

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER
HUMANO**

**ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y
GESTIÓN DEL RIESGO**

TÍTULO

**ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE
SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE
DESLIZAMIENTOS EN LA MICRO CUENCA DEL
ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL
PERÍODO 2015.**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIEROS EN
ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL
RIESGO**

AUTORES

**BENAVIDES OCAMPO KARLA ALEJANDRA
DOMÍNGUEZ PAREDES RENATO GABRIEL**

TUTOR

ING. CARLOS OCAMPO LEÓN

GUARANDA- ECUADOR

NOVIEMBRE 2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios por brindarme la salud y sabiduría para encontrarme en esta etapa académica, a mis padres y a mi hermana Maurita por ser las personas que me impulsaron a la culminación de mis estudios; a mis abuelitos, tíos y primos que siempre han estado pendiente de mí en cada logro obtenido. Mi familia será siempre el pilar fundamental de mi vida profesional, por ellos y para ellos.

Alejandra

Dedicado a mis padres, porque siempre estuvieron ahí brindándome ese impulso y las palabras de aliento para culminar mi carrera; a mi pequeña Renata Isabella, por la que luché día a día para brindarle futuro provechoso.

Renato

A nuestro compañero Rotman Israel Ramos Montenegro, aunque físicamente ya no estás entre nosotros, la culminación de esta carrera te la dedicamos amigo.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento sincero a la Universidad Estatal de Bolívar, a la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano por acogernos en sus aulas durante estos arduos años de estudio; a sus autoridades, así como a personal docente y de servicios que son parte del alma máter bolivarense.

Un agradecimiento muy especial a nuestro Director Carlos Ocampo León, que ha sabido compartir su sabiduría y experiencia, de la misma forma ha sabido comprender cada una de las dificultades que durante este proceso investigativo se han desarrollado.

Eternamente agradecidos.

Karla Alejandra Benavides Ocampo

Renato Gabriel Domínguez Paredes

TEMA:

Análisis físico del suelo como factor de susceptibilidad para el estudio de deslizamientos en la micro cuenca del Illangama, Cantón Guaranda, durante el período 2015.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
TEMA:	4
ÍNDICE	5
Índice de Tablas	7
Índice de Figuras	8
CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR	10
AUTORIA NOTARIADA	11
RESUMEN EJECUTIVO	12
INTRODUCCIÓN	13

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema	14
1.2. Formulación del Problema.	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo General	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
1.4. Justificación de la Investigación.....	17
1.5. Limitaciones	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación	19
2.2. Bases Teóricas	20
2.2.1. El Suelo.	20
¿Qué es el suelo?	20
Meteorización.....	21
Distribución granulométrica.....	24
Sedimentación y sus características.	25
Minerales.....	27

Rocas	29
2.2.2. Susceptibilidad	30
Análisis de susceptibilidad	32
2.2.3. Deslizamientos	38
2.2.4. Microcuenca del Illangama	61
2.3. Definición de Términos (Glosario)	73
2.4. Marco Legal	75
2.5. Sistemas de Variables	77

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Nivel de Investigación	80
3.2. Diseño	80
3.3. Población y muestra	81
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	83
3.4.1. Observación directa	83
3.4.2. Escalas de medición	83
3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	83
3.5.1. Análisis Granulométrico por Tamizado	84
3.5.2. Análisis Mineralógico	85
3.5.3. Análisis Hidráulica de Suelo “Permeabilidad”	87
3.5.4. Aplicación de sistemas de información geográfica	88

CAPITULO IV

RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1. Resultados según objetivo 1	93
4.2. Resultados según objetivo 2	118
4.3. Resultados según objetivo 3	121
4.4. Resultados según objetivo 4	122

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	123
5.2. Recomendaciones	124
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS	128

Índice de Tablas

Tabla 1: Perfil de Meteorización.....	22
Tabla 2: Escala de Mohs	28
Tabla 3: Valoración de acuerdo a las Pendientes.....	33
Tabla 4: Valoración de acuerdo a la composición Litológica	34
Tabla 5: Valoración de acuerdo a la composición Geomorfológica	36
Tabla 6: Valoración de acuerdo al Uso y cobertura del suelo.....	36
Tabla 7: Valoración de acuerdo a la Precipitación (Isoyetas).....	38
Tabla 8: Glosario para la caracterización de movimientos en masa.	61
Tabla 9: Recolección de Muestras de Suelo	82
Tabla 10: Combinación de las bandas espectrales LANDSAT 8	90
Tabla 11: Resultados del Análisis Mineralógico.....	95
Tabla 12: Resultados de Análisis Granulométrico Muestra 1	96
Tabla 13: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 2.....	98
Tabla 14: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 3.....	100
Tabla 15: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 4.....	102
Tabla 16: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 5	104
Tabla 17: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 6	106
Tabla 18: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 7	108
Tabla 19: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 8	110
Tabla 20: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 9	112
Tabla 21: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 10	114
Tabla 22: Indicadores para la Gestión de Riesgos	119
Tabla 23: Factores Externos Mora Varhson	120

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama Ombrotérmico.....	37
Figura 2: Fuerzas básicas gravitacionales.....	39
Figura 3: Nomenclatura de un deslizamiento.	41
Figura 4: Clasificación de los coluviones por la estructura de soporte.....	44
Figura 5: Deslizamientos de coluviones arcillosos someros.....	47
Figura 6: Caídos de bloques por gravedad en roca fracturada.....	49
Figura 7: Algunos mecanismos de falla de caídos.....	49
Figura 8: Volteo o inclinación en materiales residuales	50
Figura 9: Esquema de un proceso de Reptación.....	50
Figura 10: Deslizamientos en suelos blandos	51
Figura 11: Deslizamiento rotacional típico.....	52
Figura 12: Efectos de la estructura en la formación de deslizamientos a rotación.	53
Figura 13: Deslizamiento de translación en la vía Tijuana - Ensenada en México.....	54
Figura 14: Esquema de un esparcimiento lateral	55
Figura 15: Flujos de diferentes velocidades.	58
Figura 16: Avalancha en cauce de río por acumulación de materiales producto de una gran cantidad de deslizamientos ocurridos en el momento de un sismo	60
Figura 17: Área de Estudio Microcuenca Illangama	62
Figura 18: Sombras con la red primaria y secundaria de la Hidrografía de la Microcuenca del Illangama 2015.....	71
Figura 19: Recolección de muestras de suelo Microcuenca Illangama	82
Figura 20: Gráfica Granulométrica.....	84
Figura 21: Proceso de Manejo de Información dentro de un SIG	91
Figura 22: Curva Granulométrica Muestra 1	97
Figura 23: Curva Granulométrica Muestra 2	99
Figura 24: Curva Granulométrica Muestra 3.....	101
Figura 25: Curva Granulométrica Muestra 4	103
Figura 26: Curva Granulométrica Muestra 5.....	105

Figura 27: Curva Granulométrica Muestra 6	107
Figura 28: Curva Granulométrica Muestra 7	109
Figura 29: Curva Granulométrica Muestra 8	111
Figura 30: Curva Granulométrica Muestra 9	113
Figura 31: Curva Granulométrica Muestra 10	115

**CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO,
EMITIDO POR EL TUTOR**

Ing. Carlos Ocampo León

CERTIFICA

Que el Proyecto de Investigación titulado: **“ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICRO CUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.”**, elaborado por la Señorita Karla Alejandra Benavides Ocampo y el Señor Renato Gabriel Domínguez Paredes, con Cédulas de Ciudadanía No. 0202314084 y 0201573888 respectivamente, Egresados de la Carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, de la Universidad Estatal de Bolívar, ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente.

Guaranda, Noviembre 2016

Ing. Carlos Ocampo León
DIRECTOR

AUTORIA NOTARIADA

Nosotros, Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes, declaráramos que la investigación titulada **“ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICRO CUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.”**, es de nuestra autoría y por lo tanto somos responsables de las ideas y contenidos expuestos en el mismo.

KARLA ALEJANDRA BENAVIDES OCAMPO
0202314084

RENATO GABRIEL DOMÍNGUEZ PAREDES
0201573888

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación consiste en determinar las características físicas del suelo como factor de susceptibilidad ante los deslizamientos en la microcuenca del Illangama.

Considerando que los deslizamientos son procesos de la geodinámica externa que modifican las diferentes formas del terreno o suelo y representan un problema para las poblaciones asentadas en áreas vulnerables afectando a las infraestructuras, bienes y vida.

La investigación se llevó a cabo mediante la aplicación de pruebas de laboratorio para el análisis de la granulometría, mineralogía e hidrología del suelo y los modelos digitales del terreno, que a través de la fórmula de **Mora-Vahrson**, se logró determinar los factores condicionantes de inestabilidad y factores desencadenantes para clasificar la amenaza por deslizamientos en la zona de estudio.

En el desarrollo o estructura del proyecto, el Capítulo I contiene el problema de investigación, planteamiento, objetivos, así como también sus limitaciones; siendo esta la base de la investigación, seguido del Capítulo II, donde se menciona la teoría científica en la cual se citó toda la información necesaria, dentro de las variables planteadas, a su vez recalcó la teoría conceptual, en la que se delimitó la terminología a ser utilizada dentro del proyecto y la base legal en la que está sustentado la investigación. Por su parte en el Capítulo III, se definió las estrategias metodológicas a ser aplicadas, en este caso se partió de una investigación descriptiva, de campo y bibliográfica; a través de instrumentos para la recolección de datos y las técnicas para su procesamiento entre otros. En el capítulo IV, se muestra los logros o resultados alcanzados en base a los objetivos planteados y de la misma forma en el Capítulo V se enfatiza las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

INTRODUCCIÓN

La investigación comprende el análisis de las características físicas del suelo como factor de susceptibilidad en la zona del Illangama ante los movimientos de remoción de masa “Deslizamientos”.

El área de estudio se encuentra localizada en el cantón Guaranda, correspondiente a la provincia Bolívar, por su ubicación en la parte alta de la cuenca del Río Guayas, predomina un relieve irregular y montañoso, conformado por cerros de mediana altura con fuertes pendientes, que, al combinar el comportamiento mecánico de las rocas con otros factores como deforestación, pendiente, fenómenos meteorológicos, constituyen las causas para el desarrollo de deslizamientos. (GAD provincia Bolívar, 2015, pág. 14).

La ciudad de Guaranda históricamente se ha visto afectada por eventos de deslizamientos, según el Plan de ordenamiento territorial del cantón, la topografía y pendientes, suelos de origen volcánico poco consolidados hace que el 72% del territorio este expuesto a movimientos de remoción de masa. Los asentamientos humanos formados en las cercanías de laderas inestables, ríos, quebradas y otros territorios son vulnerables ante esta situación, afectando con mayor magnitud en los periodos de invierno por las fuertes lluvias se presentan eventos como derrumbes y deslizamientos. (GAD cantón Guaranda, 2011, pág. 125).

Por tanto, el desarrollo del proyecto se considera de gran interés investigativo, porque mediante el análisis técnico de laboratorio comprendido en la toma de muestras, la granulometría por tamizado, el análisis de la mineralogía e hidrología de suelo, se obtiene resultados específicos del escenario actual de la zona de estudio, es decir mediante el estudio de los componentes físicos del suelo, se puede determinar y ponderar de los factores condicionantes y desencadenantes de deslizamientos, para identificar las zonas susceptibles y establecer estrategias de mitigación ante situaciones de movimientos de remoción de masa, a través de ello contribuir en la seguridad y procesos del Buen Vivir de la población en general.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1.Planteamiento del Problema

Dentro de la etapa invernal, la microcuenca del Illangama es propensa a deslizamientos, ya sea en la zona urbana del cantón Guaranda como en su periferie, las cuales lamentablemente presentan condiciones muy favorables para que se generen fenómenos de inestabilidad, esta situación además perjudica intensamente a las zonas bajas de dicha cuenca; afectando a la captación de agua para su tratamiento y potabilización, de la misma manera en los tramos viales y al agro.

Por su parte los deslizamientos pueden generar consecuencias negativas, como pérdidas de vidas humanas, económicas y de infraestructuras; sin embargo, los factores condicionantes que generan los movimientos de remoción de masa se pueden analizar e interpretar con el fin de zonificar los diferentes niveles de susceptibilidad que presenta la zona de estudio.

La zona del Illangama comprende los sectores poblados de la ciudad de Guaranda, según el plan de ordenamiento territorial las zonas susceptibles a deslizamientos son los Barrios Fausto Bazantes, las laderas de la loma el Mirador hacia la quebrada del Mullo, que, en años anteriores, específicamente en el 2010 se ha presentado estos eventos, existen también antecedentes de Guanguliquín y la ciudadela Marcopamba de hundimientos en la quebrada. (GAD cantón Guaranda, 2011, pág. 126).

El presente proyecto de investigación es viable, porque contiene una planificación estructurada de actividades de acuerdo al tiempo requerido, con los recursos y materiales suministrados por la Universidad Estatal de Bolívar y el acompañamiento profesional de docentes, con el propósito de obtener resultados satisfactorios de la indagación.

1.2. Formulación del Problema.

¿Cómo influye la composición física del suelo como factor de susceptibilidad para el estudio de deslizamientos en la microcuenca del Illangama, Cantón Guaranda, durante el período 2015?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar los componentes físicos del suelo como factor de susceptibilidad para el estudio de deslizamientos en la microcuenca del Illangama.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar los componentes físicos del suelo en las zonas susceptibles.
- Determinar y ponderar los factores desencadenantes y condicionantes de deslizamientos.
- Identificar las zonas susceptibles ante deslizamientos.
- Establecer estrategias de mitigación ante deslizamientos.

1.4. Justificación de la Investigación

Con el desarrollo del proyecto de investigación principalmente se logrará involucrarse directamente en dicha problemática con el objetivo de dar un aporte teórico-práctico, como herramienta que permita reducir la vulnerabilidad ante deslizamientos, además que motiven a la toma de decisiones en pro a la protección de personas, bienes e infraestructuras.

Con el estudio se plantea determinar y ponderar factores desencadenantes y condicionantes que provoquen deslizamientos, además de identificar las zonas susceptibles de la comunidad Guarandea y Bolivareña, principalmente con el análisis de los componentes físicos del suelo, para finalmente establecer estrategias de mitigación ante esta situación.

Es importante realizar el trabajo de investigación en la zona del Illangama, ya que no existen otros que antecedan al expuesto, debido a que muchos no han demostrado resultados basados tanto en trabajo de campo como de laboratorio, considerando que es una investigación de actualidad por tratarse de un estudio que permite analizar con precisión las causas que generan el desarrollo de una amenaza latente que puede ocurrir en cualquier momento y contribuir con la reducción de riesgos ante tal escenario.

Se estima que la investigación sea factible de realizar ya que se cuenta con el apoyo de las autoridades de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la misma manera a todo el personal del Departamento de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar para poder obtener los recursos y equipos.

Las razones antes expuestas son suficientes para emprender y desarrollar este trabajo de mucho interés y valía, siendo un aporte constructivo en nuestro actual sistema educativo.

1.5. Limitaciones

Podemos considerar las siguientes limitaciones:

Externas

- Acceso a las zonas de estudio
- Movilidad
- Falta de laboratorios en la facultad y escuela

Internas

- Tiempo
- Escasa bibliografía sobre el tema
- Aplicación del nuevo formato de titulación

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

La zona de estudio del río Illangama, está ubicada exactamente en el sector denominado Guanujo alto, perteneciente al cantón Guaranda, Provincia Bolívar, comprende una extensión de 19740 hectáreas, la parte alta de la microcuenca se encuentra en la zona del páramo y súper-páramo a una altura de 4000 m.s.n.m., la parte media se encuentra en la zona del páramo pajonal y en la parte baja se ubica el casco urbano de la ciudad de Guaranda.

Cabe recalcar que existen proyectos de investigación realizados en la microcuenca del Illangama, sin embargo, para objeto de estudio se recopilaron indagaciones similares y los hallazgos más importantes de cada una de ellas.

Las investigaciones de la microcuenca es de particular importancia porque en algunos sitios de estos se ubican las captaciones para el agua potable en la ciudad de Guaranda, este elemento vital que provienen de los deshielos del nevado Chimborazo, no obstante, en los últimos años existe una creciente problemática por el uso del agua entre las zonas campesinas en la parte alta de la microcuenca y la ciudad de Guaranda (Peña & Calles, 2006, pág. 25).

La clasificación de los suelos de la microcuenca del Illangama, corresponde a un marco geológico regional muy complejo, cuya composición física-química y textura están caracterizados por factores climáticos y por el relieve que presenta, para ello señalan que los principales tipos de suelos que se cubre la zona son Inceptisoles, Entisoles y Mollisoles, con el modelo hidrológico propuesto, se analizó el comportamiento hídrico de la microcuenca y la sensibilidad de los parámetros que influyen el resultado del modelamiento. (Cacoango, 2014, pág. 27)

Recomienda que se continúe con el monitoreo de la microcuenca, con otros modelamientos que propongan resultados para la toma de decisiones, además de fortalecer la investigación con el uso de modelos matemáticos.

Esta zona ha experimentado diversos procesos geológicos que han modificado sustancialmente la morfología del suelo a lo largo de la historia, constituyéndose en una amenaza sobre los actuales asentamientos humanos e infraestructuras, por consiguiente, la creación y validación de un modelo estadístico permitió identificar todas las zonas afectadas por factores condicionantes y desencadenantes que son detonantes para los movimientos de masas. (Acosta, Ocampo, & García, 2012, pág. 8)

Además, los autores recomiendan que después de su análisis se realicen estudios de susceptibilidad a deslizamientos, debido a que la zona es propensa a sufrir ese tipo de fenómenos, considerando que son áreas que abarcan la ciudad de Guaranda y comunidades aledañas.

Por tanto, el presente proyecto de investigación tiene como finalidad realizar el análisis físico del suelo como factor de susceptibilidad ante deslizamientos en la microcuenca del Illangama, cantón Guaranda, Provincia Bolívar.

2.2.Bases Teóricas

2.2.1. El Suelo.

¿Qué es el suelo?

El suelo cubre la mayor parte de la superficie terrestre, junto con el aire y el agua, es uno de nuestros recursos más indispensables. También como el aire y al agua, muchos de nosotros consideramos que el suelo es algo que tenemos garantizado.

En los últimos años, la ciencia se ha concentrado cada vez más en la Tierra como planeta, que, en la medida que nosotros sabemos, es único: donde una fina cubierta de aire, una película aún más fina de agua y la capa aún más fina de

suelo se combinan para dar apoyo a una red de vida de una maravillosa diversidad en cambio continuo.

El suelo se ha denominado con gran precisión «el puente entre la vida y el mundo inanimado». Toda la vida (la biosfera completa) debe su existencia a una docena más o menos de elementos que en última instancia deben proceder de la corteza terrestre. Una vez que la meteorización y otros procesos crean el suelo, las plantas llevan a cabo el papel intermediario de asimilar los elementos necesarios y hacerlos asequibles a los animales, entre ellos los seres humanos.

Meteorización.

Todos los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes, los mismos que constituyen la roca madre, la cual después de ser sometida a la acción ambiental se ve disgregada de la erosión mediante sus tres factores (González de Vallejo, 2004, pág. 18):

- **Física**, debido a cambios térmicos (dilataciones diferenciales entre minerales lo que da lugar a acciones y fisuras internas) y a la acción del agua (arrastres de fragmentos ya erosionados). Dichas acciones tienden a romper la roca inicial lo que da origen a la división de la misma en fragmentos más pequeños, los agentes activos que separan a las rocas son el agua, viento y gravedad, que los trasladan a otros puntos para que la acción erosiva continúe su ciclo en otro lugar. (González de Vallejo, 2004, pág. 18)
- **Química**, en este caso se origina por fenómenos de hidratación, disolución, oxidación, cementación, etc. Esta acción tiende tanto a disgregar como a cementar, lo que hace es ayudar a la acción física y posteriormente unir las partículas para formar otros componentes, aunque muchas veces lo que hace más es destruir que transformar. (González de Vallejo, 2004, pág. 18).

- **Biológica**, así mismo, en este caso se produce por la actividad bacteriana, las mismas que inducen a la putrefacción de material orgánico y lo mezcla con otras partículas de origen físico-químico, actuando como elemento catalizador. (González de Vallejo, 2004, pág. 18)

Así de esta manera todos estos componentes dan lugar a fenómenos de disgregación o meteorización y transformación de la roca, el cual crea el **PERFIL DE METEORIZACIÓN**. En este perfil podemos mostrar que la roca madre ocupa la parte más alejada de la superficie y el suelo donde nos encontramos es la más cercana. (González de Vallejo, 2004, pág. 18).

Perfil Esquemático	Love (1951) Little (1981)	Vargas (1951)	Sowers (1954, 1963)	Chandler (1969)	Geological SOC (1970)	Deere Y Patton (1971)	
	ROCAS IGNEAS	IGNEAS, BASALTICAS Y ARENICAS	IGNEAS Y METAMORFICAS	MARGAS Y LIMOLITAS	ROCAS IGNEAS	IGNEAS Y METAMORFICAS	
	VI SUELO	SUELO RESIDUAL	ZONA SUPERIOR	IV COMPLETAMENTE ALTERADA	VI SUELO RESIDUAL	HORIZONTE IA	
	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL JOVEN	ZONA INTERMEDIA	Parcialmente Alterada	IV a	V COMPLETAMENTE ALTERADA	Suelo Residual HORIZONTE IB
	IV ALTAMENTE ALTERADA	CAPAS DE ROCAS DESINTEGRADA	ZONA PARCIALMENTE ALTERADA		III	IV ALTAMENTE ALTERADA	HORIZONTE IC (SAPROLITO)
	III MODERADAMENTE ALTERADA				II	III MODERADAMENTE ALTERADA	Zona de transicion IA TRANSICION CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO
	II ALGO ALTERADA	II DEBILMENTE ALTERADA	IB MUY POCO ALTERADA	IB PARCIALMENTE METEORIZADA			
	I ROCA SANA	ROCA SANA	ROCA INALTERADA	ROCA INALTERADA	IA ROCA SANA	ROCA SANA	

Tabla 1: Perfil de Meteorización

Fuente: (González de Vallejo, 2004, pág. 19)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

Se debe mencionar también que el suelo cuando permanece *in situ* sin ser transportado, se lo llama **suelo residual**, y cuando éste ya ha sufrido transporte, formando depósitos, se denomina **suelo transportado**.

Procesos de meteorización físicas (clásticas).

La meteorización física se lleva a cabo por fuerzas físicas que rompen la roca en trozos cada vez más pequeños sin modificar la composición mineral de la roca, es decir que cuando una roca experimenta meteorización mecánica se rompe en

fragmentos cada vez más pequeños, que conservan cada uno las características del material original. (Tarbuck & Lutgens, 2005, pág. 45)

En la naturaleza, hay cuatro procesos físicos importantes que inducen la fragmentación de la roca que son la fragmentación por helada, expansión provocada por la descompresión, expansión térmica y actividad biológica.

Fragmentación por hielo

Procesos de congelación y deshielo representan un ciclo importante de meteorización física, el agua se abre camino a través de las grietas de las rocas y tras su congelación expande y aumenta el tamaño de esas aberturas. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, pág. 129)

Descompresión

Cuando grandes masas de roca, en particular granito quedan expuestas a la erosión empieza a soltarse lozas concéntricas, el proceso que genera estas capas semejantes a las de una cebolla se denomina lajeamiento. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, pág. 129)

Expansión Térmica

El ciclo diario de temperatura puede meteorizar las rocas, en particular en los desiertos cálidos donde las variaciones diurnas pueden superar los 30°C. El calentamiento de una roca produce expansión y el enfriamiento causa contracción. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, pág. 129)

Actividad biológica

Las actividades de los organismos, entre ellos las plantas, los animales excavadores y los seres humanos, también llevan a cabo la meteorización. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, pág. 129)

Porosidad

Como consecuencia de la textura y estructura del suelo tenemos su porosidad, es decir innumerables huecos o aperturas. Estas aperturas son similares a las de una esponja y a menudo se denominan poros. La cantidad de agua subterránea que puede almacenarse depende de la porosidad del material, que se define como el porcentaje del volumen total de roca o de sedimento formado por poros. Los huecos son espacios que quedan entre las partículas sedimentarias, pero también son comunes las diaclasas, las fallas, las cavidades formadas por disolución de la roca soluble, como la caliza y las vesículas. (Tarbuck & Lutgens, 2005, pág. 59)

Los poros del suelo se pueden distinguir en macroscópicos que son de grandes dimensiones por ende están llenos de aire y el agua atraviesa rápidamente, y los microscópicos que están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares.

Permeabilidad

La Permeabilidad del suelo se define como la capacidad de éste para conducir aire y agua. No debe confundirse con la tasa de infiltración, que es la velocidad a la que el agua pasa el suelo superficial.

