieza-en-la-via-jipijapa-puerto-cayo

GAD Parroquial de Puerto Cayo . (2015). *Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de Puerto Cayo.* Obtenido de Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo : http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360043010001_PDOT%20PUERTO%20CAYO%20FINAL_31-10-2015_00-04-31.pdf

Gonzáles de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica.* Prentice Hall. España.

González de Vallejo, L. (2006). *Ingeniería Geológica, Deslizamientos y otros movimientos de terreno.* Madrid, España: Pearson Educación.

Guamán, G. (2012). *Aplicación de SIG para el manejo de riesgos naturales en el área urbano de la Cuidad de Loja.* Quito: Universidad San Francisco.

Highland, L. (2008). *The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslide.* Reston, Virginia: U. S. Geological Survey.

Matteis, A. (2003). *Geología y Geotécnica.* Rosario, Argentina.

Navarro , J. (2012). *Susceptibilidad y amenaza de deslizamientos de ladera mediante S.I.G. en el municipio de Berlín, El Salvador.* Obtenido de Universidad Complutense de Madrid: http://eprints.ucm.es/19876/1/TFM_JNV_FINALCUT.pdf

Navarro, J., Palacios, D., & Rivas, A. (2012). *Susceptibilidad y amenaza de deslizamientos de ladera mediante S.I.G. en el municipio de Berlín, El Salvador.* San Salvador : Universidad Complutense de Madrid .

Pavón, N., & Garzón, O. (2014). *Evaluación y zonificación de susceptibilidad y amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa en el cantón Pallatanga.* Quito.

Rodriguez, F. (2000). *Analisís de estabilidad de taludes.* Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

Rodríguez, M., García, J., Azañon, J., & Jabaloy, A. (2008). *Evaluacion regional de inestabilidades de ladera por efecto sísmico en la Cuenca de Lorca (Murcia): Implantación del método de Newmark en un SIG.* Boletín Geológico y Minero, 119 (4).

Saavedra, A., & Vinueza. (2013). *Implementación de un plan piloto para la gestion de riesgos para el fortalecimiento de los miembros de los comandos operacionales, en la Jurisdicción de Esmeraldas.* Pichincha, Ecuador.

Sarkar, S. K. (2004). *An integrated approach for landslide susceptibility mapping using remote sensing and GIS.* Photogrammetric Engineering and Remote Sensing: United States of America.

Secretaria de Gestión de Riesgos SGR. (2014). *Programa de prevención y Mitigación para reducir el riesgo por diferentes Amenzas. Amenaza por deslizamientos.* Quito - Ecuador. : Secretaria de Gestión de Riesgos SGR. Ministerio Coordinador de Seguridad. .

Suárez, J. (2002). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.*

Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico.* Universidad Industrial de Santander: Colombia.

Telesur. (26 de febrero de 2012). *Noticias Telesur*. Obtenido de http://www.telesurtv.net/articulos/2012/02/26/temporada-invernal-en-ecuador-deja-al-menos-41-muertos-y-26-heridos

Vázquez, J., Backhoff, M., Gonzalez, J., & Morales, E. (2016). Establecer la vulnerabilidad y evaluar el riesgo por deslizamientos, inundaciones pluviales y socavación de puentes en la Red Federal de Carreteras. *Publicación Técnica No. 470. Sanfandila, Qro., 2016. México.* , 1-75.

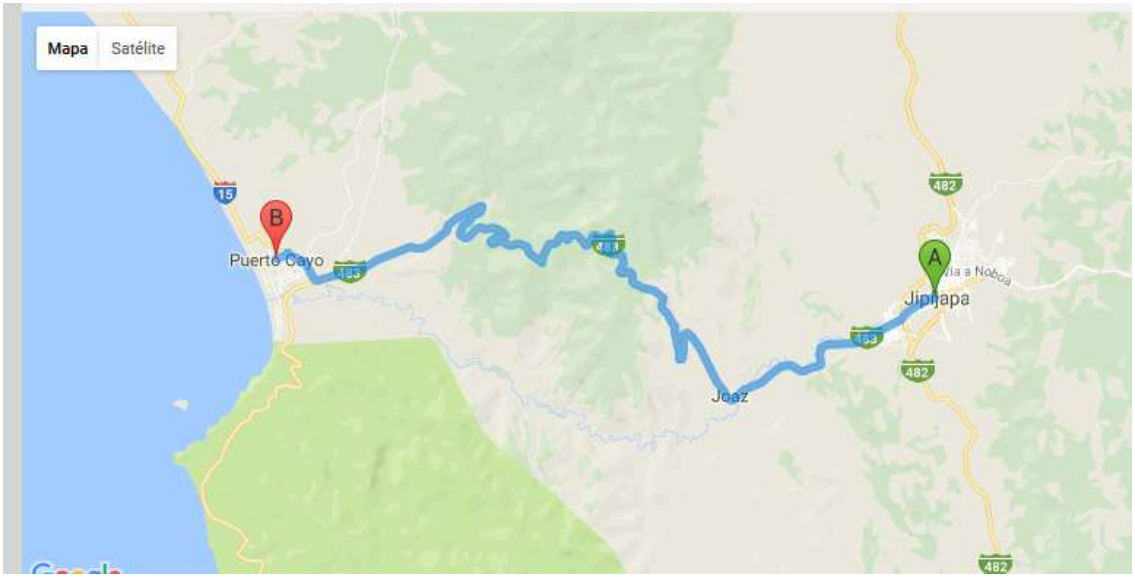
wikiwand. (2017). *Vía Colectora Jipijapa-Puerto Cayo .* Obtenido de http://www.wikiwand.com/es/V%C3%ADa_Colectora_Jipijapa-Puerto_Cayo

Zarepta, O. (2015). *ANALISIS DEL RIESGO, PELIGROS GEOLÓGICOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES.* Obtenido de https://civilgeeks.com/2015/06/02/analisis-del-riesgo-peligros-geologicos-y-prevencion-de-desastres/

ANEXOS

ANEXO 1

Mapa de vía Jipijapa –Puerto Cayo



ANEXO 2

Mapa de vía Jipijapa –Puerto Cayo

Haz Clic en el mapa para obtener latitud y longitud : **-1.3327**, **-80.5930**