Desde el punto de vista cuantitativo, la permeabilidad es el caudal que atraviesa, por unidad de tiempo, una sección transversal del suelo superficial saturado, bajo un gradiente especificado, por otro lado una evaluación cualitativa se realiza en el campo, observando la velocidad que el agua percola en una pequeña masa de suelo. (Conservación del suelo, 2013)

Distribución granulométrica

La Granulometría se define como la distribución de las partículas del suelo en sus diferentes tamaños, las mismas que nos permiten determinar los coeficientes de uniformidad y coeficiente de curvatura, mediante el análisis de tamices, que se trata de una serie de mallas de distintos anchos de entramado que están

normalizados y numerados en orden decreciente, actúan como filtros para la medición exacta de las mismas, en la parte superior se encuentra el tamiz de mayor diámetro, en éste se agrega el material original donde se somete a vibraciones o movimientos intensos en un maquina especializada por el tiempo designado, al retirar se procede a pesar. (Solís Chávez, 2004, pág. 15)

Para finalmente realizar el procesamiento de datos el cual se somete a la utilización de la curva granulométrica que es en una representación gráfica de los resultados obtenidos del análisis, los porcentajes de muestra se encuentran en el eje de las ordenadas en cambio la ordenación de la abertura del tamiz se encuentra en el eje de las abscisas. (Solís Chávez, 2004, pág. 15)

Sedimentación y sus características.

La Sedimentación se refiere a la acumulación de materiales como lodo, arena y fragmentos de roca, los mismos que se descomponen o se deterioran paulatinamente debido a la larga exposición al sol, lluvia, calor y frio, que son recogidos y arrastrados por corrientes de agua que tiene la capacidad de transportar material solido en suspensión y moléculas en disolución hasta zonas donde los agentes externos pierden su capacidad de transporte debido a la perdida de energía y alcanzan el reposo, estos se depositan en capas horizontales, que con el tiempo se convertirán en rocas duras, debido a la presión atmosférica. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, pág. 118)

Depósitos coluviales

Son acumulaciones de materiales de diferente tamaño que se forman donde existen laderas de colinas, especialmente en áreas húmedas durante el invierno, lo que permite que el suelo se despegue dejando una masa en forma de lengua que fluye hacia abajo, esta puede desplazarse desde pocos metros hasta algunos kilómetros. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, pág. 119)

Dentro de sus características se puede mencionar que son generalmente mal clasificados, no son estratificados, muy porosos, permeables y muchas veces en

movimiento lento. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, pág. 122)

Dentro de los tipos de movimiento están los desprendimientos, vuelcos, deslizamientos, expansiones o corrimientos laterales, flujos y movimientos complejos, mientras que en el tipo de material están la tierra, substrato y derrubios. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 250)

Depósitos aluviales

Un depósito aluvial es una masa compuesta de sedimentos detríticos, es decir formada por restos de otras rocas transformados por el viento, agua y glaciares que ha sido transportada y sedimentada por un flujo, estos pueden ser depósitos de arena, sedimento, grava y barro. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, págs. 108-110)

Cuando se dice que el depósito es amplio y plano se le llama planicie aluvial.

Depósitos lacustres

El término lacustre se utiliza como un adjetivo calificativo para designar a aquellos espacios, fenómenos o elementos relacionados con los lagos, por tanto los depósitos lacustres provienen principalmente de los ríos, en donde los sedimentos se depositan a lo largo de la rivera, principalmente en la desembocadura de los ríos, donde se forman abanicos aluviales o deltas, las mismas que se extienden hasta el interior del lago, las gravas y arenas se depositan en las riveras, mientras que los limos y las arcillas alcanzan el centro del lago. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, págs. 108-110)

Las características de los depósitos de ambientes lacustres son inspeccionadas por factores que controlan la profundidad y el tamaño de la cuenca; en este medio se puede encontrar cualquier tipo de sedimentos como los detríticos y

biodetríticos, químicos, bioquímicos y orgánicos. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, págs. 108-110)

Depósitos de origen volcánico

Son aquellas producidas por actividad volcánicas, generalmente explosiva, los volcanes arrojan productos muy variados, los mismos que se pueden clasificar según los estados físicos en que se encuentren, así como gaseosos, líquidos, viscoso y sólidos. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2013, págs. 108-110)

Los flujos piroclásticos se refieren a todo tipo de flujo compuesto por fragmentos incandescentes, son una mezcla de partículas sólidas y gases a alta temperatura; el poder destructivo de los flujos piroclásticos depende también de sus volúmenes y de sus alcances. Otro factor importante es la caída de ceniza que se deposita en la superficie de la tierra, forman depósitos que al consolidarse se lo denomina tobas, en este caso la capa de ceniza tiende a formar un manto continuo sobre la topografía. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, págs. 108-110)

Minerales

Los minerales son sustancias naturales de composición química definida, que pueden presentar formas geométricas más o menos regulares, entonces se les llama cristales. Las condiciones particulares en el momento de su formación explican esta gran diversidad. (Larousse S.A., 2002, pág. 200)

Propiedades de los Minerales

Entre las propiedades físicas de un mineral, destacan la dureza, el color de la raya, la fractura, la exfoliación, el brillo, el color, la conductividad eléctrica, las propiedades magnéticas, la densidad, etc.

ESCALA DE MOHS DE LA DUREZA DE LOS MINERALES	
1. TALCO	Mineral muy blando y suave que se raya con la uña y se deshace en los dedos
2. YESO	Mineral muy blando y suave que se raya con la uña y se deshace en los dedos
3. CALCITA	No se raya con la uña. Se raya fácilmente con una navaja o un clavo o con una placa de cobre
4. FLUORITA	No se raya con una placa de cobre, pero si se raya fácilmente con una navaja o un clavo
5. APATITO	Se raya con cierta dificultad con la punta de un clavo o con una navaja. Se raya fácilmente con el vidrio
6. ORTOSA	No se raya con la punta de un clavo de acero. Tampoco se raya fácilmente con el vidrio ordinario
7. CUARZO	Raya el vidrio con facilidad
8. TOPACIO	Mineral muy duro y poco frecuente
9. CORIDÓN	Mineral muy duro y poco frecuente
10. DIAMANTE	El mineral más duro y uno de los más codiciados.

Tabla 2: Escala de Mohs

Fuente: (Santillana S.A., 2005, pág. 51)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

Clasificación de los minerales.

Los minerales se pueden clasificar siguiendo distintos criterios: su composición química, las semejanzas en las propiedades físicas, e incluso el origen; es decir las condiciones en que se formaron. Según este último criterio, podemos agrupar los minerales en (Santillana S.A., 2005, pág. 51):

Sedimentarios que se forman por acumulación y transformación de sedimentos o por evaporación. (Santillana S.A., 2005, pág. 51)

Magmáticos son formados por solidificación y cristalización de material fundido del interior terrestre (Santillana S.A., 2005, pág. 51)

Metamórficos se originan por alteración de minerales preexistentes, bajo condiciones extremas de presión y/o temperatura. (Santillana S.A., 2005, pág. 51)

Las clases de minerales más importantes tenemos los elementos nativos, sulfuros, haluros, óxidos, carbonatos, sulfatos y silicatos.

Estudios de Laboratorio

El microscopio óptico es uno de los principales instrumentos para la observación de los minerales, en donde la luz natural revela el color y la transparencia de los minerales; por ejemplo, el cuarzo es transparente, la magnetita y la pirita son opacas.

Las observaciones permiten una identificación precisa de los minerales, de tal forma que se pueden encontrar datos específicos de acuerdo a sus características.

Rocas

Una roca es un agregado natural compuesto de uno o varios minerales y en algunos casos de elementos procedentes de la actividad de los organismos vivos, los fósiles. (Santillana S.A., 2005, pág. 64)

Algunas rocas están formadas por un solo mineral, por lo que se denominan rocas homogéneas. Se caracterizan por su aspecto uniforme, como por ejemplo el mármol y la calcita, la mayoría, sin embargo, están constituidas por más de un mineral y se llaman rocas heterogéneas. (Santillana S.A., 2005, pág. 64)

Tipos de Rocas

a) Rocas Sedimentarias

Son constituidas con fragmentos diminutos de otras, aparecen cuando el agua se evapora o partir de restos de seres vivos. Son testimonios pétreos de la actividad extrema en el planeta. (Santillana S.A., 2005, pág. 250)

b) Rocas Magmáticas

Su nombre hace referencia al fuego y su origen está relacionado con la energía interna de la tierra, provienen de los magmas, mezclas de materiales rocosos fundidos. (Santillana S.A., 2005, pág. 254)

Cuando el magma formado bajo la litosfera se enfría en profundidad, se forman **rocas plutónicas**, si por el contrario se solidifica en la superficie, da origen a las **rocas volcánicas**. (Santillana S.A., 2005, pág. 254)

c) Rocas Metamórficas

Cuando las rocas de la superficie terrestre se hunden en las capas más profundas, se encuentran en nuevas condiciones de temperatura y presión, posterior se adaptan a su nuevo medio donde existe una transformación. (Santillana S.A., 2005, pág. 256)

Entre algunas de las rocas metamórficas importantes podemos destacar el Mármol, que es aquella que se forma a través de la caliza, es un grano fino que puede pulirse hasta conseguir superficies muy brillantes y sedosas, consideradas para el arte y decoración. (Santillana S.A., 2005, pág. 256)

2.2.2. Susceptibilidad.

Del lat. Tardío susceptibilis, manifiesta a la susceptibilidad como la capacidad de recibir la acción o el efecto que se expresan a continuación. (Real Academia Española, 2016)

Pero dentro de nuestro análisis 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. (Navarro Vidal, 2012, págs. 56-58)

La susceptibilidad frente a los movimientos de remoción en masa puede definirse como la tendencia o propensión de una zona a verse afectada por este tipo de procesos en el futuro.

La susceptibilidad, está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico. (Navarro Vidal, 2012, págs. 56-58)

Generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

La susceptibilidad corresponde a la favorabilidad del ambiente físico de los elementos inherentes de las masas de terreno y superficie como la geología, geomorfología, el uso y cobertura del suelo, etc., para potenciar deslizamientos. En este caso la incidencia de la lluvia no es considerada como un factor de susceptibilidad, sino más bien representa un factor detonante, dados los mecanismos de falla identificados en la zona de estudio. El factor de la lluvia termina por establecer el paso siguiente en la estimación del riesgo: la estimación de la amenaza. (Chivatá Cárdenas, 2008, pág. 93).

Así, la estimación de la susceptibilidad está representada en la de índices relativos de la favorabilidad para la ocurrencia de los deslizamientos. Con el fin de estimar la susceptibilidad total de una porción de terreno, los parámetros difusos asociados a cada grado de libertad de una variable y que determinan la incidencia de cada factor considerado son agregados convenientemente. Para tal efecto, se tienen que adelantar ciertos procedimientos de discretización de los modelos de las variables, calibración y validación de los posibles modelos de síntesis. (Chivatá Cárdenas, 2008, pág. 94).

Análisis de susceptibilidad.

Metodología Mora Vahrson para deslizamientos.

Elaborado en Costa Rica por Sergio Mora y Wilhelm-Guenther Vahrson en el año 1991. La metodología Mora – Vahrson sirve para clasificar la amenaza por deslizamientos; así pues, se obtiene en base a un análisis multicriterio que permite determinar la influencia entre diversos factores:

Factores Desencadenantes (Susceptibilidad)

1. Pendiente
2. Litología
3. Geomorfología
4. Cobertura Vegetal
5. Usos de suelo

Factores Condicionantes (Disparo).

1. Actividad Sísmica
2. Precipitación

Nivel de Amenaza relativa

$$H = P * D$$

$$H = (P1 + P2 + P3 + P4 + P5) * (D1 + D2)$$

Para ello se necesita un Sistema de Información Geográfica (SIG), el cual permite la transformación o conversión de los datos obtenidos, posteriormente la reclasificación de las fuentes y la asignación de sus atributos respectivos y su cálculo final. (Mora & Vahrson, 1993, págs. 259-273)

FACTORES DESENCADENANTES

a) Pendiente.

Uno de los aspectos importantes en el análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera es la pendiente de los terrenos, ya que, sin esta, el terreno no sería una ladera y porque es necesaria para que se produzcan fenómenos gravitacionales en ellas. (Mora & Vahrson, 1993, pág. 259)

El mapa de pendientes de la microcuenca del Illangama (Imagen Pendiente) se ha elaborado usando mapas topográficos con curvas de nivel cada 5 metros, de las que se generó un Modelo Digital de Elevación (MDE), que es una representación simplificada de una porción de la realidad muy concreta, como son las posiciones en un espacio tridimensional (X, Y, Z). De este MDE se generó el mapa de pendientes calculado como un gradiente de elevaciones. (Mora & Vahrson, 1993, pág. 259)

Para este trabajo, se han diferenciado cinco tipos de pendientes, muy baja, baja, media, fuerte y muy fuerte, habiéndose considerado que distinguir más grados no es óptimo porque los datos disponibles no son suficientes para ello y diferenciar menos es desperdiciar información, ya que se tiene la certeza de que estas cinco categorías no exceden los márgenes de error provenientes del MDE. (Mora & Vahrson, 1993, pág. 259)

PENDIENTES		
Clase	Rango	Valor
Muy Baja	0 - 15	1
Baja	15 - 30	2
Media	30 - 50	3
Alta	50 - 70	4
Muy Alta	> 70	5

Tabla 3: Valoración de acuerdo a las Pendientes

Fuente: (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2013)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

b) Litología

Se refiere, a la composición de las formas del relieve en cuanto a su sustrato rocoso y a los depósitos superficiales. Es un factor determinante para la identificación de la amenaza por movimientos en masa, por lo que es necesario describir un tipo de roca, lo más específico posible.

De la misma forma se obtienen las formaciones mediante la naturaleza de los materiales, los mismos que influyen en la estabilidad de las laderas como la

resistencia al corte, la permeabilidad, o la susceptibilidad a la meteorización física y química. (Mora & Vahrson, 1993, pág. 260)

Litología	Peso
Abanico Aluvial	5
Andesita Anfibólica, Riodacita	1
Andesita, Brecha, Aglomerado	3
Andesita, Piroxenica, Piroclastos	3
Andesitas, Piroxenic, Basalto	1
Andesitas Piroxenic, Basalto-Brecha Lahar	3
Arcilla Roja, Arenisca Fina	5
Arcillas	5
Arcillas Abigarradas, Lutitas	5
Arcillas Abigarradas, Areniscas Arcillosas	5
Arcillas, Limolitas, Areniscas	5
Arcillas, Lutitas, Tobaceas, Yeso	5
Arcillas, Lutitas Tobaceas, Yeso, Areniscas Finas	5
Arcillolita Roja, Limonita, Arenisca	5
Arcillolita, Roja, Limolita, Arenisacas	5
Arcillolitas, Limolitas, Areniscas, Conglomerados	5
Arenas De Erosión Glaciar	5
Arenisca, Arcilla Roja	5
Arenisca, Arenisca Conglomeratica, Conglomerado	4
Arenisca, Caliza, Lutita	1
Arenisca Conglomerado De Cuarzo, Arcilla Roja	3

Tabla 4. Valoración de acuerdo a la composición Litológica

Fuente: (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

c) Geomorfología

De la misma forma y con los procedimientos del tratamiento de Imágenes Landsat 8 se determinan las unidades geomorfológicas que dentro de dicho tratamiento permiten una mejor determinación para su verificación en el sitio y que facilite el uso del SIG para el modelo final.

DESCRIPCION	Peso_mm
Abruptos de Conos de deyección	4
Bancos y diques aluviales	1
Barreras de escalonamiento	2
Camaroneras	1
Cauces abandonados	1
Chevrones	5
Colinas altas	4
Colinas bajas	3
Colinas medianas	3
Conos de deyeccion disectados	4
Conos de deyeccion muy disectados	4
Conos de deyección y esparcimiento	3
Cordones litorales	3
Cuerpos de agua	1
Cuestas	3
Cuestas muy disectadas	4
Gargantas de valles encañonados	4
Glacís	5
Horts	5
Laderas coluviales	5
Llanuras aluviales de depositación	1
Manglar	1
Mesas	3
Mesas disectadas	3
Mesas marinas	2
Mesas muy disectadas	3
Nieve	4
Nivel aluvial alto	1
Nivel aluvial bajo	1
Pantanos	1
Piedemonte coluvial	4

Planicies costaneras	1
Playas	1
Playas emergidas antiguas	1
Relieve escarpado	4
Relieve montañoso	4
Salitrales y zonas salinas	1
Superficies de aplanamiento	3
Talud de derrubios	5

Tabla 5: Valoración de acuerdo a la composición Geomorfológica

Fuente: (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

d) Cobertura Vegetal.

La manipulación de las diferentes bandas espectrales dentro del Satélite Landsat 8, mediante la utilización de la Banda Infrarroja refleja las diferentes gamas de color que la cobertura vegetal de la zona a estudiar presenta.

Vegetación	
Clase	Valor
Bosque nativo, páramo	1
Área urbana	
Cuerpos de agua	
Bosque intervenido	2
Matorral	
Pastos naturales o plantados	3
Cultivos de ciclo corto	4
Suelo desnudo	5

Tabla 6: Valoración de acuerdo al Uso y cobertura del suelo

Fuente: (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

e) Usos de suelo

De la misma forma, con la manipulación entre las bandas 5, 4 y 3, se obtienen los campos de reflectancia que permite observar el uso del suelo dentro de la microcuenca del Illangama. De la misma forma se manipula las bandas 6, 5 y 2 para determinar con mayor exactitud este campo.

FACTORES EXTERNOS (DISPARO)

a) Actividad Sísmica

La actividad sísmica dentro de la zona de estudio, está dentro de la categoría alta, ya que el Ecuador al encontrarse formando parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, además de que la Cordillera de los Andes está dentro de una zona de subducción de las placas tectónicas presenta alta intensidad y regularidad en eventos de esta naturaleza.

b) Precipitación

Para el caso del factor de humedad del terreno se sugiere la utilización de los datos de balance hídrico estimados por personal de la División de Hidrología del Instituto Nacional de, Meteorología e Hidrología (INAMHI). En dichas estimaciones se utilizaron datos diarios de lluvia y evapo-transpiración para el período comprendido entre 1948 y 2006. En forma general, esta información de balance hídrico puede ser adoptada como la humedad natural del suelo ya que para su estimación se han restado los valores diarios de evapo-transpiración a los valores diarios de precipitación pluvial. Se sugiere utilizar los valores máximos del período analizado con el fin de evaluar el “peor escenario” de humedad.

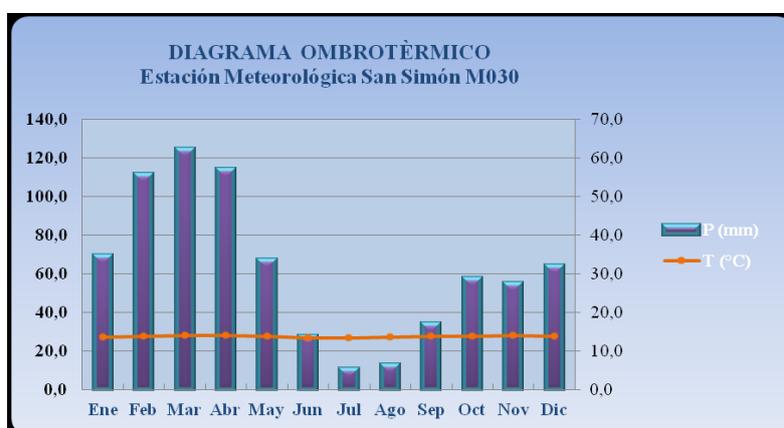


Figura 1: Diagrama Ombrotérmico

Fuente: Estación Meteorológica San Simón M030 2014

Precipitación	
Rango (mm)	Valor
1250	1
1750	2
2250	3
2750	4
3500	5

Tabla 7: Valoración de acuerdo a la Precipitación (Isoyetas)

Fuente: (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

Mapa de susceptibilidad: Representa la distribución espacial de los procesos potenciales o de las zonas que quedarán afectadas. Estos mapas pueden considerarse en cierto modo como mapas de “predicción espacial”, ya que muestran la localización de las posibles inestabilidades. Para su realización deben ser conocidos los factores condicionantes. Compartimentan el territorio en zonas en función de su propensión a verse afectadas por un determinado proceso en el futuro expresando la susceptibilidad de forma cualitativa en términos de probabilidad relativa.

2.2.3. Deslizamientos

Cuando hacemos referencia a deslizamientos, primero debemos mencionar sobre el transporte de material sobre laderas o los llamados MOVIMIENTOS DE MASA.

Los sedimentos poco consolidados o los bloques consolidados pero fragmentados son los principales materiales que van a ser transportados por el efecto de la acción de la gravedad ladera abajo. Para ello generalmente han tenido que sufrir un proceso de meteorización más o menos rápido. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2013, pág. 122)

Los movimientos de masa son el conjunto de procesos por los cuales los materiales terrestres, con frecuencia previamente afectados por la meteorización, se movilizan en bloque por la acción de la gravedad.

En todo desplazamiento siempre actúa la gravedad (el propio peso) pero muchas veces se encuentra impulsos externos: aguas fluviales y de escorrentía, nieve, sacudidas sísmicas o a su vez perturbaciones biológicas.

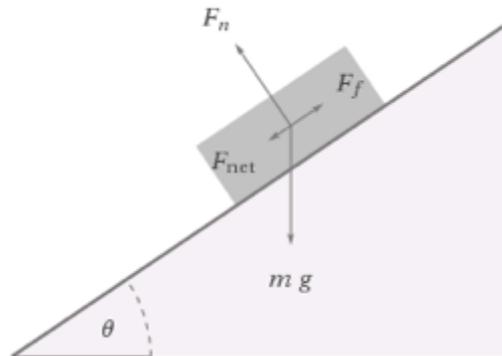


Figura 2: Fuerzas básicas gravitacionales

Fuente: (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2013)

En la figura podemos hacer mención que en este movimiento influyen dos fuerzas:

- a) El esfuerzo de cizalla o cortante que tiende a producir el deslizamiento ladero abajo
- b) La resistencia al corte o cizallamiento, que se opone a la anterior (Fuerza de Rozamiento)

La estabilidad de la ladera y sus depósitos dependerá del equilibrio entre ambas fuerzas.

De la misma forma se puede manifestar que un deslizamiento es el movimiento ladero abajo de un suelo o masa de roca que tiene lugar predominantemente sobre superficies de rotura bien definidas o sobre zonas relativamente estrechas de intensa cizalla. Generalmente, el movimiento no se inicia simultáneamente sobre la totalidad de lo que al final es la superficie o zona de rotura. El volumen del material que se desplaza tiende a aumentar a medida que avanza ladera abajo. A menudo los primeros indicios precursores de movimiento son grietas en la superficie del terreno que suelen señalar la localización del escarpe principal de un futuro deslizamiento (Acosta Arias, 2006, pág. 28).

Es un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. (Grupo GEMMA, 2007)

Se conceptualiza a los deslizamientos como la rotura y desplazamiento del suelo situado debajo de un talud, que origina un movimiento hacia abajo y hacia fuera de toda la masa que participa del mismo. Así también menciona que pueden producirse de distintas maneras, ya sea lenta o rápida, con o sin provocación aparente etc. Generalmente se producen como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. Sin embargo, existen otros casos donde la falla se produce por desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a filtraciones de agua etc. (De Matties, 2003, pág. 238)

En el sistema de Varnes se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 105)

ELEMENTOS

En el talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

- a) **Altura** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 166)
- b) **Pie** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 166)
- c) **Cabeza o escarpe** Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 166)
- d) **Altura de nivel freático** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 166)
- e) **Pendiente** Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la

distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.
(Cruden & Varnes , 1996, pág. 166)

Existen, además, otros factores topográficos que se requiere definir como son longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud.

Nomenclatura de los procesos de movimiento

Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente, a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos.
(Cruden & Varnes , 1996, pág. 168)

Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo.
(Cruden & Varnes , 1996, pág. 168)

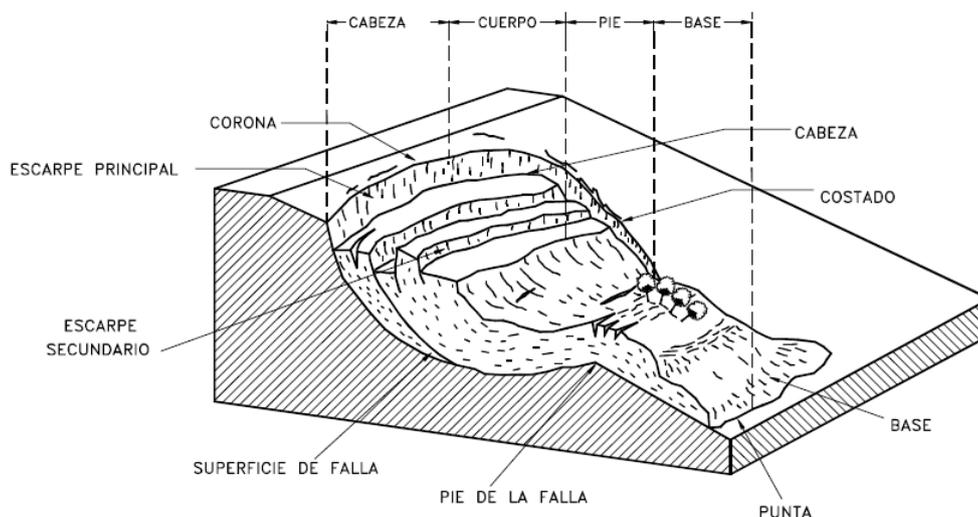


Figura 3: Nomenclatura de un deslizamiento.

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996)

En la figura 3 se muestra un deslizamiento o movimiento en masa típico, con sus diversas partes cuya nomenclatura es la siguiente:

- 1. Escarpe principal** Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 168)
- 2. Escarpe secundario** Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 168)
- 3. Cabeza** Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 168)
- 4. Cima** El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 168)
- 5. Corona** El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 168)
- 6. Superficie de falla** Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 169)
- 7. Pie de la superficie de falla** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 169)
- 8. Base** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 169)
- 9. Punta o uña** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 169)

10. Costado o flanco Un lado (perfil lateral) del movimiento. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 169)

11. Superficie original del terreno La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 169)

12. Derecha e izquierda Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 169)

Causas

Las causas que pueden producir la inestabilidad e inducir a un deslizamiento son muchos y de la misma forma se pueden combinar. (Pardo Pascual, Introducción a la Geografía Física, 2010, pág. 129). Entre los más destacados tenemos:

- **Fuertes pendientes:** el aumento del ángulo de pendientes por causas naturales o artificiales implica mayor inestabilidad. Para todo material en una ladera existe un máximo de esfuerzo admisible relacionado con cada ángulo de inclinación del terreno. A esta inclinación crítica se la conoce como ángulo de reposo.
- **Aumento de peso** de la superficie de la ladera por la acumulación de derrubios, agua o nieve.
- **Factores estructurales:** alternancia de estratos de diferentes materiales sobre todo si son paralelos a la superficie (la distinta permeabilidad y textura facilita el desplazamiento), lo mismo sucede en rocas metamórficas de estructura esquistosa y con planos de exfoliación paralelos a la pendiente topográfica.
- Presencia de fracturas

- Presencia de suelos arcillosos saturados de agua.

Ciertos factores naturales que afectan la estabilidad de las laderas en coluviones, pero la experiencia en los últimos años ha demostrado que existe un número mucho mayor de factores, (Sidle, 1985, pág. 12), algunos de los cuales se indican a continuación:

- Tipo de material de suelo** Dentro de un determinado coluvión la gradación de las partículas y la densidad varían con la profundidad, siguiendo un patrón irregular a través de la extensión del depósito.

El tipo, gradación y propiedades de los suelos afectan el comportamiento de los suelos relacionado con sus características hidrológicas y mineralógicas, las cuales pueden controlar la resistencia al cortante. Los coluviones de suelos granulares se comportan en forma diferente a los coluviones en suelos arcillosos.

Estructura de soporte

Es de suprema importancia determinar si la resistencia al cortante es controlada por la fábrica de los clastos o si el porcentaje de matriz es muy alto y es ésta la que controla el comportamiento (Figura 6)

Los coluviones clasto-soportados generalmente, son más estables que los matriz-soportados.

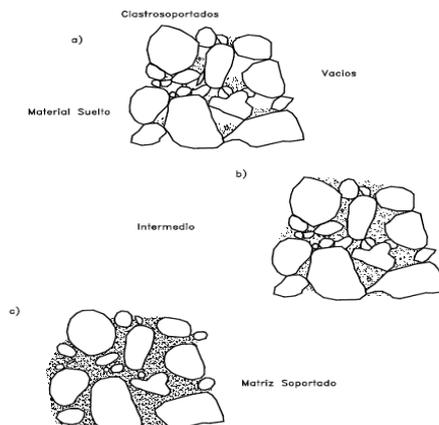


Figura 4: Clasificación de los coluviones por la estructura de soporte.

Fuente: (Cruden & Varnes, 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

- b. Contenido de arcilla humedad y Límite líquido** Un factor muy importante es el contenido de arcilla. Los coluviones arcillosos tienden a tener mayor cohesión y al mismo tiempo mayor espesor. Los coluviones arcillosos tienden a fluir al aumentar su contenido de agua, especialmente cuando este se acerca al límite líquido. Por esta razón es importante analizar la humedad del coluvión en su estado saturado con el valor del límite líquido para poder determinar la posibilidad de ocurrencia de flujos de lodos.

(Fleming & Ellen, 1987, pág. 82) proponen la determinación de un índice de movilidad

$$\text{AMI (Índice de movilidad)} = \frac{\text{Humedad del suelo saturado}}{\text{Límite de líquido}}$$

Generalmente, los coluviones arcillosos tienen baja permeabilidad, pero alta porosidad y acumulan grandes cantidades de agua. Estos suelos tienen relaciones de vacío muy grandes que generan humedades fácilmente superiores al límite líquido. Esta característica hace que estos materiales sean muy susceptibles a flujo y a licuefacción en los eventos sísmicos. Esta licuefacción es casi instantánea y ocurre a muy bajas deformaciones, lo cual hace que un evento sísmico pequeño pueda producir un deslizamiento o flujo de tamaño importante. (Turner, 1996, pág. 86)

- c. Permeabilidad** Los coluviones granulares, aunque porosos tienden a ser mucho más permeables y su drenaje, en el caso de lluvias, mucho más fácil. Por esta razón, aunque se trate de suelos granulares, la ocurrencia de licuefacción es menos común y al ser más densos y tener menor relación de vacíos tienden a moverse más lentamente. (Turner, 1996, pág. 86)

Las grietas en los coluviones tienden a canalizar el agua infiltrada hacia ciertas áreas seleccionadas, permitiendo la ocurrencia de deslizamientos

relativos, de acuerdo a los patrones de agrietamiento. (Turner, 1996, pág. 86)

Los agrietamientos en los coluviones son muy comunes debido generalmente, a que la base de ellos tiende a deslizarse más fácilmente que la cima y la generación de movimientos relativos es muy frecuente. (Turner, 1996, pág. 86)

- d. Geomorfología** Incluye sus características geológicas, tectónicas, pendiente y forma de los coluviones. (Turner, 1996, pág. 86)
- e. Horizontes estratigráficos** Los coluviones generalmente, tienen horizontes estratigráficos que representan cambios en las tasas de depositación. Por ejemplo, largos periodos de inestabilidad pueden producir el desarrollo de horizontes orgánicos que luego son cubiertos durante periodos de depositación intensa. Estos horizontes pueden ser observados fácilmente en las excavaciones, pero son difíciles de detectar en sistemas convencionales de perforación. (Turner, 1996, pág. 86)
- f. Superficies de cortante** Las Lutitas y otras rocas blandas, generalmente producen coluviones de grano fino con proporciones altas de arcilla. El movimiento lento de reptación del coluvión produce un alineamiento de los granos de minerales y la creación de numerosas y microscópicas superficies de cortante. Estas superficies reducen en forma importante la resistencia al cortante de los materiales coluviales. (Turner, 1996, pág. 87)
- g. Superficie de Base** La superficie de base del coluvión puede ser una roca que forma un plano de estratificación uniforme o puede ser una superficie irregular con canales internos. Estos canales en la base del coluvión afectan su estabilidad (Dietrich, 1986, pág. 25).
- h. Espesor** La velocidad de los movimientos en los coluviones depende de su espesor. Los coluviones de gran espesor generalmente, producen

deslizamientos profundos relativamente lentos, mientras los coluviones de poco espesor, producen deslizamientos someros de mayor velocidad. (Dietrich, 1986, pág. 26)

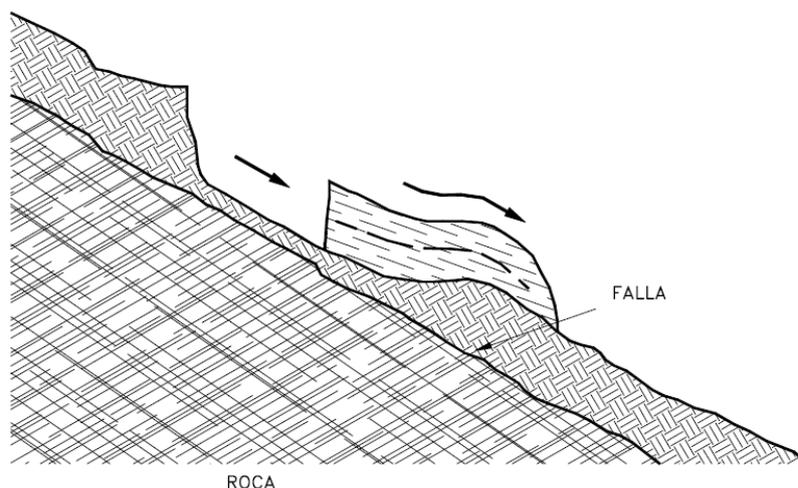


Figura 5: Deslizamientos de coluviones arcillosos someros.

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

- i. **Hidrología** La lluvia intensa es uno de los más comunes mecanismos de activación de deslizamiento en coluviones, por ejemplo, una lluvia de 5 a 6 mm por hora es necesaria para activar flujos de detritos y que se requiere una lluvia acumulada de 267 mm para obtener un contenido de agua, en el cual el agua que se infiltra es igual al agua que drena. Estas características varían de acuerdo al tipo de coluvión, especialmente la recarga de agua, su capacidad de acumulación y las tasas de evapotranspiración. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 296)

El agua puede concentrarse en ciertos sitios dentro del coluvión, formando bolsas de agua y la presencia de canales internos en la base del coluvión puede generar corrientes o áreas de acumulación en la base. Las diferencias de permeabilidad representan un papel muy importante en las acumulaciones de agua dentro del coluvión. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 296)

Parte del agua acumulada en el coluvión puede provenir no directamente de la lluvia sino de afloramientos de agua internos de la roca debajo o lateralmente al coluvión. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 296)

- j. Cobertura vegetal** Los coluviones son afectados en forma positiva por el refuerzo de los sistemas de raíces y la pérdida de esta resistencia, cuando se deterioran las raíces debido a la deforestación, puede producir grandes deslizamientos. Los sistemas de plantas pueden incrementar la estabilidad de los taludes en altas pendientes. El efecto es el agrupar las partículas, en tal forma que estas solo puedan moverse en forma integrada, formando una gran masa. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 297)

En ocasiones las raíces de la vegetación anclan el coluvión a la roca subyacente, especialmente en coluviones de poco espesor. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 297)

- k. Sismicidad** La sismicidad es un factor importante en la activación de muchos tipos de deslizamiento, especialmente en los coluviones. Los coluviones como se indicó anteriormente, tienen un alto potencial de licuefacción, debido a su poca cohesión y a la falta de confinamiento por sus taludes de alta pendiente. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 297)

Clasificación

Para la clasificación de los movimientos en masa se presenta el sistema propuesto originalmente por Varnes, el cual tipifica los principales tipos de movimiento.

Algunos de estos movimientos están incluidos en la clasificación de los procesos de deterioro previos a un deslizamiento y es difícil identificar cuándo son procesos de deterioro y cuándo son componentes principales del movimiento del talud. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 300)

1. **Caído:** se trata de una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte a lo largo de una superficie en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 301)

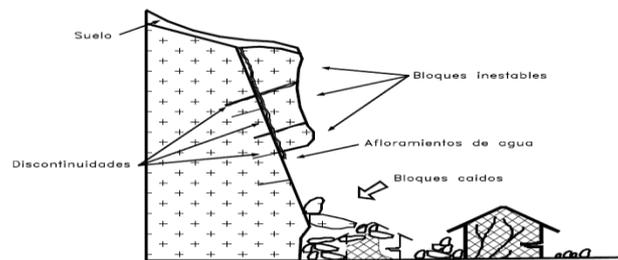


Figura 6: Caídos de bloques por gravedad en roca fracturada

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

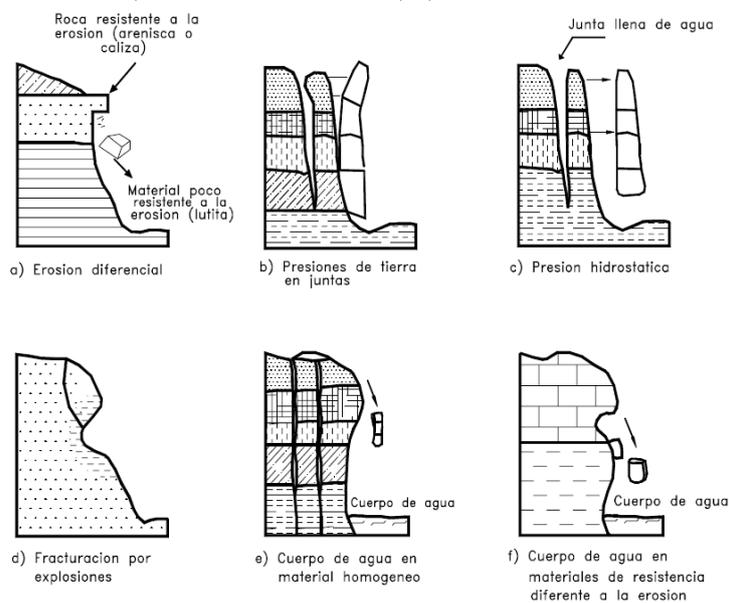


Figura 7: Algunos mecanismos de falla de caídos

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

2. **Inclinación o volteo:** Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 87)

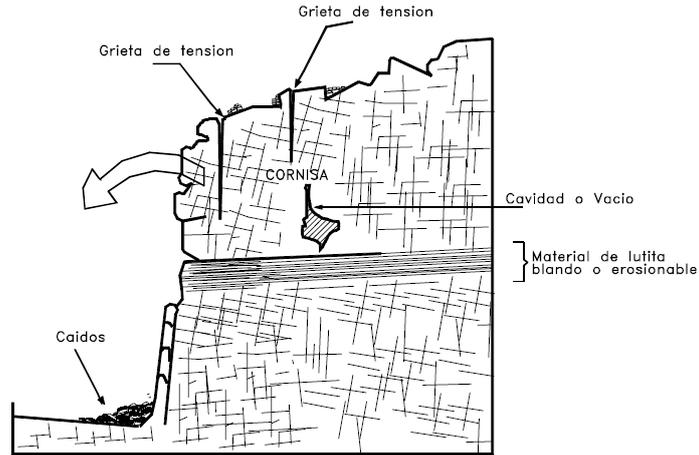


Figura 8: Volteo o inclinación en materiales residuales

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

- 3. Reptación:** La reptación consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 87)

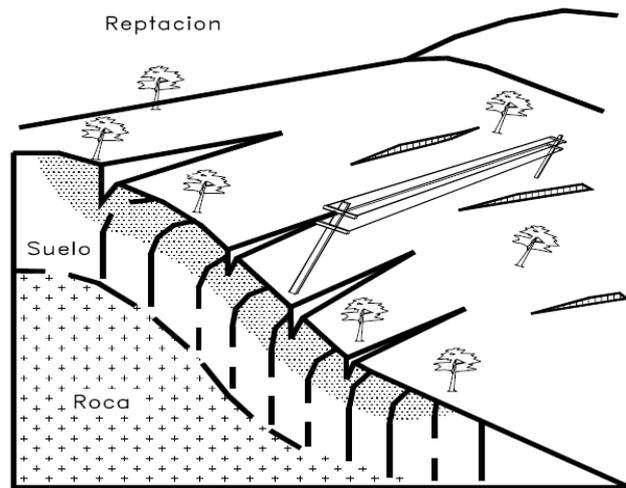


Figura 9: Esquema de un proceso de Reptación

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

Se atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados. La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 87)

4. Deslizamiento Este movimiento consiste 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. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 88)

Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 230)

Los deslizamientos se pueden a su vez dividir en dos subtipos denominados deslizamientos rotacionales y translacionales o planares. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y estabilización a emplearse. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 230)

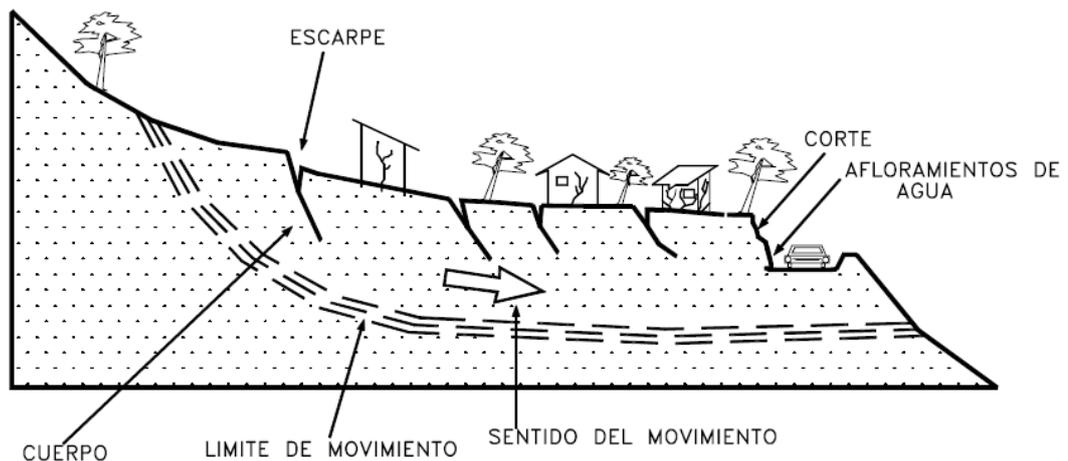


Figura 10: Deslizamientos en suelos blandos

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

a. Deslizamiento Rotacional

En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 231)

Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 231)

En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de “cuchara”. Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser semivertical, lo cual facilita la ocurrencia de movimientos retrogresivos. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 88)

El movimiento, aunque es curvilíneo no es necesariamente circular, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 89)

En la cabeza del movimiento, el desplazamiento es aparentemente semivertical y tiene muy poca rotación, sin embargo, se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques giren en la dirección opuesta. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 89)

Los deslizamientos rotacionales en suelos generalmente tienen una relación D_r/L_r entre 0.15 y 0.33 metros (Skempton & Hutchinson, 1969, pág. 312)

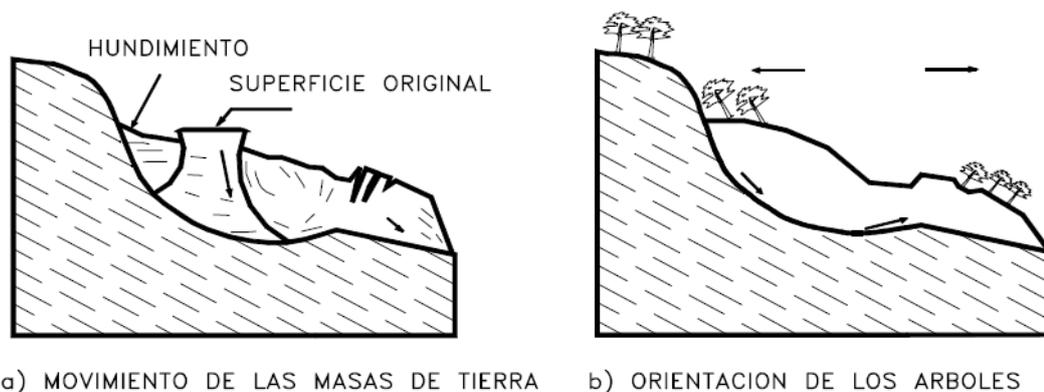


Figura 11: Deslizamiento rotacional típico.

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

Frecuentemente la forma y localización de la superficie de falla está influenciada por las discontinuidades, juntas y planos de estratificación. El efecto de estas discontinuidades debe tenerse muy en cuenta en el momento que se haga el análisis de estabilidad. (Skempton & Hutchinson, 1969, pág. 312)

Los deslizamientos estrictamente rotacionales ocurren usualmente, en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales y por su facilidad de análisis son el tipo de deslizamiento más estudiado en la literatura. (Cruden & Varnes, 1996, pág. 90)

En zonas tropicales este tipo de suelos no es común y cuando existe rotación, la superficie de falla es usualmente curva pero no circular; Sin embargo, en zonas de meteorización muy profunda y en rellenos de altura significativa algunas superficies de falla pueden asimilarse a círculos. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 232)

Dentro del deslizamiento comúnmente, ocurren otros desplazamientos curvos que forman escarpes secundarios y ocasionalmente ocurren varios deslizamientos sucesivos en su origen pero que conforman una zona de deslizamientos rotacionales independientes. (Turner, 1996)

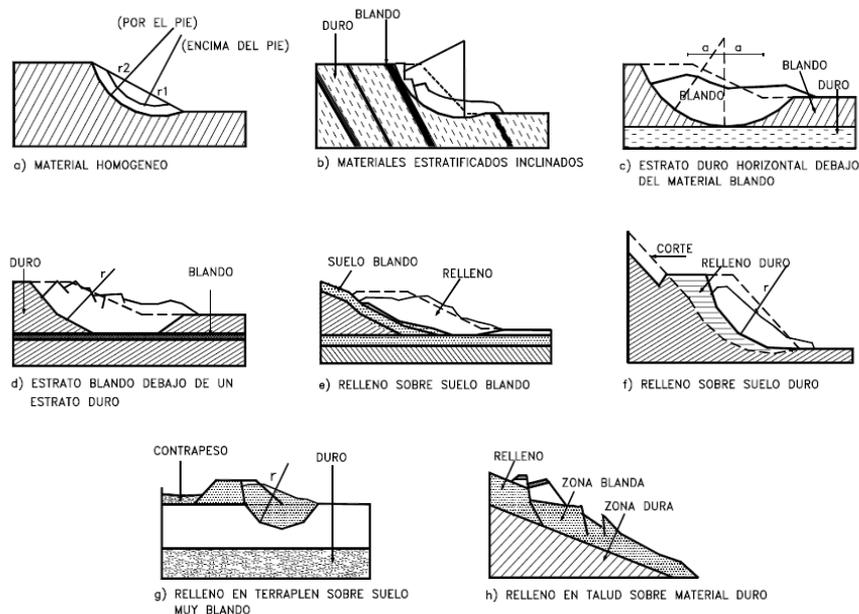


Figura 12: Efectos de la estructura en la formación de deslizamientos a rotación.

Fuente: (Cruden & Varnes, 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

b. Deslizamiento de traslación

En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desliza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. Los movimientos traslacionales tienen generalmente, una relación D_r/L_r de menos de 0.1. La diferencia importante entre los movimientos de rotación y traslación está principalmente, en la aplicabilidad o no de los diversos sistemas de estabilización. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 233)

Sin embargo, un movimiento de rotación trata de auto estabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo. Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y zonas de cambio de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a cambios en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o coluviones. En muchos deslizamientos de traslación la masa se deforma y/o rompe y puede convertirse en flujo. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 92)

Los deslizamientos sobre discontinuidades sencillas en roca se les denomina deslizamientos de bloque, cuando ocurren a lo largo de dos discontinuidades se le conoce como deslizamiento de cuña y cuando se presentan sobre varios niveles de una familia de discontinuidades se le puede denominar falla en escalera. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 235)

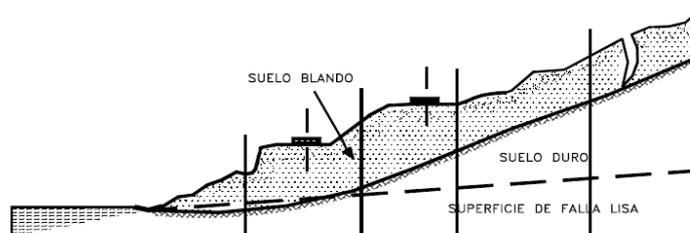


Figura 13: Deslizamiento de traslación en la vía Tijuana - Ensenada en México.

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

5. Esparcimiento lateral: En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y translación sino también de flujo. Generalmente, los movimientos son complejos y difíciles de caracterizar. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 92)

La ruta de movimiento es por lo general extremadamente lenta. Los esparcimientos laterales pueden ocurrir en masas de roca sobre suelos plásticos y también se forman en suelos finos, tales como arcillas y limos sensitivos que pierden gran parte de su resistencia al remoldearse. (Cruden & Varnes , 1996, pág. 96)

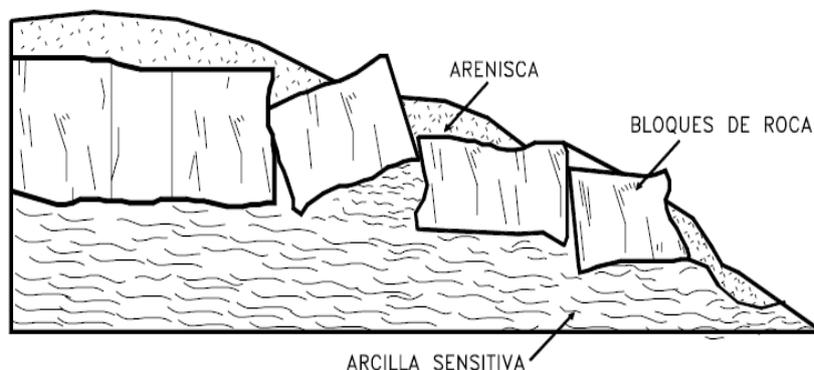


Figura 14: Esquema de un esparcimiento lateral

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

La falla es generalmente progresiva, o sea, que se inicia en un área local y se extiende. Los esparcimientos laterales son muy comunes en sedimentos glaciales y marinos, pero no los son en zonas de suelos tropicales residuales. Se deben distinguir dos tipos así:

a. Movimientos distribuidos en una extensión, pero sin una superficie basal bien definida de corte o de flujo plástico. Esto ocurre predominantemente en rocas, especialmente en las crestas de serranías. La mecánica de este movimiento no es bien conocida.

b. Movimientos que envuelven fracturas y extensión de roca o suelo, debido a licuación o flujo plástico del material subyacente. Las capas superiores pueden hundirse, trasladarse, rotarse, desintegrarse o pueden licuarse y fluir.

- 6. Flujo:** En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra. (Cruden & Varnes , 1996)

Los flujos muy lentos o extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones, a los fenómenos de reptación y la diferencia consiste en que en los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras en la reptación la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 240)

La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo.

Algunos flujos pueden resultar de la alteración de suelos muy sensitivos tales como sedimentos no consolidados.

Recientemente se han realizado estudios para cuantificar el nivel de lluvias que se requieren para producir flujos y es frecuente la ocurrencia de los flujos simultáneamente en sitios diferentes, dentro de una misma formación en el momento de una determinada lluvia de gran intensidad o de un evento sísmico. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 240)

a. Flujo en roca

Los movimientos de flujo en roca comprenden las deformaciones que se distribuyen a lo largo de muchas fracturas grandes y pequeñas. La distribución de velocidades puede simular la de líquidos viscosos. Este tipo de movimiento ocurre con mucha frecuencia en zonas tropicales de alta montaña y poca vegetación, especialmente en la cordillera de los Andes.

Se observa la relación de estos flujos con perfiles de meteorización poco profundos en los cuales las fallas están generalmente, relacionadas con cambios de esfuerzos y lixiviación, ocasionados por la filtración momentánea del agua en las primeras horas después de una lluvia fuerte. Las pendientes de estos taludes son comúnmente muy empinadas (más de 45°). (Fleming & Ellen, 1987)

Su ocurrencia es mayor en rocas ígneas y metamórficas muy fracturadas y pueden estar precedidos por fenómenos de inclinación. Estos flujos tienden a ser ligeramente húmedos y su velocidad tiende a ser rápida a muy rápida. (Sidle, 1985, pág. 96)

b. Flujo de residuos (Detritos)

Por lo general, un flujo de rocas termina en uno de residuos. Los materiales se van triturando por el mismo proceso de flujo y se puede observar una diferencia importante de tamaños entre la cabeza y el pie del movimiento.

El movimiento de los flujos de detritos puede ser activado por las lluvias, debido a la pérdida de resistencia por la disminución de la succión al saturarse el material o por el desarrollo de fuerzas debidas al movimiento del agua subterránea.

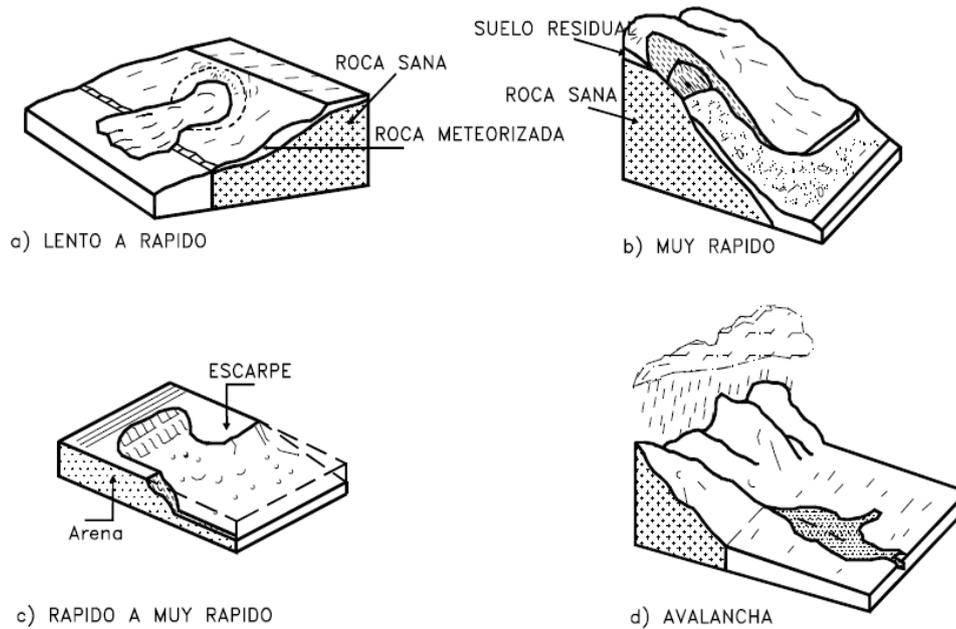


Figura 15: Flujos de diferentes velocidades.

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

Los daños causados por los flujos de detritos abarcan áreas relativamente grandes. El flujo típico de detritos es una honda larga de materiales sólidos y líquidos entremezclados, que se mueve en forma constante a través de un canal con algunas ondas menores súper impuestas que se mueven a velocidades superiores a aquellas del flujo mismo. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 260)

Cuando el canal es más pequeño que el flujo, se forman ondas horizontales o depósitos laterales a los lados del canal. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 128)

c. Flujo de suelo

Los flujos de suelo también pueden ser secos y más lentos de acuerdo a la humedad y pendiente de la zona de ocurrencia. En zonas de alta montaña y desérticas ocurren flujos muy secos, por lo general pequeños, pero de velocidades altas.

d. Flujos de lodo

Dentro de los flujos de tierra están los “flujos de lodo”, en los cuales los materiales de suelo son muy finos y las humedades muy altas y ya se puede hablar de viscosidad propiamente dicha, llegándose al punto de suelos suspendidos en agua. Los flujos de lodo poseen fuerzas destructoras grandes que dependen de su caudal y velocidad. (Cruden & Varnes , 1996)

Un flujo de lodo posee tres unidades morfológicas: un origen que generalmente es un deslizamiento, un camino o canal de flujo y finalmente una zona de acumulación. El origen consiste en una serie de escarpes de falla o deslizamientos de rotación o translación, el camino o canal es generalmente un área estrecha, recta o una serie de canales a través del cual fluye el material viscoso, el ancho, profundidad y pendiente del camino del flujo varía de acuerdo a las condiciones topográficas y morfológicas. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 129)

La zona de acumulación es generalmente, un área de menor pendiente en la cual el flujo pierde velocidad y forma un abanico de deposición.

- 7. Avalanchas:** En las avalanchas la falla progresiva es muy rápida y el flujo desciende formando una especie de “ríos de roca y suelo”. Estos flujos comúnmente se relacionan con lluvias ocasionales de índices pluviométricos excepcionales muy altos, deshielo de nevados o movimientos sísmicos en zonas de alta montaña y la ausencia de vegetación, aunque es un factor influyente, no es un prerequisite para que ocurran. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 130)

Las avalanchas son generadas a partir de un gran aporte de materiales de uno o varios deslizamientos o flujos combinados con un volumen importante de agua, los cuales forman una masa de comportamiento de líquido viscoso que puede lograr velocidades muy altas con un gran poder destructivo y que corresponden generalmente, a fenómenos

regionales dentro de una cuenca de drenaje. Las avalanchas pueden alcanzar velocidades de más de 50 metros por segundo en algunos casos. (Varnes, Slope movement type and processes, 1978, pág. 131)

El movimiento de las avalanchas se le puede relacionar con “flujo turbulento de granos”. Este mecanismo no requiere de la presencia de una fase líquida o gaseosa y el movimiento se produce por transferencia de momento al colisionar las partículas o bloques que se mueven. (Varnes, Slope movements in the Western United States, 1975, pág. 260)



Figura 16: Avalancha en cauce de río por acumulación de materiales producto de una gran cantidad de deslizamientos ocurridos en el momento de un sismo

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996), (Nicholson & Hencher, 1997)

- 8. Movimientos complejos:** Con mucha frecuencia los movimientos de un talud incluyen una combinación de dos o más de los principales tipos de desplazamiento descritos anteriormente, este tipo de movimientos se les denomina como “Complejo”. Adicionalmente, un tipo de proceso activo puede convertirse en otro a medida que progresa el fenómeno de desintegración; es así como una inclinación puede terminar en caído o un deslizamiento en flujo.

TIPO	SECUENCIA	ESTADO DE ACTIVIDAD	ESTILO	VELOCIDAD	HUMEDAD	MATERIAL
Caído	Progresivo	Activo	Complejo	Extremadamente rápido	Seco	Roca
Inclinación	Retrogresivo	Reactivo	Compuesto	Muy rápido	Húmedo	Tierra
Deslizamiento	Ampliándose	Suspendido	Múltiple	Rápido	Mojado	Residuos
Esparcimiento	Alargándose	Inactivo	Sucesivo	Moderado	Muy mojado	
Flujo	Confinado	Dormido	Sencillo	Lento		
	Disminuyendo	Abandonado		Muy Lento		
	Moviéndose	Estabilizado		Extremadamente lento		
		Relicto				

Tabla 8: Glosario para la caracterización de movimientos en masa.

Fuente: (Cruden & Varnes , 1996)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

2.2.4. Microcuenca del Illangama

La zona de estudio de la microcuenca del río Illangama tiene una extensión de 19740 hectáreas, ubicada en el cantón Guaranda, provincia Bolívar en el sector denominado Alto Guanujo. La microcuenca en alturas mayores de 4360 msnm, se encuentra en la zona de páramo de arenales y súper-páramo, la parte media de la microcuenca se encuentra en la zona de páramo de pajonal y la parte baja conformada por el casco urbano de la ciudad de Guaranda

La precipitación en la zona fluctúa entre 1000 y 2000 mm de lluvia. Parte de la zona de estudio se encuentra dentro de los límites de la Reserva de producción faunística de Chimborazo, específicamente sobre la cota de 3800 msnm.

Área de estudio.

Se ha delimitado como área de estudio las microcuencas del río Illangama y Guaranda que tendrían influencia en posibles inundaciones en el tramo de 5 kilómetros a la redonda en el área urbana.

Las características de las microcuencas Guaranda-Illangama (geología, geomorfología, usos de suelo, precipitación) inciden en la generación de caudales, que, en caso de precipitaciones extremas, pueden generar crecidas torrenciales que pueden afectar a la ciudad de Guaranda.

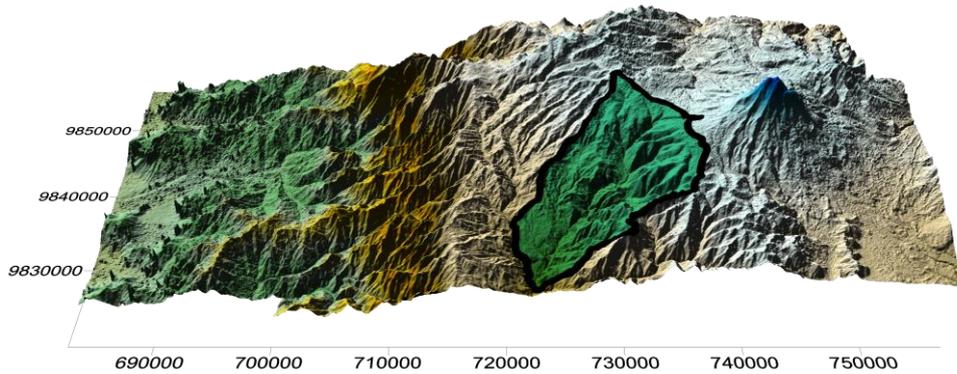


Figura 17: Área de Estudio Microcuenca Illangama

Fuente: Modelo de Elevación Digital extraído de Global Mapper 17

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016
Software Golden Surfer 13

Distribución del territorio de la Microcuenca.

Paisajes naturales de la Microcuenca del río Illangama

Los paisajes naturales que se encuentran en la microcuenca del río Illangama se detallan a continuación:

Paisajes glaciares típicos. Son paisajes glaciares meridionales, presentan un dibujo en plano más filiforme, que traduce su posición en la cima de estrechos interfluvios. Su anchura que no excede nunca de 10 km. La ausencia de una cobertura piroclástica se traduce en profundos cambios de las formas y formaciones aflorantes. Las formaciones superficiales originales afloran hasta la superficie. Los depósitos relacionados con las acciones glaciares se caracterizan por una gran diversidad: morrenas conglomeráticas sobre metamórficas o volcánicas y más arenosas sobre granitos, rellenos infra-glaciares, glacio-lacustrales o fluvial-glaciares de granulometría fina, vertientes rocosas y conos de escombros pedregosos, etc. Según la intensidad y la edad de los truncamientos, los suelos poco evolucionados están asociados con las alteraciones ferralíticas. El único rasgo común a todos esos suelos es la acumulación de materia orgánica debido al clima actual frío. Sobre las zonas glaciares cimera de la vertiente oriental, los afloramientos rocosos dominan en superficie; asociados con algunos suelos distribuidos esporádicamente, son de

tipo poco evolucionado, orgánico, ándico o hidromórfico. (Winckell, Zebrowski, & Sourdat, 1997, pág. 69)

Los volcanes andinos. Son los volcanes que, por su edad bastante antigua y su altitud elevada, se recubrieron de hielo y nieve durante los períodos glaciares cuaternarios. Todos presentan perfiles que sufrieron una remodelación profunda de su superficie: destrucción de los más viejos son utilizados como terreno de recorrido para la crianza de ganado ovino y bovino. Una vez degradada la cobertura vegetal herbácea natural, estos suelos sin cohesión interna están expuestos a fenómenos eólicos, que provocan el decapado rápido de las capas superficiales y la elaboración de esas formas, sin necesidad de intervención humana. (Winckell, Zebrowski, & Sourdat, 1997, pág. 63)

Paisajes Agrarios.

Los paisajes agrícolas que se identificaron en la microcuenca del río Illangama son:

- **Zonas erosionadas por los vientos y dunas (arenales).** “Parte Alta de la Microcuenca”. En el arenal del Chimborazo, estamos en el piso del páramo y la ablación, así como el depósito, de arenas finas provocan la muerte, por descalce o por enterramiento, de gran parte de la vegetación. Las mayorías matas de (*Stipa ichu*) o las más grandes almohadillas logran resistir al descalce. Algunas plantas leñosas bajas tratan de luchar contra el enterramiento alzando sus ramas frondosas y emitiendo raíces adventicias en las arenas acumuladas (fenómeno visible en *Ephedra* y *Astragalus*). Plantas de tallos rastreros como ciertos (*Lupinos* y *Geranium*) pueden igualmente adaptarse a variaciones positivas del nivel del suelo. Las capas inferiores desnudadas son de textura gruesa y muy compacta, ninguna planta se instala en ellas. (Huttel, Zebrowski, & Gongard, 1999, pág. 56)

La utilización de los suelos es muy marginal. Los suelos son dejados al desnudo antes del cultivo son inmediatamente barridos por los vientos que se llevan la tierra fina, permitiendo así la rápida extensión de las superficies erosionadas. La actividad agrícola constituye con seguridad

un factor adicional de inestabilidad para un medio natural sumamente frágil. (Huttel, Zebrowski, & Gongard, 1999, pág. 56)

- **Páramo del extremo norte, centro y del sur del país.** “Parte Alta de la Microcuenca”. Los páramos son formaciones vegetales naturales, originales, esencialmente de gramíneas, casi siempre densas y bajas. (Mena Vásconez & Balslev, 1986, pág. 96)

Salvo en condiciones excepcionales, los árboles están presentes y los arbustos están escasos y de pequeño tamaño. Su extensión ha variado enormemente durante los recientes episodios glaciares e interglaciares. Naturalmente, su límite inferior sería el superior de las formaciones leñosas, pero su extensión actual no quedan más que crestas afiladas que dominan vertientes rocosas o recubiertas de cascotes de bloques, separados por amplios valles glaciares en cuneta. Los suelos se desarrollan esencialmente a partir de estas cenizas. Su acumulación, más importante en los sectores deprimidos y abrigados que en los relieves más expuestos, suavizó las formas heredadas de la remodelación glacial. Son suelos negros y húmidos y corresponden a los inceptisoles desaturados típicos. (Winckell, Zebrowski, & Sourdat, 1997, pág. 133)

- **Los paisajes del páramo.** “El Arenal” del Chimborazo”. Corresponde a un paisaje casi “legendario”, bien conocido de todos, el verdadero desierto del Chimborazo, ubicado al pie de la falda occidental del volcán Chimborazo y barrido por vientos violentos. Con tales condiciones naturales, extremadamente rudas, toda actividad humana es casi imposible. Toda la zona es barrida por vientos extremadamente violentos que soplan del Noreste hacia el Suroeste. Ya que se trata de vientos secos, resecan todo a su paso, y no permiten más que el crecimiento de una vegetación herbácea, rasa y poco densa, incapaz de asegurar una protección eficaz a los suelos subyacentes. En nuestros días, los páramos cercanos al Arenal son utilizados como terreno de recorrido para la crianza de ganado ovino y bovino. Una vez degradada la cobertura vegetal herbácea natural, estos suelos sin cohesión interna están

expuestos a fenómenos eólicos, que provocan el decapado rápido de las capas superficiales y la elaboración de esas formas, sin necesidad de intervención humana. (Winckell, Zebrowski, & Sourdat, 1997, pág. 134)

- **La principal producción de los páramos es el agua:** la conjugación de condiciones climáticas húmedas y de una capa a menudo espesa de cenizas volcánicas hacen de ellos el “arca de agua” natural para las hondonadas interandinas. Allí nacen los principales ríos y los páramos, a manera de esponja, garantizan la regulación de los caudales. Numerosos canales, en ocasiones muy antiguos, llevan las aguas hacia las tierras habitadas y cultivadas, más bajas y más secas. Obras más recientes permiten incluso captar las aguas de las vertientes externas de estas tierras altas. (Muñoz, Balslev, & de Vries, 1985, pág. 77)
- **Agricultura de Mayor Altura.** “Parte Media de la Microcuenca”. Se caracteriza por los cultivos de cebada, haba y papa, esencialmente en las zonas altas y con una estación seca marcada. Allí los suelos son profundos y relativamente ricos en nutrientes pero sensibles a la erosión cuando están cultivados, debido a los fuertes declives (pendientes a menudo superiores al 50%). La papa es objeto de todos los cuidados. Recibe abonos orgánicos o químicos y varios tratamientos fitosanitarios durante su ciclo, aunque con diferencias importantes según los recursos financieros de los cultivadores. Incluso los pequeños campesinos intentan al máximo asumir tales gastos pese a su elevado costo, con la esperanza de obtener una ganancia consecuente al momento de la comercialización. Por experiencias saben que, sin esa atención particular, la producción sería irrisoria pues la planta es exigente en elementos fertilizantes y muy sensibles a las plagas y enfermedades. (Huttel, Zebrowski, & Gongard, 1999, págs. 150-240)

En el sistema simplificado (papa, cebada, haba), la papa siempre encabeza la rotación de los cultivos. Ocupa la parcela un año o dos años máximos. Le sigue luego el haba durante uno o dos años. Se siembra luego cebada, durante dos o tres años y a veces cuatro o más. Posteriormente el campo se deja en barbecho. (Mena Vásquez & Balslev, 1986, pág. 98)

La densidad de la población ha conducido a una división máxima de la tierra y en cada propiedad toda la superficie es cultivada. La integración de la ganadería, aún de ovinos, es muy difícil, pues los cultivos ocupan el espacio que podría haber sido de pasto natural. Pocas ovejas pacen en el borde de los caminos y ciertas parcelas de cebada no son sembradas sino para ser cosechadas en hierba, como complemento forrajero. La no reconstitución de la fertilidad de los suelos ya no permite el cultivo de papa por falta de estiércol, salvo en muy pequeñas cantidades. La cebada tiende a ocupar lo esencial de las superficies, con rendimientos bajos. Por ello, no es sorprendente que esas zonas de densidades de población relativamente elevadas sean también lugares de fuerte emigración. (Huttel, Zebrowski, & Gongard, 1999, págs. 150-240)

Los tubérculos andinos secundarios son cultivados en pequeñas propiedades indígenas. Se trata de una supervivencia cultural que no es mantenida por la demanda del mercado. Las poblaciones urbanas ya casi no los consumen. (Huttel, Zebrowski, & Gongard, 1999, págs. 150-240)

Suelos de la Microcuenca del Río Illangama.

Los principales órdenes de suelos encontrados. En la microcuenca del río Illangama se encuentran los siguientes suelos: Inceptisol, que tiene 4753.31 hectáreas (38.58%), Entisol con 3527.62 hectáreas (28.63%) y Mollisoles, nieve, rocas y sin suelo que tienen una superficie de 4039.61 hectáreas (32.79%) de los suelos de esta microcuenca.

El orden Inceptisol se caracteriza por estar formado por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria. Son superficiales a moderadamente profundos y de topografía plana a quebrada. (Cárdenas & Barrera, 2007, pág. 58)

El orden Entisol son suelos derivados de materiales aluviónicos como residuales de textura moderadamente gruesa a fina, de topografía variable entre plana a extremadamente empinada. (Cárdenas & Barrera, 2007, pág. 59)

El orden Mollisol son suelos superficiales a moderadamente profundos, con epipedón mólico, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios; tienen horizontes superficiales oscurecidos, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia friable y dotados suficientemente de bases, principalmente de Ca y Mg, presentan topografías que varían entre ligeramente inclinada a extremadamente empinada. (Cárdenas & Barrera, 2007, pág. 59).

Descripción de tipos de suelo.

Arenal. Presenta un relieve ondulado formado de arenas producto de erupciones antiguas del Volcán Chimborazo; el relieve a medida que se acerca al volcán se va tornando más escarpado y con algunas grietas producto de la erosión por el escurrimiento del agua de los deshielos. Las pendientes oscilan entre los 8% a los 30%. Son suelos de textura moderadamente gruesa en la superficie y la textura del subsuelo muy gruesa. (Gutiérrez & Ortiz Solorio, 2006, pág. 25)

Typic Cryaquepts (KAFK)

Suelo u horizonte superior con más de 30% de materia orgánica, generalmente con saturación de agua una gran parte del año. Materia orgánica poco meteorizada pardo negro oscuro sobre 30 a 40 cm de espesor.

Más abajo se puede ver suelo alofánico con algunas veces horizontes albic más o menos claro. Suelo con temperatura de menos de 10 °C, entre 50 a 100 cm de profundidad, durante todo el año. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 326)

Typic Haplocryands (DCFJ)

Suelo pseudo limoso muy negro con más de 20% y menos del 50% de retención de agua a pF 3 sobre muestra sin desecación. Suelo con temperatura de menos de 10 °C, entre 50 a 100 cm de profundidad, durante todo el año. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 326)

Vitric Haplocryands (DCFG)

Suelo pseudo limoso con arena fina a media, retención de agua de 20 a 50% a pF 3 sobre muestra sin desecación, pero más arenoso, con densidad aparente cerca de 1 por consecuencia de la presencia de mineral pesado arenoso poco meteorizado. Cenizas jóvenes. Suelo con temperatura de menos de 10 °C, entre 50 a 100 cm de profundidad, durante todo el año. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 326)

Vitric Hapludands (DHFH)

Suelo pseudo limoso con arena fina o media, netamente más arenoso que Dm, más de 20% y menos de 50% de retención de agua a pF 2,5, sobre muestra sin desecación, densidad aparente cerca de 1 por consecuencia de la presencia de mineral arenoso poco meteorizado. Cenizas jóvenes. Suelos con temperatura de 10 a 13 °C, entre 50 y 100 cm de profundidad durante todo el año. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 326)

Typic Hapludands (DHFU)

Suelo derivado de ceniza volcánica (o en parte), textura fina de pseudo-limo con untuosidad, suave, o pseudo-limo, arenoso, densidad aparente menos de 0.8 de 0 a 35 cm de profundidad, saturación de bases inferior a 50% de 0 a 75 cm, variación total de la capacidad total de intercambio con el pH y con la humedad del suelo y reacción fuerte rojo con Fna (Test Fieldes) en menos de 30 segundos.

Suelo pseudo limoso muy negro con retención de agua de 50 a 80% a pF 3 sobre muestra sin desecación. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 328)

Hydric Hapludands (DHFN)

El concepto central o subgrupo Hydric de Hapludands se fija en moderadamente profundos o profundos que tienen 2,0 o menos $\text{cmol (+) / kg de Al}^{3+}$ (por KCl, 1N) en la fracción de tierra-fina de una capa de 10 cm o más de espesor a una profundidad entre 25 y 50 cm desde la superficie del suelo mineral o de la parte superior de una capa orgánica con propiedades ándicas de suelo. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 328)

Eutric Hapludands (DHFQ)

Suelo negro de chroma 1 a 2, suelo limoso con arena muy fina. Suelo negro profundo, limoso con arena muy fina / ligera reacción a Fna. Saturación de cationes cerca de 50%. Suelos negros limosos (menos 30% de arcilla) pocos ácidos, derivados de ceniza volcánica. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 330)

Suelo derivado de ceniza volcánica, negro sobre un metro de espesor, textura: presencia de limo, limoso – arenoso o arena limosa, con menos de 30% de arcilla en el primer metro (más de 70% de material piroclásticos), saturación de cationes por más de un metro de espesor más de 50%, arcilla principalmente de tipo Halloysita (Algunas veces mezclando con Montmorillonita o mineral alofánico). (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 330)

Vitrandic Udorthents (LEFB)

Suelo completamente erosionado por el viento con afloramiento de una capa de pómez gruesas (pómez de 1 a 2 cm) muy poca meteorizada o depósito de pómez muy reciente cerca de los volcanes. Debajo de la capa de pómez superficial puede ver sobre un metro de espesor o más, una sucesión de capas de pómez y de cenizas medias a gruesas, muy poco meteorizadas. En algunos lugares es posible ver algunos testigos de suelos negros (Cryandeps, Hapludolls, Vitrandeps). Suelo con temperatura de menos de 10 °C, entre 50 a 100 cm de

profundidad, durante todo el año. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 331)

Andic Hapludolls (IHFE)

Molisol derivado de ceniza, con más de 30% de arcilla. Suelo negro sobre un metro de profundidad, textura: areno, limo – arcilloso con más 30% de arcilla sobre un metro de espesor (menos de 70% de material piroclásticos), arcilla Halloysita principalmente mezclada con Montmorillonita. (ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer, 1978, pág. 332).

Suelo arenoso-arcilloso negro, profundidad uniforme, sin revestimientos. Suelo con temperatura de 13° a 20-22 °C entre 50 a 100 cm de profundidad, durante todo el año con una variación muy débil.

Hidrología de la zona

En la provincia de Bolívar, todo su sistema hídrico vierte sus aguas al macro sistema hidrográfico de la cuenca del río Guayas, siendo estratégica y vital en la generación de recursos hídricos, por cuanto del 30 al 40% de aporte en caudal de los 36572 m³ x año de agua que recibe el río Guayas, provienen de este sistema. Este sistema hidrográfico está conformado por la cordillera del Chimbo, la cual atraviesa longitudinalmente de norte a sur a la provincia de Bolívar casi por la mitad del territorio, siendo como una línea divisoria de aguas, formando dos secciones muy diferentes: el flujo hídrico de la sección oriental y el de la sección occidental. (Cárdenas & Barrera, 2007, pág. 56)

El flujo hídrico de la sección oriental ha originado la formación del río Chimbo a la altura del cantón Guaranda, el cual recorre de norte a sur a la provincia, conformando la subcuenca del río Chimbo, que es el sistema hidrográfico más importante de Bolívar. En la sección occidental, en cambio, el flujo hídrico se dirige hacia dos sistemas de mayor magnitud ubicados en la costa ecuatoriana. (Cárdenas & Barrera, 2007, pág. 57)

El sistema de los afluentes del Zapotal y el sistema de afluentes del Catarama. El flujo hídrico hacia el sistema del río Guayas fluye a través del río Babahoyo. En el caso del sistema del río Chimbo, antes de llegar al del río Guayas este sistema se convierte en afluente del río Yaguachi.

La microcuenca del río Illangama es afluente del río Chimbo. La subcuenca del río Chimbo se ubica en la provincia de Bolívar, incluye los cantones Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes. Comprende cuatro zonas de vida: bosque húmedo subtropical, montaña templada baja, montaña templada y boreal. (Cañadas, 1985, pág. 42).

Dentro del sistema de cuencas hidrográficas del país, esta subcuenca forma parte del sistema hidrográfico del río Yaguachi. La subcuenca del río Chimbo aporta entre el 30 y 40% del caudal total del río Guayas (36 572 m³/año). Este caudal, tanto en cantidad como calidad, es afectado por el alto flujo erosivo generado en la provincia de Bolívar (aproximadamente 8 000 000 t de sedimentos al año). (Cárdenas & Barrera, 2007, pág. 62)

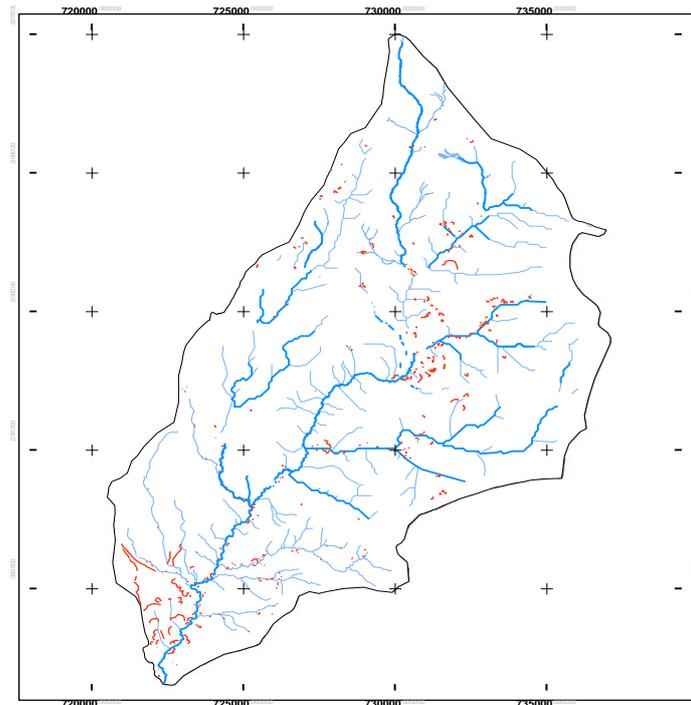


Figura 18: Sombras con la red primaria y secundaria de la Hidrografía de la Microcuenca del Illangama 2015.

Fuente: Modelo de Elevación Digital extraído de Global Mapper 17

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes
2016

Áreas protegidas.

La única superficie con estatus legal de área protegida es la Reserva de Producción Faunística (RPF) son las dos altas montañas que protege: el imponente volcán Chimborazo (6 310 msnm), considerado el nevado más alto de Ecuador, y el Carihuayrazo (5 020 msnm). (Freile, 2010, pág. 45)

El 90% de las aguas de los deshielos va hacia el oriente y el 10% restante al occidente, alimentando al sistema de la subcuenca del río Chimbo. Las subcuencas de los ríos Ambato y Chambo forman parte de la cuenca alta del río Pastaza, que desemboca en el Amazonas.

2.3. Definición de Términos (Glosario)

Agua subterránea: Agua en la zona de saturación.

Aluvión: Sedimento no consolidado depositado por un río.

Acuífero: Roca o sedimento a través del cual el agua subterránea se mueve con facilidad.

Basalto: Roca ígnea de grano fino y composición máfica.

Caudal: Cantidad de agua de una corriente que atraviesa un punto dado en un periodo concreto.

Deslizamiento: Movimiento común en los procesos gravitacionales. El material que se mueve pendiente abajo permanece como una unidad y se mueve a lo largo de una superficie bien definida.

Diaclasa: Fractura en la roca a lo largo de la cual no habido movimiento.

Erosión: Incorporación y transporte de material por un agente dinámico, como el agua, viento y el hielo.

Escala de Mohs: Serie de 10 minerales utilizados como patrones para la determinación de la dureza.

Exfoliación: Tendencia de un mineral a romperse a lo largo de planos con enlaces débiles.

Falla: Plano de rotura en una masa rocosa a lo largo de la cual se produce movimiento.

Geología Física: División principal de la Geología que estudia los materiales de la Tierra y busca comprender los procesos y las fuerzas que actúan debajo y encima de la superficie terrestre.

Infiltración: Movimiento del agua superficial dentro de las rocas o el suelo a través de grietas o poros.

Ley de Darcy: Ecuación que expresa que el caudal de aguas subterráneas depende del gradiente hidráulico, la conductividad hidráulica y el área de la sección transversal de un acuífero.

Litosfera: Capa externa rígida de la Tierra, que comprende la corteza y parte del manto superior.

Metamorfismo: Cambios en la composición mineral y textura de una roca sometida a elevadas temperaturas y presiones en el interior de la Tierra.

Meteorización: Desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o en lugar próximo a ella.

Meteorización mecánica: Desintegración física de una roca que provoca la formación de fragmentos más pequeños.

Mineral: Material cristalino inorgánico de origen natural con una estructura química definida.

Permeabilidad: Medida de la capacidad de un material para transmitir agua.

Percolación: La percolación se refiere al paso lento de fluidos a través de materiales porosos.

Perfil del suelo: Sección vertical a través de un suelo que muestra su sucesión de horizontes y de roca madre subyacente.

Roca: Mezcla consolidada de minerales.

Roca ígnea: Roca formada por la cristalización del magma.

Roca metamórfica: Roca formada por la modificación de otras preexistentes en el interior de la Tierra, mediante calor, presión y/o fluidos químicamente activos.

Roca sedimentaria: Roca formada a partir de los productos de meteorización de rocas preexistentes que han sido transportadas, depositadas y litificadas.

Suelo: Combinación de materia orgánica y mineral, agua y aire; la parte del regolito que soporta el crecimiento vegetal.

2.4.Marco Legal

La presente investigación tiene su sustento en:

Artículo 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, pág. 26)

Artículo 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, pág. 26)

Artículo 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, pág. 149)

Artículo 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. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, pág. 175)

Artículo 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. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, pág. 176)

Artículo 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, pág. 177)

A su vez con el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) en sus artículos:

Artículo 7.- Facultad normativa. Para el pleno ejercicio de sus competencias y de las facultades que de manera concurrente podrán asumir, se reconoce a los consejos regionales y provinciales, concejos metropolitanos y municipales, la capacidad para dictar normas de carácter general, a través de ordenanzas, acuerdos y resoluciones, aplicables dentro de su circunscripción territorial. (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 2011, pág. 8)

Artículo 54. o) Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres; (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 2011, pág. 32).

Artículo 57. w) Expedir la ordenanza de construcciones que comprenda las especificaciones y normas técnicas y legales por las cuales deban regirse en el cantón la construcción, reparación, transformación y demolición de edificios y de sus instalaciones;

x) Regular y controlar, mediante la normativa cantonal correspondiente, el uso del suelo en el territorio del cantón, de conformidad con las leyes sobre la materia, y establecer el régimen urbanístico de la tierra; (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 2011, pág. 35)

2.5. Sistemas de Variables

Variable Independiente: Análisis físico del suelo

DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALAS E ÍTEMS	INSTRUMENTOS
<p>El análisis físico del suelo permite conocer la incidencia de los factores externos en su constante cambio.</p>	<p>Análisis Granulométrico</p>	<p>Granulometría por tamizado</p>	<p>Nominal y Ordinal</p> <p>¿Cuál es la incidencia de la granulometría dentro del análisis físico del suelo?</p> <p>¿Se puede considerar a la granulometría del suelo como un factor desencadenante?</p> <p>¿Se puede considerar a la granulometría del suelo como un factor condicionante?</p>	<p>Recolección de muestras en sitio</p> <p>Pruebas de laboratorio</p> <p>Observación directa</p>

DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALAS E ÍTEMS	INSTRUMENTOS
	<p>Análisis Mineralógico</p> <p>Análisis Hidráulica de Suelo</p> <p>Análisis de susceptibilidad a deslizamientos</p>	<p>Determinación de contenido mineralógico</p> <p>Reconocimiento visual</p> <p>Microscopía de polarización.</p> <p>Ley de Darcy</p> <p>Mora Varhson</p>	<p>¿Los minerales que componen el suelo son fundamentales para evitar su desplazamiento?</p> <p>¿Se conoce los principales minerales que componen la zona de estudio?</p> <p>¿Cuáles pueden ser las posibles medidas de mitigación?</p> <p>¿La hidráulica del suelo incide en su descomposición?</p> <p>¿El agua es un factor desencadenante dentro del suelo para su meteorización?</p> <p>¿La permeabilidad del suelo es proclive a su saturación?</p>	

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Nivel de Investigación

- **Nivel exploratorio** ya que se planteó un fenómeno que fue analizado, por tanto, es fenomenológico; en tal virtud la función fue el reconocimiento y la identificación del problema. De la misma manera se puede decir que fue considerado como el primer acercamiento científico al problema ya que el mismo no ha sido suficientemente estudiado en anteriores investigaciones.
- **Nivel correlacional**, en nuestro estudio se comprobó la dependencia entre las variables tanto independiente como dependiente
- **Nivel explicativo** se demuestra el comportamiento de una variable en función de otra; al tratarse de un estudio de causa-efecto se requiere un control así también que cumpla los criterios de su causalidad.
- **Descriptiva**. porque permitió detallar, explicar, definir o representar con detalle las cualidades, características o circunstancias en las que se realizó el presente trabajo de investigación; a partir de la problematización hasta el planteamiento de la propuesta.

3.2. Diseño

El diseño de la investigación se basa en un estudio experimental ya que los experimentos verdaderos tienen cuatro elementos: manipulación, control, asignación aleatoria y selección aleatoria.

Los dos elementos más importantes son la manipulación y el control. Manipulación significa que algo en el entorno es cambiado a propósito por el investigador; como por ejemplo la toma de muestras y su estudio en laboratorio. El control es utilizado para evitar que los factores exteriores tengan influencia sobre el resultado del estudio. Cuando algo es manipulado y controlado, tenemos

más confianza en que el resultado fue “causado” por la manipulación. Además, los experimentos implican procedimientos altamente controlados y sistemáticos en un esfuerzo por reducir el error y el sesgo, lo cual también incrementa nuestra confianza en que el resultado fue “causado” por la manipulación.

Investigación de campo, conocida también como investigación sobre el terreno, de tipo explicativa, donde, en algunas situaciones no hemos podido manipular directamente las variables, ya que no es posible el control y manejo absoluto de las mismas.

3.3. Población y muestra.

Se realizó un muestreo no probabilístico ya que los elementos fueron elegidos basados en una elección aleatoria, ya que al tratarse de un estudio de aplicación no se puede seleccionar a individuos específicos.

Por tanto, se tomó las muestras de suelo en lugares específicos como la Merced Alta, el sector del Indio Guaranga, Marco Pamba “Barrio Bella Vista”, El Vivero, La Humbertina, Vía las Cochabambas (Primer Puente), Paso lateral Interprovincial, Carbón Chinipamba, Comunidad el Corazón, El Arenal, vía Guaranda-Ambato en el sector denominado La vuelta del key y Quindigua Alto, considerando estos sectores porque históricamente han sufrido eventos de movimientos en masa, por su formación geomorfológica y su susceptibilidad por factores naturales.

SITIOS	MUESTRA	X	Y	Z
CASCO URBANO	1	723310	9823793	2581
	2	725321.33	9826143.3	2624
	3	725666.29	9825244.2	2625
	4	723919.24	9825594.7	2630
	5	722009	9823000	2632
	6	723320.36	9823113	2637
	7	722623.34	9822628.9	2679
	8	721954.64	9823904.5	2679
	9	722031	9824601	2773
	10	722570.91	9824644.8	2801
	11	723625.77	9824742.2	2801

	MUESTRA	X	Y	Z
LAS COCHAS EL CORAZON	12	722139.37	9824667.1	2801
	13	723005.17	9824507.7	2801
	14	722913.13	9824700.9	2801
	15	723209.62	9825246.8	2801
	16	722597.01	9825254.7	2801
	17	723566.97	9824320	2801
	18	734539.16	9835570.7	3486
PARAMO	19	730418	9835420	3486
	20	732000.66	9838217.2	3850
	21	726293.83	9835437.7	3950
	22	728855	9836930	3950
	23	728040.97	9839226.2	3953
	24	728795	9836994	3959
	25	728759	9836994	3959
	26	729580	9838069	4150
	27	735540	9830482	4183

Tabla 9: Recolección de Muestras de Suelo

Fuente: Recolección de Muestras de Suelo Microcuenca Illangama

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

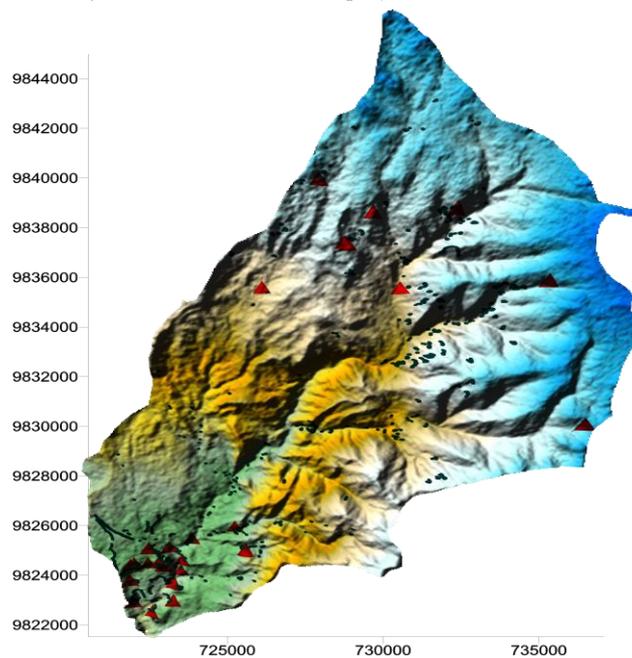


Figura 19: Recolección de muestras de suelo Microcuenca Illangama

Fuente: Modelo de Elevación Digital extraído de Global Mapper 17

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1. Observación directa

La observación directa se aplicó desde las imágenes satelitales, así como en fotografías aéreas, de la misma manera, con el traslado a los puntos antes mencionados para corroborar la situación actual del suelo, lo que nos permitió recolectar la muestra del suelo para su análisis.

3.4.2. Escalas de medición

La utilización de la metodología Mora Vahrson, requiere tener escalas de medición que ofrecen información sobre las clasificaciones que se pueden hacer con respecto a las variables de estudio.

Por tal motivo en el presente proyecto, se estableció un análisis de indicadores como pendiente, litológico, geomorfológico, cobertura vegetal y usos de suelo, para lo cual se consideró intervalos estadísticos con su respectiva ponderación clasificada en muy bueno, bueno, moderado, alto y muy alto.

3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.

Para el procesamiento y análisis de datos, se utilizó herramientas ofimáticas como hojas de cálculo para representar cada muestra de suelo detallando su análisis mineralógico y granulométrico, así mismo, factores condicionantes, factores desencadenantes, además del uso de gráficos para representar las curvas granulométricas de las mismas.

El uso de la herramienta ArcGIS permitió organizar, analizar y distribuir información geográfica como son mapas de factores condicionantes, factores desencadenantes y mapas de susceptibilidad de la zona de estudio.

3.5.1. Análisis Granulométrico por Tamizado

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá a todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra.

Nos permite la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en la investigación, hasta el de 0.074 mm (N°200).

Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material (granulometría)

Gráfica Granulométrica e Indicadores.

La curva granulométrica es una representación gráfica de los resultados del trabajo de laboratorio en la que se muestra en un papel denominado “log-normal” por tener en la horizontal una escala logarítmica, y en la vertical una escala natural.

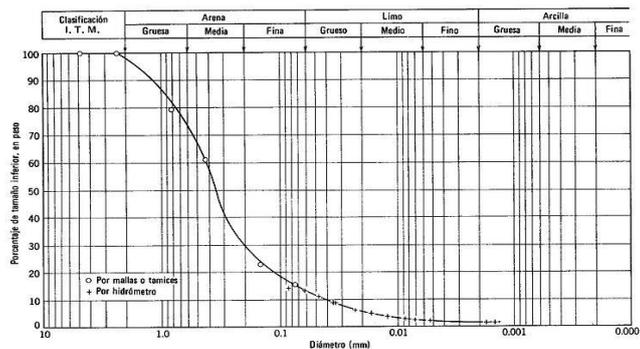


Figura 20: Gráfica Granulométrica

Fuente: (Wikipedia, 2016)

3.5.2. Análisis Mineralógico

Mineralogía óptica

Mineralogía óptica es el estudio de minerales midiendo su óptica característica. Lo más comúnmente posible, la roca y las muestras del mineral están preparados como secciones finas o montajes del grano para el estudio en laboratorio con microscopio. La mineralogía óptica se utiliza para identificar la composición mineralógica de materiales geológicos para ayudar a revelar su origen y evolución. (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2014)

- **Microscopio** El microscopio empleado está generalmente en cuál se proporciona una etapa que rota debajo de la cual haya un polarizador, mientras que sobre el objetivo o el ocular se monta un analizador; alternativamente la etapa puede ser fija y los prismas polarizantes y que analizan pueden ser capaces de la rotación simultánea por medio de ruedas dentadas y de una biela. Si se desea la luz ordinaria y no la luz polarizada, ambos prismas se pueden retirar del eje del instrumento; si se inserta el polarizador solamente la luz transmitida es plano polarizado; con ambos prismas en la posición la diapositiva se ve entre los “nicols cruzados.” Una roca-sección microscópica en luz ordinaria si se emplee una ampliación conveniente (opinión 30) se ve para consistir en los granos o los cristales que varían de color, tamaño y forma. (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2014)
- **Caracteres de minerales** Algunos minerales son descoloridos y transparente (cuarzo, calcita, feldespato, mica, etc.), otros son amarillos o marrones (rutilo, tourmaline, biotite), verde (diopside, hornablenda, clorito), azul (glaucophane), color de rosa (granate), etc. El mismo mineral puede presentar una variedad de colores, en igual o las diversas rocas, y estos colores se pueden arreglar en las zonas paralelas a las superficies de los cristales. Así el tourmaline puede ser marrón, amarillo, rosado, azul, verde, violeta, gris, o descolorido, pero cada mineral tiene un o más característica, porque la mayoría de los tintes del campo común. Las formas de los cristales se determinan de una manera general que los contornos de las secciones de ellas presentaron en las diapositivas. Si el

mineral tiene unas o más buenas hendiduras serán indicadas por los sistemas de grietas. El índice de refracción también es demostrado claramente por el aspecto de la sección, que son ásperos, con las fronteras bien definidas si tienen una refracción mucho más fuerte que el medio en el cual se montan. Algunos minerales se descomponen fácilmente y llegan a ser turbios y semi-transparentes; otros siguen siendo siempre perfectamente frescos y claros, otros rinden productos secundarios característicos (tales como clorito verde después del biotite). Las inclusiones en los cristales están de gran interés; un mineral puede incluir otro, o puede contener los espacios ocupados por el cristal, por los líquidos o por los gases. (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2014)

- **Microestructura** Pasado la estructura de la roca, es decir, la relación de sus componentes a uno otra, generalmente se indica claramente, si sea hecha fragmentos o masiva; la presencia de la materia vidriosa en el contradistinction a una condición totalmente cristalina o “holo-crystalline”; la naturaleza y el origen de fragmentos orgánicos; bandas, foliation o laminación; la estructura pumiceous o porosa de muchas lavas; éstos y muchos otros caracteres, aunque a menudo no visibles en los especímenes de la mano de una roca, son hechos obvios por la examinación de una sección microscópica. Muchos métodos refinados de observación se pueden introducir, por ejemplo, la medida del tamaño de los elementos de la roca por la ayuda de micrómetros; sus proporciones relativas por medio de una placa de cristal gobernaron en cuadrados pequeños; los ángulos entre las hendiduras o las caras consideradas en la sección por el uso de rotar graduaron la etapa, y la valoración del índice de refracción del mineral por la comparación con los de diversos medios del montaje.

3.5.3. Análisis Hidráulica de Suelo “Permeabilidad”

La ley de Darcy enuncia que la velocidad de un fluido homogéneo en un medio poroso es proporcional al gradiente de presión, e inversamente proporcional a la viscosidad del fluido.

De la misma manera la permeabilidad puede denominarse como la conductividad del fluido y es similar al término de conductividad eléctrica. El signo negativo indica que, si se toma el flujo positivo en la dirección positiva de l, la presión disminuye en esa dirección y la pendiente dp/dl es negativa. (Sánchez San Román, 2014)

- Carga constante (permeable): Según la ley de Darcy, el coeficiente de permeabilidad viene dado por la fórmula:

$$k = \frac{v}{i} = \frac{V \cdot H}{S \cdot t \cdot \Delta h}$$

siendo:

V = volumen de agua que atraviesa el suelo en el tiempo t.

H = distancia entre piezómetros extremos.

S = área de la sección de la muestra.

t = tiempo.

Estas metodologías nos ayudarán a obtener una percepción más clara de qué tipo de suelo es, cómo reacciona a factores climáticos y qué magnitud de susceptibilidad tiene la microcuenca del Illangama ante deslizamientos.

3.5.4. Aplicación de sistemas de información geográfica.

Teledetección.

La teledetección o percepción remota (en inglés *Remote Sensing*) es una disciplina científica que integra un amplio conjunto de conocimientos y tecnologías utilizadas para la observación, el análisis, la interpretación de fenómenos terrestres y planetarios. (Chuvienco, 1995)

Sus principales fuentes de información son las medidas y las imágenes obtenidas con la ayuda de plataformas aéreas y espaciales.

Como su nombre indica, la teledetección supone la adquisición de información a distancia, sin contacto directo con el objeto estudiado.

La adquisición de información a distancia implica la existencia de un flujo de información entre el objeto observado y el captador. El portador de esta información es la radiación electromagnética, esta puede ser emitida por el objeto o proceder de otro cuerpo y haber sido reflejada por este. Todos los cuerpos (planetas, seres vivos, objetos inanimados) emiten radiación electromagnética; la cantidad y tipo de esta radiación emitida depende fundamentalmente de su temperatura. (Chuvienco, 1995)

El principal emisor de radiación en el sistema solar es el propio Sol cuya radiación, reflejada por la Tierra y los objetos situados en ella, es la más comúnmente utilizada en teledetección y es la que nos permite ver los objetos situados a nuestro alrededor. Otra opción es que el sistema captador incorpore un emisor de radiación (Radar) cuyo reflejo en la superficie del planeta objeto de estudio lo recoge el propio captador. (Chuvienco, 1995)

El objetivo fundamental de la teledetección es el de analizar las características de la radiación que abandona la superficie terrestre, y que es captada posteriormente por un sensor situado en un satélite. El análisis de estos datos, permite determinar qué elementos y factores ambientales las han producido. (Chuvienco, 1995)

3.5.4.1.Satélite LANDSAT 8.

Landsat 8 es un satélite de observación terrestre estadounidense lanzado el 11 de febrero de 2013. Es el octavo y más reciente satélite del proyecto Landsat operado por la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) desde 1972. (Pons, 2009)

El satélite Landsat 8 transporta dos instrumentos OLI y TIRS, que corresponden a las siglas en inglés para Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS). El sensor OLI provee acceso a nueve bandas espectrales que cubren el espectro desde los 0.433 μm a los 1.390 μm , mientras que TIRS registra de 10.30 μm a 12.50 μm . (Pons, 2009, pág. 90)

Productos

Los productos de nivel 1 (Level 1) del satélite Landsat 8 son accesibles aproximadamente 24 horas después de su adquisición sin ningún costo. Esta información es corregida en tierra y suministrada en escenas de aproximadamente 190 km de ancho y 180 km de alto. (Pons, 2009, pág. 90)

Una escena de nivel 1 está compuesta por 13 archivos: 11 archivos en GeoTIFF correspondientes a cada una de las 11 bandas registradas, un archivo con metadatos (MTL) y uno más con una evaluación de la calidad de la escena (QA). (Pons, 2009, pág. 90)

Órbita

El satélite completa su órbita de 705 km de altura cada 99 minutos, y revisita un mismo punto sobre a superficie de la tierra cada 16 días con un desfase de 8 días con respecto al satélite Landsat 7, del mismo proyecto. Bajo estas condiciones el satélite adquiere cerca de 650 imágenes diariamente. (Pons, 2009, pág. 90)

Color natural	4 3 2
Falso color (urbano)	7 6 4
Color infrarrojo (vegetación)	5 4 3
Agricultura	6 5 2
Penetración atmosférica	7 6 5
Vegetación saludable	5 6 2
Tierra/agua	5 6 4
Natural con remoción atmosférica	7 5 3
Infrarrojo de onda corta	7 5 4
Análisis de vegetación	6 5 4

Tabla 10: Combinación de las bandas espectrales LANDSAT 8

Fuente: (Pons, 2009)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

Esta combinación se la puede realizar mediante ArcGIS, pero para mejor detalle y tratamiento de la misma se puede utilizar ENVI 4.7, para poder dar mejor realce a las mismas y determinar los sitios donde se encuentran los datos con mayor veracidad.

Enfocarnos en el uso del software ENVI es demasiado complejo así que solo usaremos la combinación de bandas del satélite LANDSAT y las mismas exportaremos a ArcGIS.

Sistemas de Información Geográfica

Un SIG (GIS en inglés) es un sistema de información especializado en el manejo y análisis de información geográfica (geoespacial).

Hablamos de un SIG como un conjunto de herramientas informáticas que captura, almacena, transforma, analiza, gestiona y edita datos geográficos (referenciados espacialmente a la superficie de la tierra) con el fin de obtener información territorial para resolver problemas complejos de planificación, gestión y toma de decisiones apoyándose en la cartografía. (Chuvieco, 1995)

Básicamente cuando hablamos de información geográfica nos referimos a toda la información que debidamente está georreferenciada dentro de un sistema de proyección o Datum para su representatividad. Dicha información está separada

en tres bloques: Puntos, Polilíneas y Polígonos; cada una determina cierta información que ha sido georreferenciada como se mencionó anteriormente. (Chuvienco, 1995)

El esquema de la digitalización se engloba en 5 grandes pasos que en nuestro caso son:

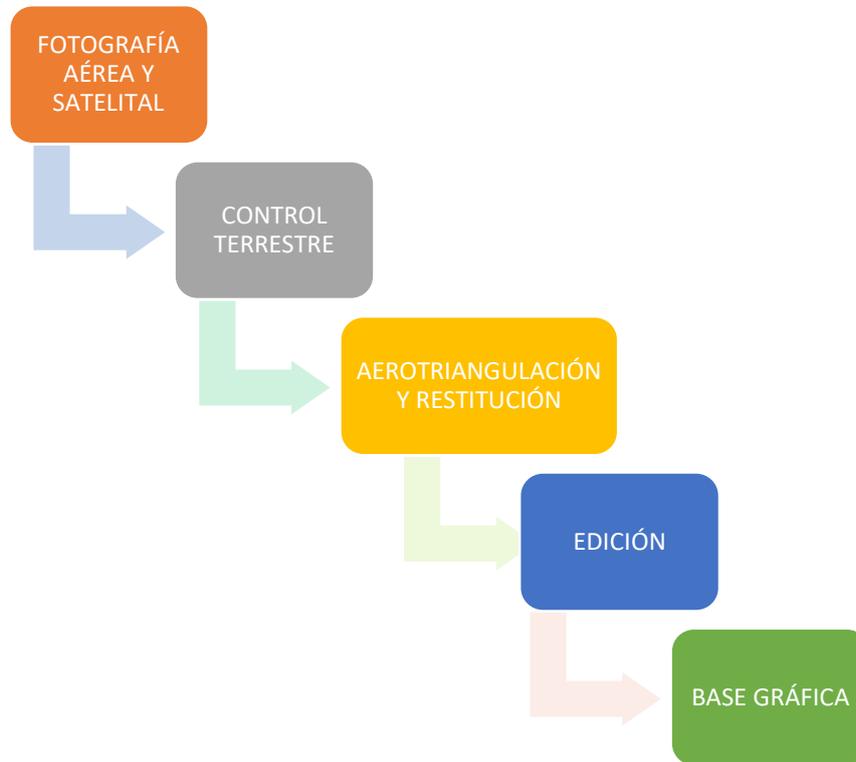


Figura 21: Proceso de Manejo de Información dentro de un SIG

Fuente: (Chuvienco, 1995)

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes 2016

Modelos Digitales de Elevación.

Un Modelo Digital de Elevaciones puede representarse de forma genérica mediante la ecuación: $Z = f(x,y)$ que define un campo de variación continua. La imposibilidad de resolver la ecuación anterior para todos los puntos del territorio obliga a definir elementos discretos sobre el mismo que permitan simplificar la codificación de la elevación.

Las más habituales son:

Curvas de nivel se trata de líneas definidas por tanto como una sucesión de pares de coordenadas que tienen como identificador el valor de la elevación en

cada uno de los puntos de la línea. Generalmente el intervalo entre valores de las curvas de nivel es constante. (Acosta Arias, 2006, pág. 96)

Red Irregular de Triángulos (TIN). A partir de un conjunto de puntos, en los que se conoce la elevación, se traza un conjunto de triángulos, formados por tripletas de puntos cercanos no colineales, formando un mosaico. En ocasiones se parte de las curvas de nivel que, tras descomponerse en un conjunto de puntos, genera una red irregular de triángulos. En este caso hay que tener en cuenta que pueden formarse triángulos a partir de puntos extraídos de la misma curva de nivel, por tanto, con el mismo valor, que darán lugar a triángulos planos. Tienen entre sus ventajas el adaptarse mejor a las irregularidades del terreno, ocupar menos espacio y dar muy buenos resultados a la hora de visualizar modelos en 3D o determinar cuencas visuales. Entre los inconvenientes destaca un mayor tiempo de procesamiento y el resultar bastante ineficientes cuando se intenta integrarlos con información de otro tipo; en definitiva, hay que utilizarlos para interpolar una capa raster. (Acosta Arias, 2006, pág. 96)

Formato raster, es el más adecuado para integración de las elevaciones en un SIG ya que va a permitir la utilización de diversas herramientas para la obtención de nuevos mapas a partir del MDE. (Acosta, Ocampo, & García, 2012, pág. 28)

El inconveniente es la baja resolución (celdillas muy grandes de los datos) y que se ve muy afectado por la rugosidad del terreno, por ello se limita al seguimiento de hielos polares. (Acosta Arias, 2006, pág. 96)

CAPITULO IV

RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1.Resultados según objetivo 1

- Analizar los componentes físicos del suelo en las zonas susceptibles.

Análisis Mineralógico

Muestras detalladas con su coordenadas					Análisis mineralógico %					
Zonas	No.	X	Y	Z	Metálicos	Cobre	0.00%	Origen Animal	Lana	8%
Zona de Guaranda	1	725666	9825244	2625		Hierro	0.15%		Seda	0.03%
	2	725321	9826143	2624		Plata	0.00%		Cuero	0.20%
	3	723919	9825594	2630		Plomo	0.01%	Energéticos	Carbón	2%
	4	722009	9823000	2632		Bauxita	0.30%		Petróleo	0%
	5	723320	9823113	2637		Estaño	0.08%		Gas	0.00%
	6	723310	9823793	2581		Zinc	0.03%		Uranio	0.00%
	7	722623	9822628	2679		Oro	0.00%		Plutonio	0.00%
	8	721954	9823904	2679	No Metálicos	Arena	35%	Silicatos	Feldespatos	2%
	9	722031	9824601	2773		Grava	40%		Cuarzos	5%
	10	722570	9824644	2801		Caliza	9%		Micas	3%
	11	723625	9824742	2801		Fosfato	0.50%	No Silicatos	Calcita	2%
	12	722139	9824667	2801		Arcilla	20%		Halita	3%
	13	723005	9824507	2801		Granito	8%		Yeso	2%
	14	722913	9824700	2801		Nitrato	3%			
	15	723209	9825246	2801		Azufre	10%			
	16	722597	9825254	2801		Yodo	0.01%			

	No.	X	Y	Z	Análisis mineralógico %						
						17	723566	9824320	2801		Sal
Zonas del Paramo	18	735540	9830482	4183	Metálicos	Cobre	0.02%	Origen Animal	Lana	0.01%	
	19	728040	9839226	3953		Hierro	4%		Seda	0.01%	
	20	726293	9835437	3950		Plata	0.00%		Cuero	0.20%	
	21	729580	9838069	4150		Plomo	0.00%	Energéticos	Carbón	5%	
	22	728795	9836994	3959		Bauxita	0.10%		Petróleo	0.00%	
	23	732000	9838217	3850		Estaño	0.02%		Gas	0.00%	
	24	734539	9835570	3486		Zinc	0.04%		Uranio	0.00%	
	25	730418	9835420	3486		Oro	0.00%		Plutonio	0.00%	
						No Metálicos	Arena	40%	Silicatos	Feldespatos	5%
							Grava	10%		Cuarzos	15%
							Caliza	10%		Micas	16%
							Fosfato	5%	No Silicatos	Calcita	4%
							Arcilla	30%		Halita	8%
							Granito	10%		Yeso	3%
							Nitrato	0.20%			
							Azufre	0.10%			
						Yodo	0.05%				
						Sal	0.01%				
Zona de las Cochas el Corazón	26	735540	9830482	4183	Metálicos	Cobre	0.02%	Origen Animal	Lana	0.04%	
	27	728795	9836994	3959		Hierro	2%		Seda	0.01%	
	28	728855	9836930	3950		Plata	0.00%		Cuero	0.03%	
	29	729580	9838069	4150		Plomo	0.00%	Energéticos	Carbón	5%	
	30	728759	9836994	3959		Bauxita	0.02%		Petróleo	0.00%	

No.	X	Y	Z	Análisis mineralógico %					
				31	728855	9836930	3950		Estaño
32	730418	9835420	3486		Zinc	0.01%		Uranio	0.00%
33	730418	9835420	3486		Oro	0.00%		Plutonio	0.00%
				No Metálicos	Arena	40%	Silicatos	Feldespatos	2%
					Grava	10%		Cuarzos	7%
					Caliza	10%		Micas	4%
					Fosfato	0.02%	No Silicatos	Calcita	6%
					Arcilla	10%		Halita	3%
					Granito	5%		Yeso	0.09%
					Nitrato	0.03%			
					Azufre	3%			
					Yodo	0.02%			
					Sal	0.01%			

Tabla 11: Resultados del Análisis Mineralógico

Fuente: Análisis Mineralógico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Análisis General

La clasificación del análisis mineralógico en minerales metálicos y no metálicos, permitió obtener resultados detallados en cuanto a los porcentajes de mineral que contiene cada muestra de suelo, por tanto se pudo apreciar que no existe valores altos que incidan en la susceptibilidad que cause algún tipo de movimiento en masa en las zonas.

Análisis Granulométrico

Contiene el análisis granulométrico de agregado fino, donde las partículas son separadas de acuerdo a sus diferentes tamaños, tomando en cuenta que el tamiz N°200 es el que contiene la fracción menor como limo o arcilla.

El análisis granulométrico por tamizado se realizó a las partículas con diámetros superiores a 0,075mm, la masa de suelo retenido pesado en gramos, además se obtuvo un porcentaje retenido y un porcentaje que pasa en cada malla con respecto al total de la muestra.

Muestra No. 1.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	320.2	49.9%	50%
10	2.000	263.2	41.0%	9%
20	0.850	16.3	2.5%	6%
50	0.300	40.7	6.3%	0%
80	0.180	6.8	1.1%	1%
100	0.150	5.6	0.9%	0%
200	0.075	1.7	0.3%	0%
Fondo		0.3	0.0%	
Masa Total		641.2	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	320.2
10	57
20	40.7
50	0.0
80	6.8
100	1.2

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	0.5
Fondo	0.028

Tabla 12: Resultados de Análisis Granulométrico Muestra 1

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

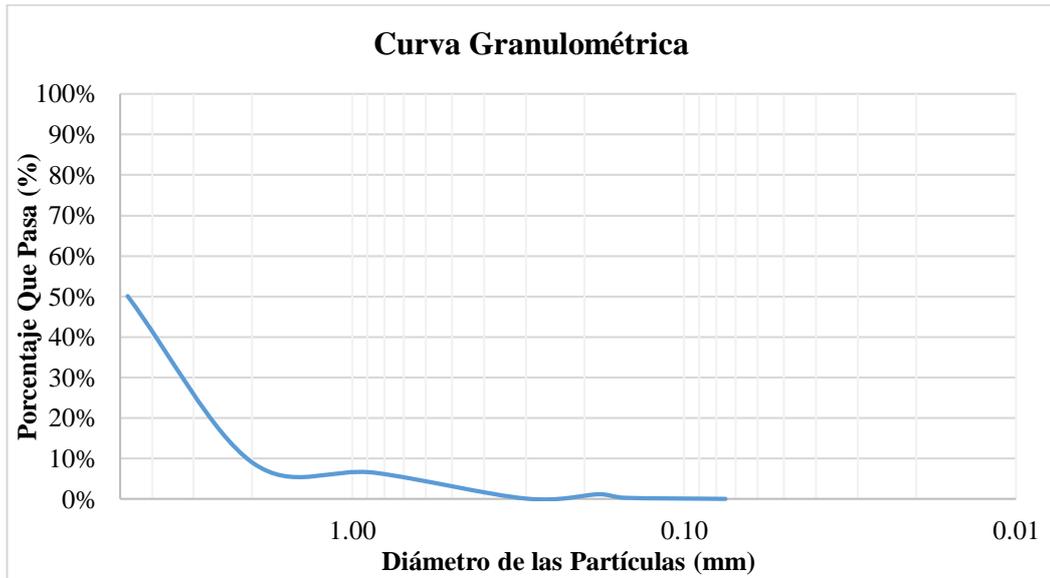


Figura 22: Curva Granulométrica Muestra 1

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 2.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	92.1	50.2%	49.8%
10	2.000	40.1	21.9%	27.9%
20	0.850	-35.1	-19.1%	47.1%
50	0.300	87.1	47.5%	-0.4%
80	0.180	-33.0	-18.0%	17.6%
100	0.150	31.7	17.3%	0.3%
200	0.075	0.5	0.3%	0.0%
Fondo		0.0	0.0%	
Masa Total		183.428	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos.

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	92.1
10	52.0
20	87.1
50	0.0
80	33.01
100	1.3

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	0.5
Fondo	0.028

Tabla 13: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 2

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

La curva granulométrica de la muestra representa los resultados obtenidos, desde el punto de vista de las partículas que lo forman. En el eje de las abscisas podemos observar el porcentaje que pasa y en el eje de las ordenadas el diámetro de las partículas en (mm).

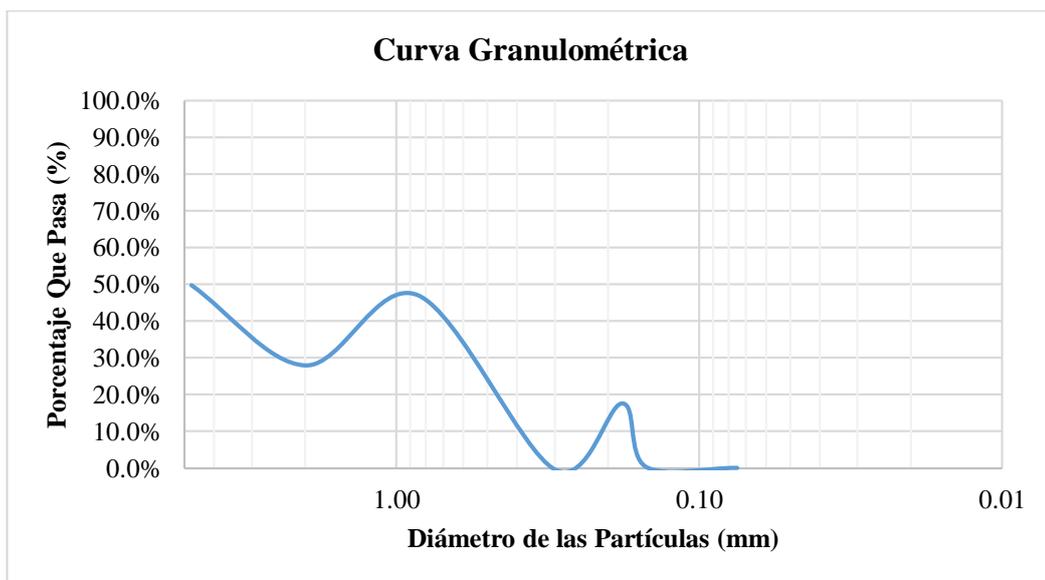


Figura 23: Curva Granulométrica Muestra 2

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 3.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	196.7	49.12%	50.88%
10	2.000	168.5	42.08%	8.81%
20	0.850	28.20	7.04%	1.77%
50	0.300	49.00	12.24%	-10.47%
80	0.180	-49.00	-12.24%	1.77%
100	0.150	0.90	0.22%	1.54%
200	0.075	5.9048	1.47%	0.07%
Fondo		0.2675	0.07%	
Masa Total		400.47	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	196.7
10	28.2
20	0.00
80	49.0
50	0.00
100	0.9

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	5.9048
Fondo	0.2675

Tabla 14: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 3

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

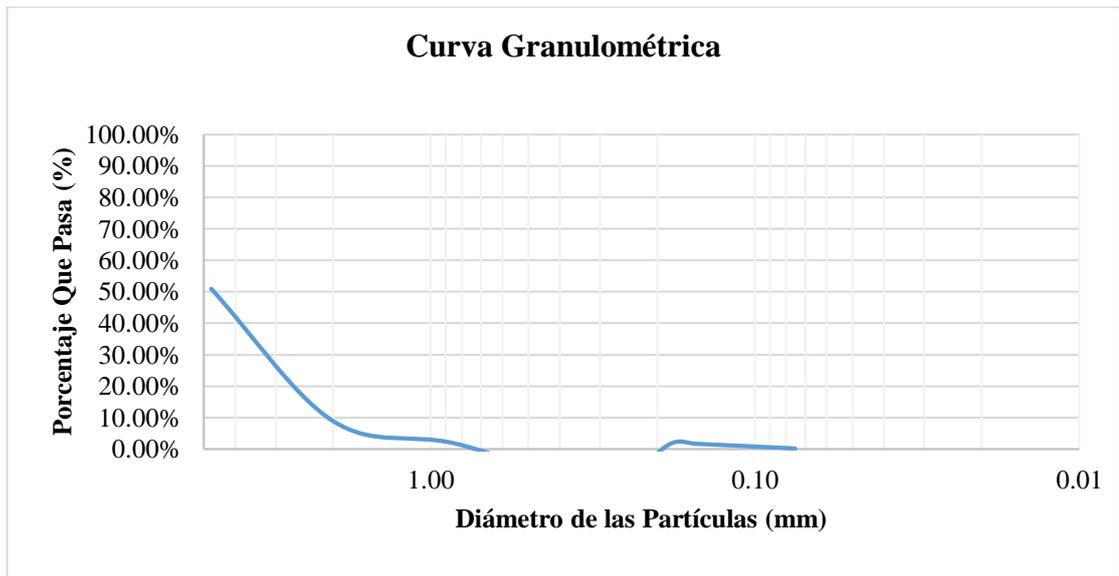


Figura 24: Curva Granulométrica Muestra 3

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 4.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	140.9	41.83%	58.17%
10	2.000	30.6	9.08%	49.09%
20	0.850	71.1	21.11%	27.98%
50	0.300	39.2	11.64%	16.34%
80	0.180	29.70	8.82%	7.52%
100	0.150	24.6	7.30%	0.22%
200	0.075	0.7	0.21%	0.01%
Fondo		0.045	0.01%	
Masa Total		336.85	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	140.9
10	110.3
20	39.2
50	0.00
80	29.7
100	5.1

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	0.7
Fondo	0.045

Tabla 15: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 4

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

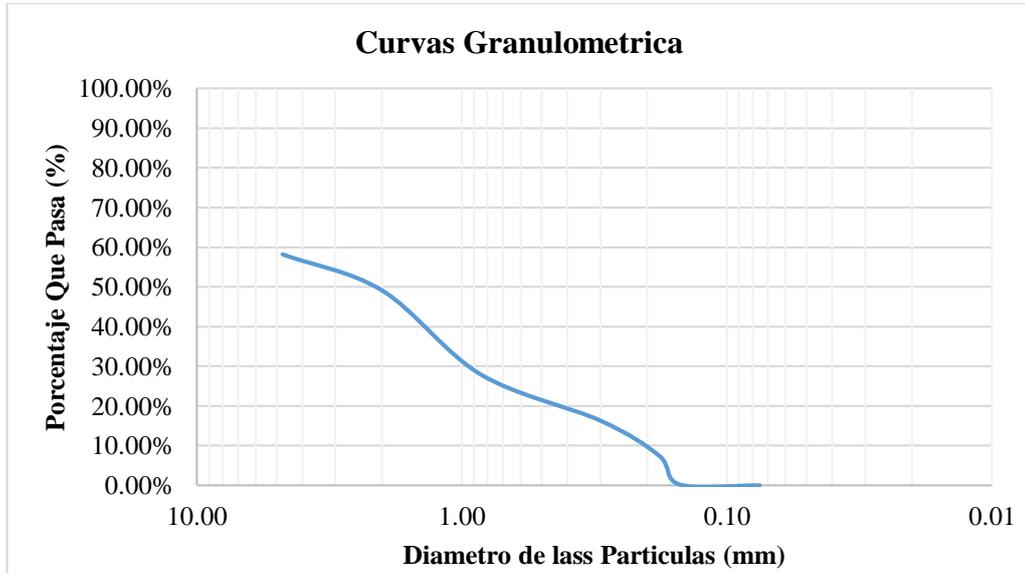


Figura 25: Curva Granulométrica Muestra 4

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 5.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	15.28	42.89%	57.11%
10	2.000	0.02	0.06%	57.06%
20	0.850	15.30	42.94%	14.12%
50	0.300	22.98	64.50%	-50.38%
80	0.180	-22.98	-64.50%	14.12%
100	0.150	2.10	5.89%	8.22%
200	0.075	2.2	6.17%	2.05%
Fondo		0.7299	2.05%	
Masa Total		35.630	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	15.28
10	15.3
20	0.00
80	22.98
50	0.00
100	2.1

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	2.2
Fondo	0.7299

Tabla 16: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 5

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

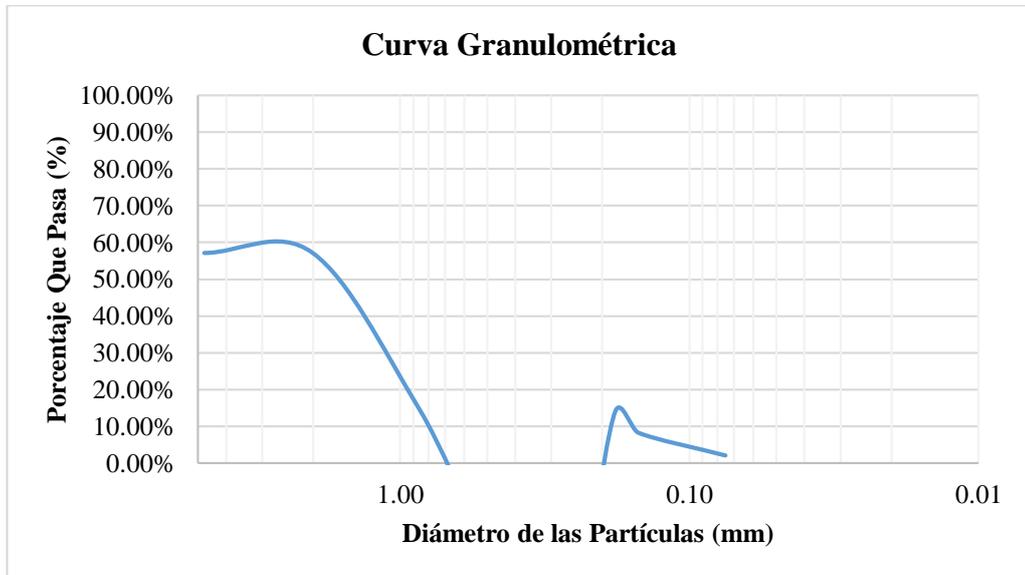


Figura 26: Curva Granulométrica Muestra 5

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 6.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	12.17	9.40%	90.60%
10	2.000	25.33	19.56%	71.04%
20	0.850	31.00	23.94%	47.10%
50	0.300	-6.50	-5.02%	52.12%
80	0.180	34.84	26.90%	25.22%
100	0.150	-13.34	-10.30%	35.52%
200	0.075	36.4	28.11%	7.41%
Fondo		9.6	7.41%	
Masa Total		129.5	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	12.17
10	37.5
20	6.5
50	0.00
80	34.84
100	21.5

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	36.4
Fondo	9.6

Tabla 17: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 6

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

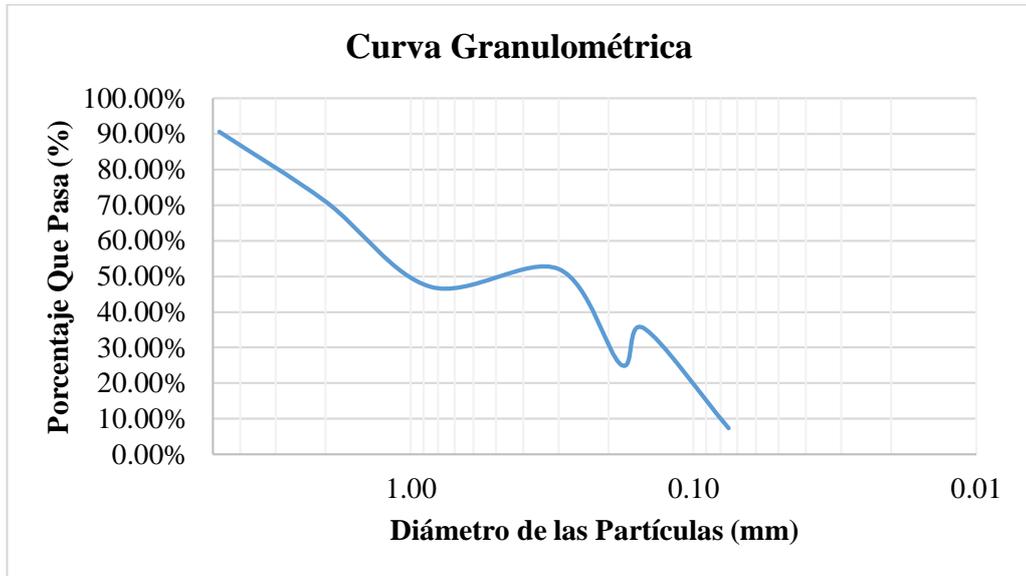


Figura 27: Curva Granulométrica Muestra 6

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 7.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	3.20	2.79%	97.21%
10	2.000	53.80	46.86%	50.35%
20	0.850	16.3	14.20%	36.15%
50	0.300	40.7	35.45%	0.70%
80	0.180	-6.8	-5.92%	6.62%
100	0.150	5.6	4.88%	1.74%
200	0.075	1.7	1.48%	0.26%
Fondo		0.3	0.26%	
Masa Total		114.8	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	3.20
10	57.00
20	40.70
50	0.00
80	6.80
100	1.20

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	1.7
Fondo	0.3

Tabla 18: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 7

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

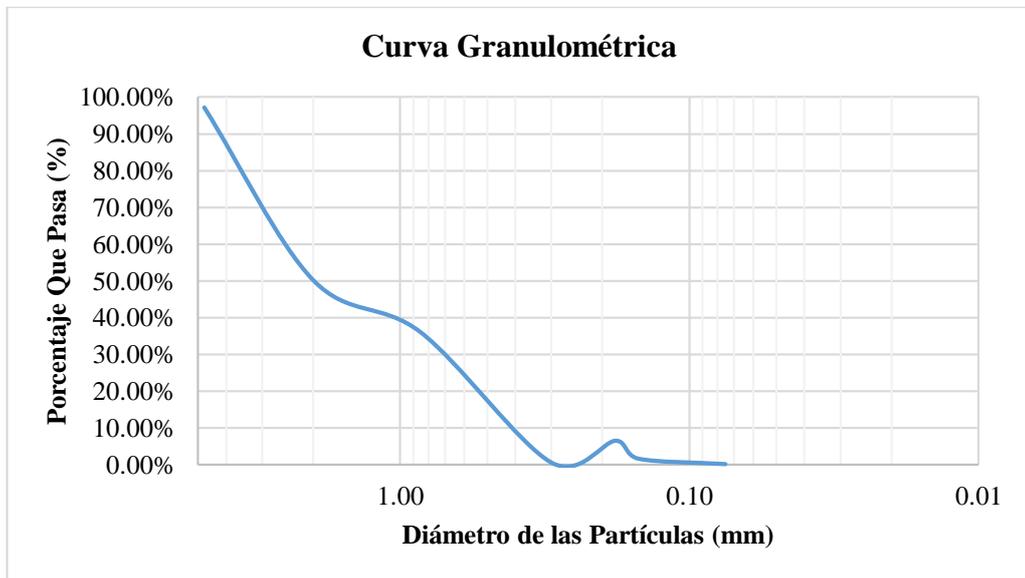


Figura 28: Curva Granulométrica Muestra 7

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 8.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	27.82	13.5%	86.5%
10	2.000	9.22	4.5%	82.1%
20	0.850	75.50	36.5%	45.5%
50	0.300	94.10	45.5%	0.0%
80	0.180	-21.59	-10.4%	10.4%
100	0.150	21.59	10.4%	0.0%
200	0.075	0.00	0.0%	0.0%
Fondo		0.00	0.0%	
Masa Total		206.64	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	27.82
10	18.6
20	94.1
50	0.00
80	21.59
100	0.00

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	0.00
Fondo	0.00

Tabla 19: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 8

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

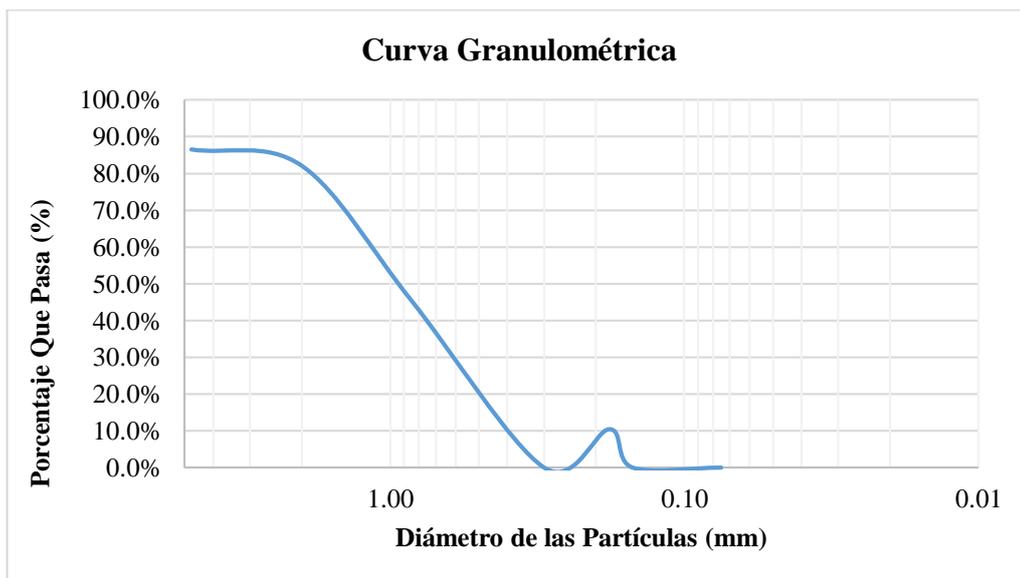


Figura 29: Curva Granulométrica Muestra 8

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuena del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 9.

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	11.48	20.0%	79.97%
10	2.000	15.02	26.2%	53.75%
20	0.850	14.98	26.1%	27.61%
50	0.300	11.52	20.1%	7.50%
80	0.180	-24.34	-42.5%	49.98%
100	0.150	22.94	40.0%	9.95%
200	0.075	4.4	7.7%	2.27%
Fondo		1.3	2.3%	
Masa Total		57.3	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	11.48
10	26.5
20	11.52
50	0.00
80	24.3
100	1.4

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	4.4
Fondo	1.3

Tabla 20: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 9

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

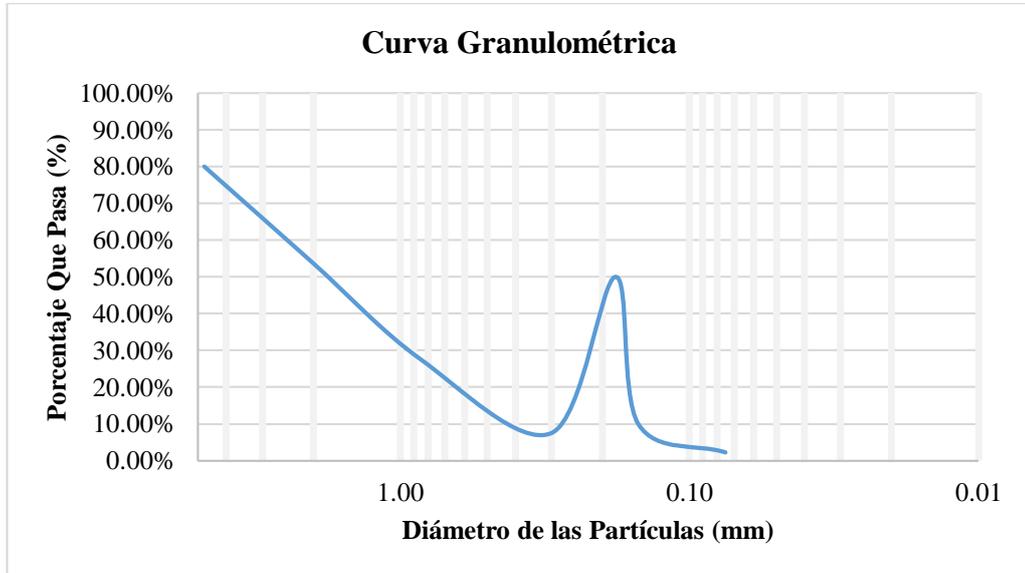


Figura 30: Curva Granulométrica Muestra 9

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Muestra No. 10

No. Tamiz	Diámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Que Pasa
4	4.75	59.7	8.14%	91.86%
10	2.000	45.0	6.13%	85.73%
20	0.850	14.7	2.00%	83.72%
50	0.300	0.0	0.00%	83.72%
80	0.180	292.9	39.93%	43.79%
100	0.150	278.3	37.94%	5.85%
200	0.075	24.1	3.29%	2.56%
Fondo		18.8	2.56%	
Masa Total		733.5	100%	

A continuación, se muestra el peso acumulado de la muestra tamizada en sus diferentes tamaños en gramos

No. Tamiz	Peso (Acumulado en Gramos)
4	59.7
10	14.7
20	0.00
50	0.00
80	292.9
100	14.6

La siguiente tabla muestra el peso en gramos de las partículas más finas de la muestra.

No. Tamiz	Peso (gramos)
200	24.1
Fondo	18.8

Tabla 21: Resultados del Análisis Granulométrico Muestra 10

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

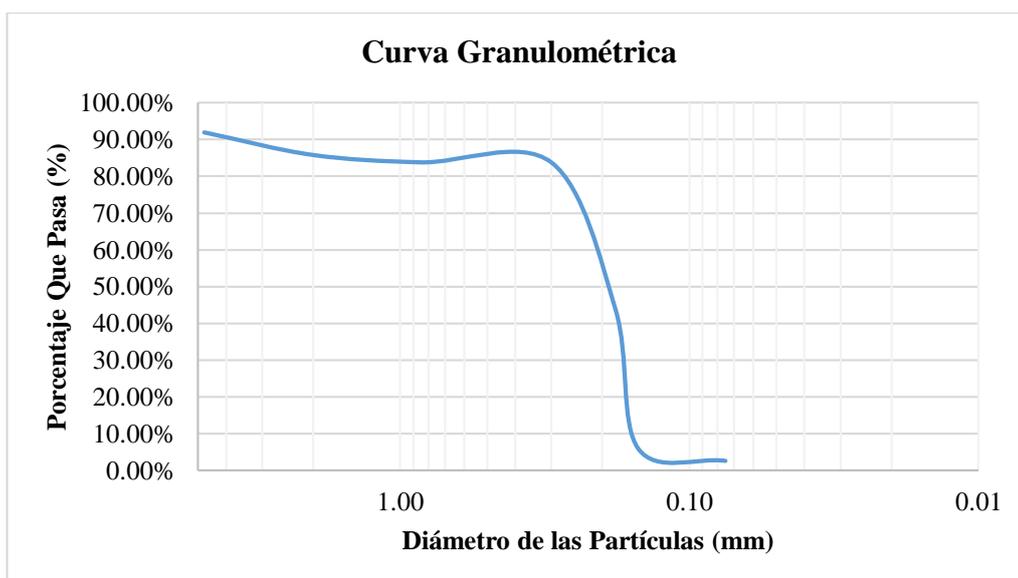


Figura 31: Curva Granulométrica Muestra 10

Fuente: Análisis Granulométrico Muestras de Suelo Microcuenca del Illangama.

Elaborado por: Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Análisis General

De las muestras de suelo procesadas se obtuvieron los siguientes resultados.

- **Zona de Guaranda**, tiene un 70% de suelo Permeable, un 30% impermeable, un 48% de cohesión, un 63% de capilaridad y un 80% que se considera de fácil drenaje.
- **Zona del Páramo**, tiene un 40% de permeabilidad, un 60% de impermeabilidad, un 30% de cohesión, un 70% de capilaridad y un 60% que se considera de medio drenaje.
- **Zona de las cochas el Corazón**, tiene un 80% de permeabilidad, un 20% de impermeabilidad, un 30% de cohesión, un 50% de capilaridad y un 70% que se considera de fácil drenaje.

Análisis hidráulica de suelo

Después del procedimiento que contempla el análisis hidráulico se obtuvo lo siguiente

- En la zona de Guaranda tenemos que la permeabilidad es $k=1.60 \cdot 10^{-6}$ cm/s esto nos quiere decir que la zona es alto riesgo en deslizamiento porque tiene una permeabilidad que cuando existe una precipitación de 24 horas el suelo se satura y provocan cualquier tipo de movimiento en masa.
- En la zona del Páramo el cálculo fue de $k=1.25 \cdot 10^{-9}$ cm/s esto nos quiere decir que es medio en riesgo en deslizamiento gracias a su porosidad el agua demora a pasar en el suelo.
- En la zona de las Cochas el Corazón su permeabilidad es $k=1.40 \cdot 10^{-6}$ cm/s que equivale alto riesgo en deslizamiento su porosidad es abierta que es fácil que el agua pase y provoque movimiento en masas que afecten a la naturaleza y las personas que viven al alrededor.

SITIOS	MUESTRA	X	Y	Z	PH	DESCRIPCION
CASCO URBANO	1	723310	9823793	2581	5.81	ACIDO
	2	725321.33	9826143.3	2624	2.12	MUY ACIDO
	3	725666.29	9825244.2	2625	2.14	MUY ACIDO
	4	723919.24	9825594.7	2630	4.28	MUY ACIDO
	5	722009	9823000	2632	5.68	ACIDO
	6	723320.36	9823113	2637	6.03	ACIDO
	7	722623.34	9822628.9	2679	5.78	ACIDO
	8	721954.64	9823904.5	2679	6	ACIDO
	9	722031	9824601	2773	6.3	ACIDO
	10	722570.91	9824644.8	2801	6.18	ACIDO
	11	723625.77	9824742.2	2801	5.89	ACIDO
	12	722139.37	9824667.1	2801	6.18	ACIDO
	13	723005.17	9824507.7	2801	5.81	ACIDO
	14	722913.13	9824700.9	2801	6.05	ACIDO
	15	723209.62	9825246.8	2801	6.22	ACIDO
	16	722597.01	9825254.7	2801	6.49	ACIDO
	17	723566.97	9824320	2801	5.64	ACIDO
	18	734539.16	9835570.7	3486	5.82	ACIDO

LAS COCHAS EL CORAZON	MUESTRA	X	Y	Z	PH	DESCRIPCIÓN
	19	730418	9835420	3486	7.36	NEUTRO
	20	732000.66	9838217.2	3850	5.28	MUY ACIDO
	21	726293.83	9835437.7	3950	5.89	ACIDO
	22	728855	9836930	3950	5.86	ACIDO
	23	728040.97	9839226.2	3953	5.81	ACIDO
PARAMO	24	728795	9836994	3959	5.86	ACIDO
	25	728759	9836994	3959	6.11	ACIDO
	26	729580	9838069	4150	6.11	ACIDO
	27	735540	9830482	4183	6.06	ACIDO

4.2.Resultados según objetivo 2

- Determinar y ponderar los factores desencadenantes y condicionantes de deslizamientos.

Factor	Indicador	Escala		Ponderación		MAPA
				Cualitativo	Peso	
FACTORES DESENCADENANTES	Pendiente	De 0% a 15%	Ligeramente inclinado	Muy Bajo	1	Anexo N° 1 Mapa de Pendientes
		De 15% a 30%	Fuertemente inclinado	Bajo	2	
		De 30% a 50%	Escarpado	Medio	3	
		De 50% a 70%	Precipicio	Alto	4	
		≥ 70%	Vertical	Muy Alto	5	
	Litológico	Flujos de lava y piroclastos andesíticos a riolíticos	Bajo	2	Anexo N° 2 Mapa Litológico	
		Lavas andesíticas a riolitas, piroclásticos	Moderado	3		
		Piroclastos, lahares, flujos de lava	Bajo	2		
	Geomorfológico	Nieve	Alto	4	Anexo N° 3 Mapa Geomorfológico	
		Colinas medianas	Moderado	3		
		Pie de monte coluvial	Moderado	3		
		Superficies de aplanamiento	Moderado	3		
		Relieve escarpado	Alto	4		
		Relieve montañoso	Alto	4		

Factor	Indicador	Escala	Ponderación		MAPA
			Cualitativo	Peso	
FACTORES DESENCADENANTES	Geomorfológico	Talud de derrubios	Moderado	3	Anexo N° 3 Mapa Geomorfológico
		Valles encañonados	Alto	4	
		Vertientes, convexas, cóncavas, irregulares	Muy alto	5	
		Zonas urbanas	Alto	4	
	Cobertura vegetal	Bosque Siempre verde Montano Alto	Bajo	1	Anexo N° 4 Mapa Cobertura Vegetal
		Bosque de Neblina Montano	Moderado	3	
		Paramo Herbáceo	Bajo	2	
		Paramo Seco	Muy alto	5	
		Zona Poblada	Muy alto	5	
	Uso de suelos	Área susceptible erosión	Muy alto	5	Anexo N° 5 Mapa Uso de Suelos
		Banco arena_sal	Moderado	3	
		Bosque n_p intervenido	Moderado	3	
		Cultivos	Alto	4	
Paramo		Moderado	3		
Pastos cultivos		Alto	4		
Zona poblada		Alto	4		
Vegetación Arbustiva	Moderado	3			

Tabla 22: Indicadores para la Gestión de Riesgos

Fuente: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos **Elaborado por:** Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

Factor	Indicador	Escala	Ponderación		MAPA
			Cualitativo	Peso	
FACTORES EXTERNOS	Sismicidad	Muy Alta Intensidad	Muy alto	5	Anexo N° 6 Mapa Sismicidad
	Precipitación	250 – 500 mm	Bajo	1	Anexo N° 7 Mapa de Precipitaciones
		500 – 750 mm	Bajo	1	
		750 – 1000 mm	Bajo	1	
		1000 – 1250 mm	Bajo	1	

Tabla 23: Factores Externos Mora Varhson

Fuente: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos **Elaborado por:** Karla Alejandra Benavides Ocampo y Renato Gabriel Domínguez Paredes

4.3.Resultados según objetivo 3

Identificar las zonas susceptibles ante deslizamientos.

Nivel de Susceptibilidad Baja (0 – 30)

- Guanujo
- Chaquishca
- Sector del Parque Industrial

Nivel de Susceptibilidad Media (31 – 60)

- Ciudadela Los Trigales
- Ciudadela Primero de Mayo
- Sector Negroyacu
- Universidad Estatal de Bolívar
- Vinchoa

Nivel de Susceptibilidad Alta (> 60)

- Centro Histórico de Guaranda
- Barrio Fausto Bazantes
- Barrio Marcopamba
- Av. Elisa Mariño de Carvajal y sus alrededores

Esta información se encuentra en el Anexo N° 8 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD ANTE DESLIZAMIENTOS MICROCUENCA DEL ILLANGAMA 2015

4.4.Resultados según objetivo 4

Establecer estrategias de mitigación ante deslizamientos.

El presente estudio es la base de la identificación de las zonas potencialmente inestables.

- Elaborar boletines técnicos e informativos.
- Identificar las zonas de deslizamiento cercanas a nuestra vivienda.
- Preparar un plan familiar para responder adecuadamente ante un deslizamiento.
- Establecer vías de evacuación.
- Si ocurre un deslizamiento en una ladera en la parte superior de la microcuenca, informar inmediatamente a las autoridades, ya que existe probabilidad de una avalancha.
- Formar comités de Gestión de Riesgos.
- Sembrar árboles en las faldas de las montañas.
- Construir las viviendas en zonas seguras o reubicación de viviendas en las zonas de riesgo potencial.
- Tratamiento de taludes.
- Elaboración y actualización de censos en las zonas de riesgo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones

- Después del análisis de laboratorio realizado en base a parámetros como la mineralogía, hidrología y granulometría del suelo, es notorio que la zona de la microcuenca del Illangama presenta altos índices de susceptibilidad a deslizamientos, por componentes de la geología, usos de suelo y precipitación que influyen al mismo.
- La metodología Mora Vahrson permitió determinar las amenazas por deslizamiento en la microcuenca del Illangama, a través de la observación y medición de factores condicionantes y desencadenantes que permitieron obtener la susceptibilidad de ocurrencia.
- Se identificó al casco urbano de la ciudad de Guaranda como altamente susceptible, principalmente en su centro histórico, de la misma forma podemos manifestar que las zonas con menor riesgo son Guanujo y el sector de Chaquishca.
- Las principales estrategias de mitigación están vinculadas directamente con el desarrollo de la ciudadanía y su cuidado.

5.2.Recomendaciones

- El estudio de suelos basada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción debe ser obligatoria para la realización de cualquier tipo de proyecto dentro de la Microcuenca del Illangama.
- La aplicación de nuevas metodologías para la mitigación ante deslizamientos en la academia permitirá a los estudiantes desarrollar y desenvolverse en el campo laboral, experimental e investigativo.
- La Universidad Estatal de Bolívar, específicamente la carrera de Administración para Desastres y Gestión de Riesgos deberá crear una unidad especializada en análisis de riesgos ante movimientos en masa conjuntamente entre docentes y estudiantes, para que sean soporte de estudio real en los lugares determinados como vulnerables ante este tipo de eventos.
- La capacitación a la ciudadanía, principalmente en las zonas determinadas como vulnerables, permitirá proveer de medidas de prevención entre la población y las autoridades ante posibles deslizamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- (2013). En N. Hudson, *Conservación del suelo* (pág. 337). Barcelona: Reverté S.A.
- Acosta Arias, E. (2006). *Estudio geomorfológico y estimación de la susceptibilidad a flujos de derrubios y desprendimiento de rocas en el valle de Benasque*. Zaragoza.
- Acosta, E., Ocampo, C., & García, G. (2012). *CREACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO PARA PREDECIR LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA DE LA MICRO-CUENCA DEL ILLANGAMA (GUARANDA, BOLIVAR, ECUADOR)*. Guaranda.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito.
- Bolívar, G. A. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia Bolívar*. Guaranda.
- Cacoango, J. (2014). *MODELAMIENTO DE LA MICROCENCA DEL RÍO ILLANGAMA CON LA UTILIZACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL "SWAT". BOLÍVAR*. Quito.
- Cañadas, L. (1985). *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Cárdenas, F. M., & Barrera, V. H. (2007). *Manejo de recursos naturales basado en cuencas hidrográficas en agricultura en pequeña escala: El caso de la subcuenca del Río Chimbo*. Guaranda: Virginia Tech.
- Chivatá Cárdenas, I. (2008). Estimación de la susceptibilidad ante deslizamientos: aplicación de conjuntos difusos y las teorías de la posibilidad y de la evidencia. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 28, 26-40.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (Segunda Edición ed.). Madrid, Madrid, España: Ediciones RIALP S.A.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). *Landslides types and processes*. Washington: Turner y Schuster.
- De Matties, A. (2003). *Estabilidad de Taludes*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- Dietrich, W. E. (1986). 16th Annual geomorphology Symposium. *Hollows, Colluvium and Landslides in Soil-Mantled landscapes*. (págs. 361-388). Winchester: A. Abraham.
- Duque - Escobar, G. (2006). *Introducción a la Geología*. Manizales: SMP - Manizales.
- Equipos y Laboratorio de Colombia. (Marzo de 2014). *Equipos y Laboratorio de Colombia*. Obtenido de http://equiposylaboratorios.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1249
- Fleming, R. W., & Ellen, S. D. (1987). Mobilization of Debris flows from soil slips, San Francisco bay region. In *Debris flows/avalanches: Process, Recognition, and Mitigation* (págs. 31-40). Boulder Colorado: J.E. Costa and G.F. Wieczorek.
- Freile, J. (2010). *Reserva de Producción Faunística Chimborazo*. Quito.
- González de Vallejo, L. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación S. A.

- Grupo GEMMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas*. British Columbia: Servicio Geológico de Canadá.
- Gutiérrez, M. d., & Ortiz Solorio, C. A. (2006). *Claves para la taxonomía de suelos* (10 ed.). Texcoco estado de México: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Conservación de Recursos Naturales.
- Huttel, C., Zebrowski, C., & Gongard, P. (1999). *Paisajes Agrarios del Ecuador*. Quito: IPGH.
- Larousse S.A. (2002). *Enciclopedia del Estudiante* (Vol. 3). Santiago, Chile: Larousse.
- Mena Vásconez, P., & Balslev, H. (1986). *Comparación entre la vegetación de los páramos y en el cinturón afro alpino* (Vol. 12). Zelandia: DK Reports.
- Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados. (2011). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Mora, S., & Vahrson, W.-G. (1993). Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. *Memoria del primer simposio sobre sensores remotos y sistemas de información geográfica para el estudio de riesgos naturales*, 259 - 273.
- Muñoz, L., Balslev, H., & de Vries, T. (1985). Diversidad de la vegetación en cuatro cuadrantes en el páramo pajonal del Antisana. *Revista del museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales*, 21-33.
- Navarro Vidal, J. (2012). *Susceptibilidad y Amenaza de Movimientos de Ladera Mediante SIG en el Municipio de Berlín, El Salvador*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Nicholson, D. T., & Hencher, S. R. (1997). Assessing the potential for deterioration of engineered rock slopes. *Proceedings of the IAEG symposium*, (págs. 911-917). Atenas.
- ORSTROM Office de la Recherche Scientifique et Technique outre mer. (1978). *Mapa de suelos por Regionalización Ecuador*. Martinique, Francia: Centre des Antillwa Bureau des Sols.
- Pardo Pascual, J. E. (2010). *Introducción a la Geografía Física*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Pardo Pascual, J. E. (2013). *Introducción a la Geografía Física*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Peña, S., & Calles, J. (2006). *Diagnóstico preliminar en las microcuencas del río Alumbre y río Illangama, Provincia Bolívar*. Quito.
- Plaza Diez, O. (2006). *Geología Aplicada*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Pons, X. (Junio de 2009). Landsat 8, Novedades y Posibilidades. Barcelona, Catalunya, España: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Real Academia Española. (6 de Julio de 2016). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?w=diccionario>
- Sánchez San Román, J. (2014). *Ley de Darcy*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Santillana S.A. (2005). *Enciclopedia del Estudiante* (Vol. 5). Lima, Perú: Ediciones Santillana.
- Secretaria de Gestión de Riesgos. (Octubre de 2013). *Secretaria de Gestión de Riesgos*. Obtenido de www.gestionderiesgos.gob.ec

- Sidle, R. C. (1985). *Hillslope stability and land use*. Washington D.C.: American Geophysical union.
- Skempton, A., & Hutchinson, J. (1969). *Stability of natural slopes and embankment foundations, in: Proceedins or the Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Ciudad de México: State of the Art Volume.
- Solís Chávez, C. (2004). *Mecánica de Suelos*. Lima.
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Pearson Educación S. A. .
- Turner, A. K. (1996). *Colluvium and talus. Landslides investigation and mitigation*. Washington D.C: National research council.
- Varnes, D. J. (1975). *Slope movements in the Western United States*. Norwich : Geo Abstracts.
- Varnes, D. J. (1978). *Slope movement type and processes*. Washington: Schuster y Krizek.
- Wikipedia. (2016). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org>
- Winckell, A., Zebrowski, C., & Sourdat, M. (1997). *Los paisajes naturales del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador: Natura.

ANEXOS

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO	
Tema: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICROCUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.	
Contiene: MAPA DE PENDIENTES MICROCUENCA ILLANGAMA 2015	
Realizado por: Benavides Ocampo Karla Alejandra Dominguez Paredes Renato Gabriel	Fuente: Cartografía Base Instituto Geográfico Militar
Fecha: Octubre 2016	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Proyección Universal Transversa de Mercator UTM Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial WGS 1984 Zona 17 Sur Escala: 1:90000	



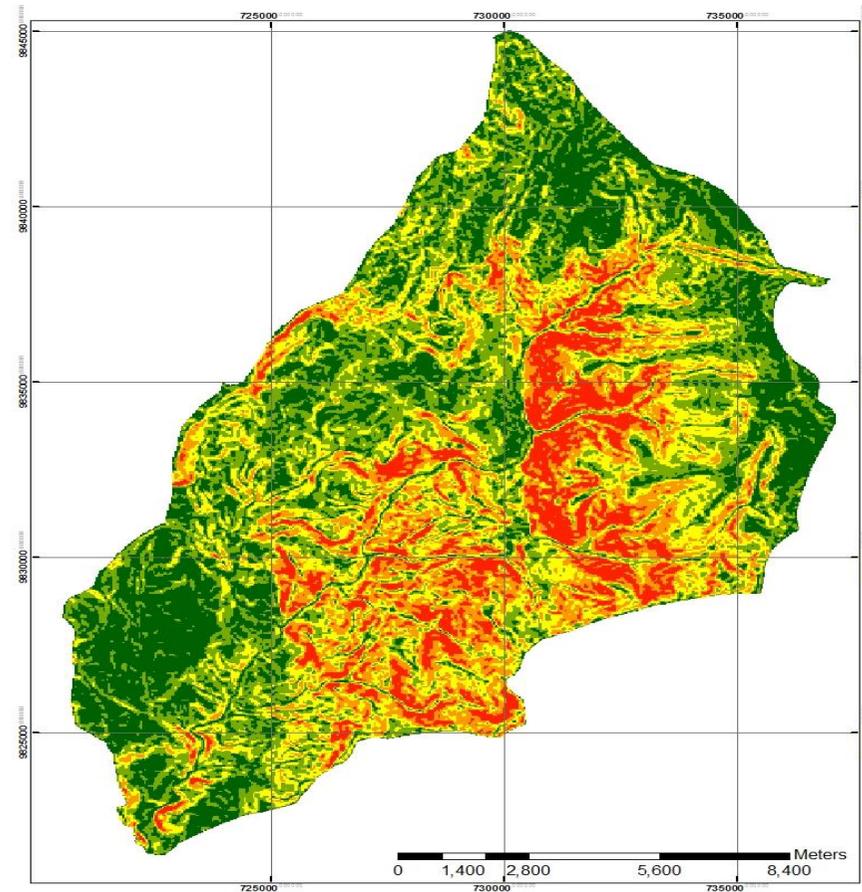
Leyenda

Pendientes

Clase

- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA BOLÍVAR



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Tema: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICROCUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.

Contiene: MAPA LITOLÓGICO MICROCUENCA ILLANGAMA 2015

Realizado por:

Benavides Ocampo Karla Alejandra
 Domínguez Paredes Renato Gabriel

Fuente:

Cartografía Base Instituto Geográfico Militar

Fecha: Octubre 2016

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial
 WGS 1984
 Zona 17 Sur
 Escala: 1:90000

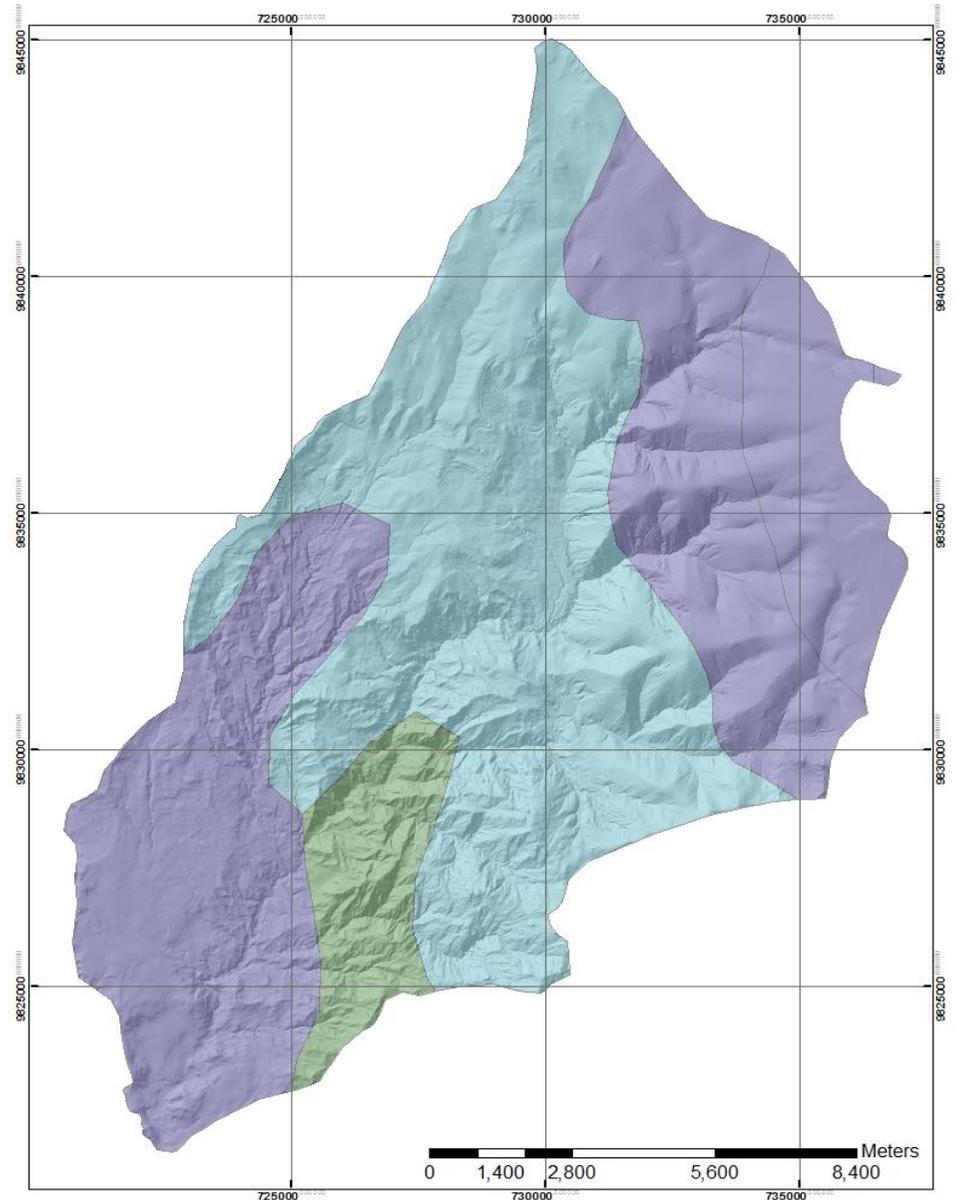
UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA BOLÍVAR



Leyenda

LITOLOGIA

-  Flujos de lava y piroclastos andesíticos a riolíticos
-  Lavas andesíticas a riolíticas, piroclastos
-  Piroclastos, lahares, flujos de lavas



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Tema: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICROCUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.

Contiene: MAPA GEOMORFOLÓGICO MICROCUENCA ILLANGAMA 2015

Realizado por:

Benavides Ocampo Karla Alejandra
 Domínguez Paredes Renato Gabriel

Fuente:

Cartografía Base Instituto Geográfico Militar

Fecha: Octubre 2016

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

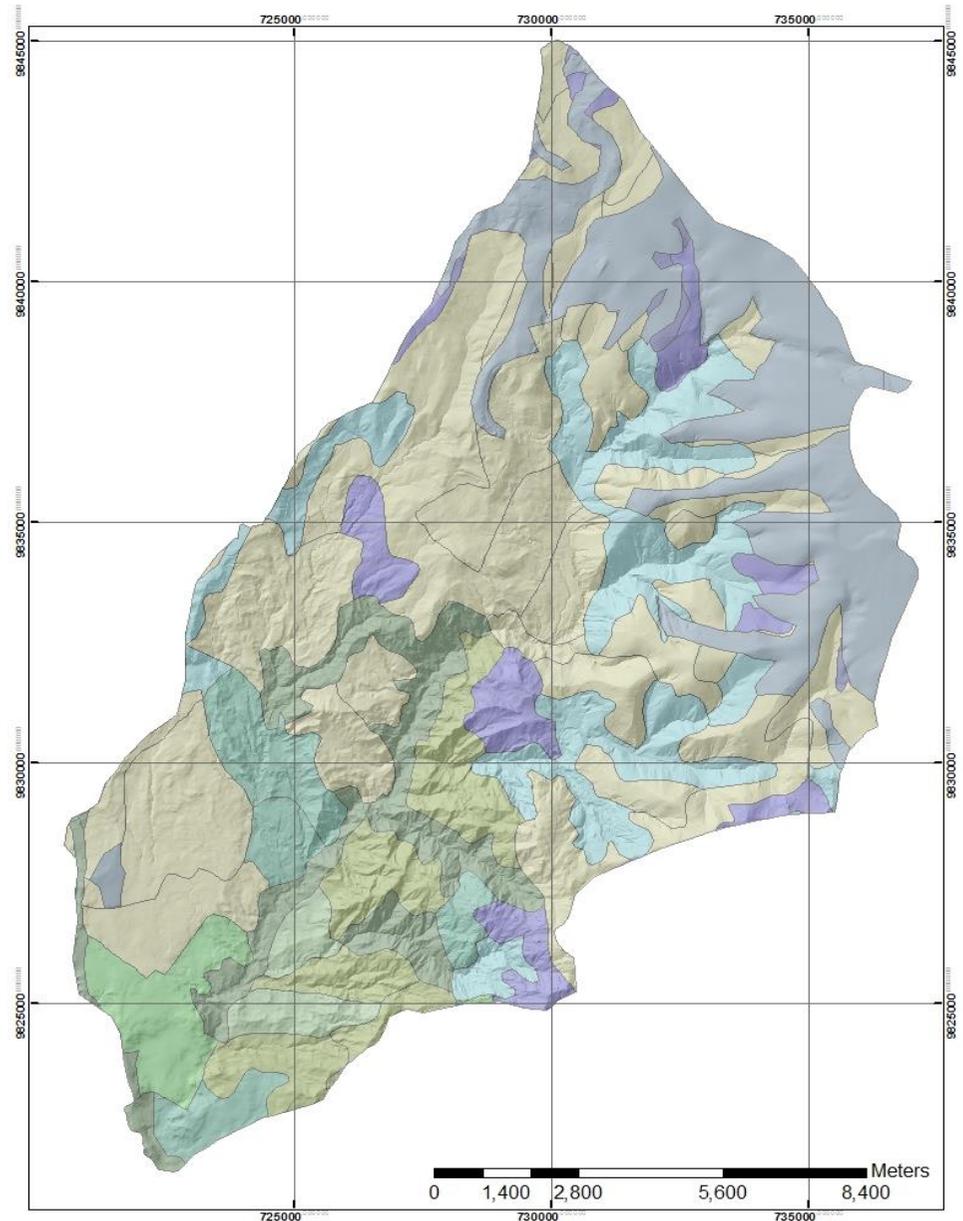
Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial
 WGS 1984
 Zona 17 Sur
 Escala: 1:90000



Leyenda

- Colinas medianas
- Nieve
- Piedemonte coluvial
- Relieve escarpado
- Relieve montañoso
- Superficies de aplanamiento
- Talud de derrubios
- Valles encañonados
- Vertientes convexas
- Vertientes cóncavas
- Vertientes irregulares
- Zonas Urbanas

UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA BOLÍVAR



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Tema: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICROCUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.

Contiene: MAPA DE COBERTURA VEGETAL MICROCUENCA ILLANGAMA 2015

Realizado por:

Benavides Ocampo Karla Alejandra
 Domínguez Paredes Renato Gabriel

Fuente:

Cartografía Base Instituto Geográfico Militar

Fecha: Octubre 2016

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial
 WGS 1984
 Zona 17 Sur
 Escala: 1:90000



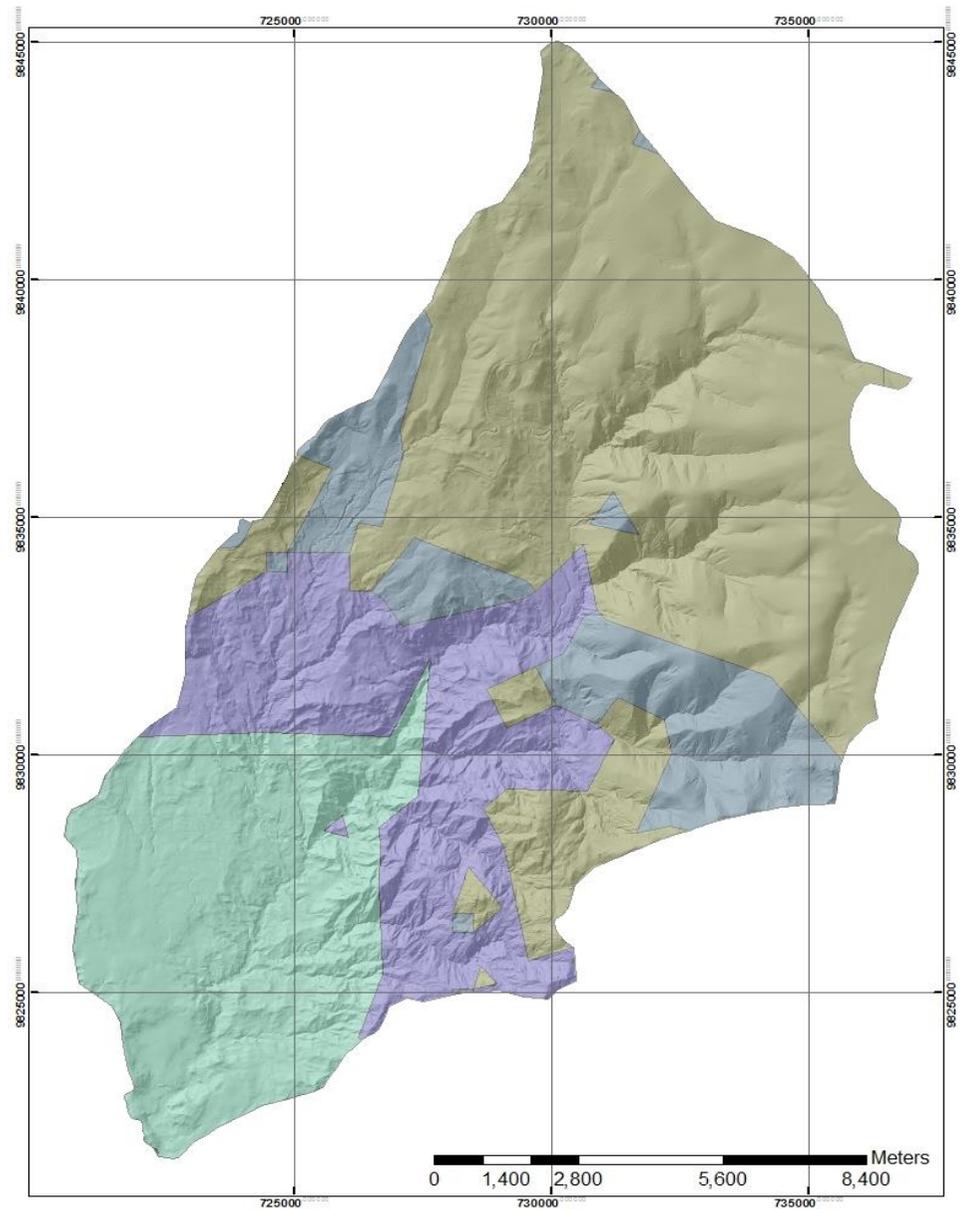
UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA BOLÍVAR



Leyenda

VEGETACION

-  Bosque Siempreverde Montano Alto
-  Bosque de Neblina Montano
-  Paramo Herbaceo
-  Paramo Seco



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Tema: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICROCUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.

Contiene: MAPA DE USO DE SUELOS MICROCUENCA ILLANGAMA 2015

Realizado por:

Benavides Ocampo Karla Alejandra
 Domínguez Paredes Renato Gabriel

Fuente:

Cartografía Base Instituto Geográfico Militar

Fecha: Octubre 2016

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial
 WGS 1984
 Zona 17 Sur
 Escala: 1:90000

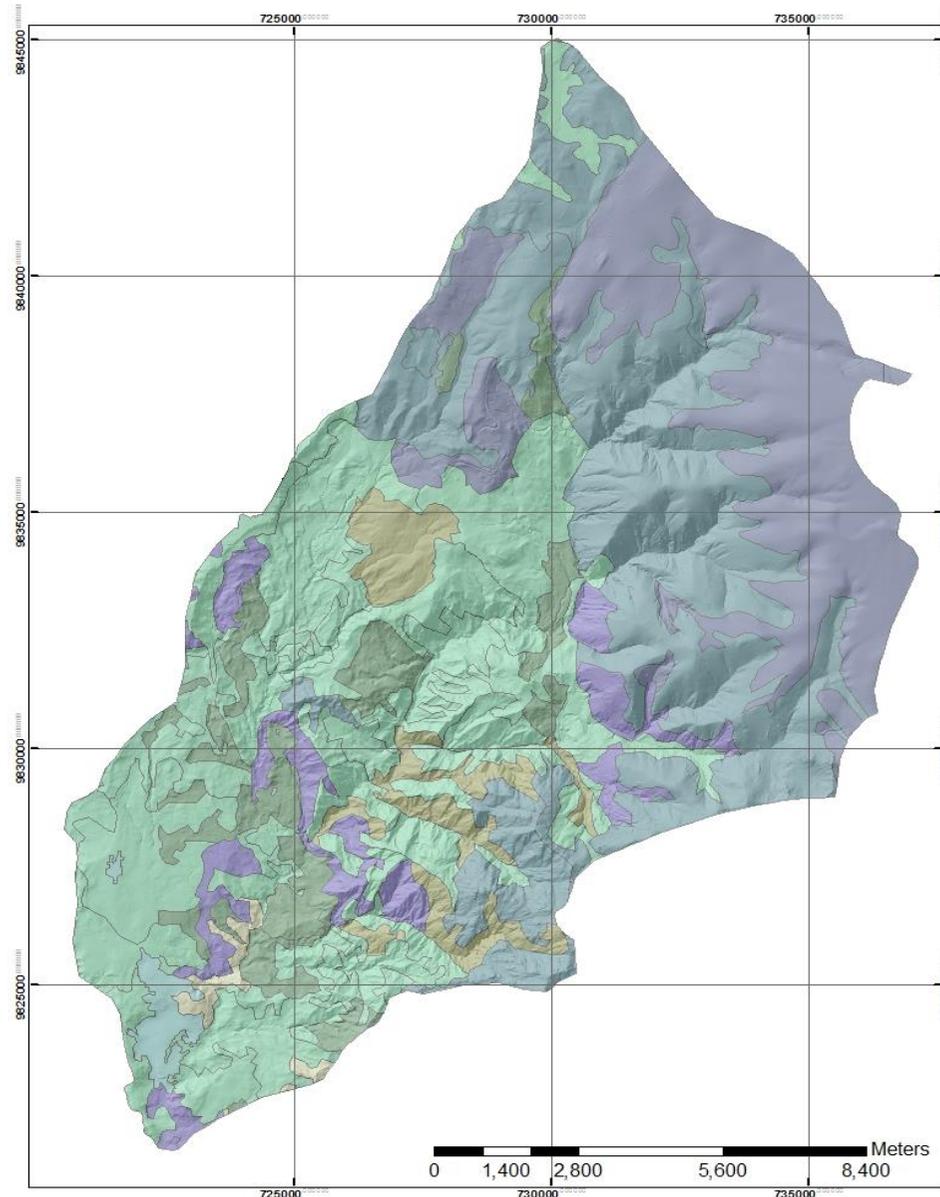


Leyenda

Descripción

- Área susceptible a erosión
- Banco arena_sal
- Bosque n_p intervenido
- Cultivos
- Paramo
- Pasto cultivado
- Pasto natural
- Urbano
- Vegetación arbustiva

UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA BOLÍVAR



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Tema: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICROCUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.

Contiene: MAPA SISMICIDAD MICROCUENCA ILLANGAMA 2015

Realizado por:

Benavides Ocampo Karla Alejandra
 Domínguez Paredes Renato Gabriel

Fuente:

Cartografía Base Instituto Geográfico Militar

Fecha: Octubre 2016

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial
 WGS 1984
 Zona 17 Sur
 Escala: 1:90000

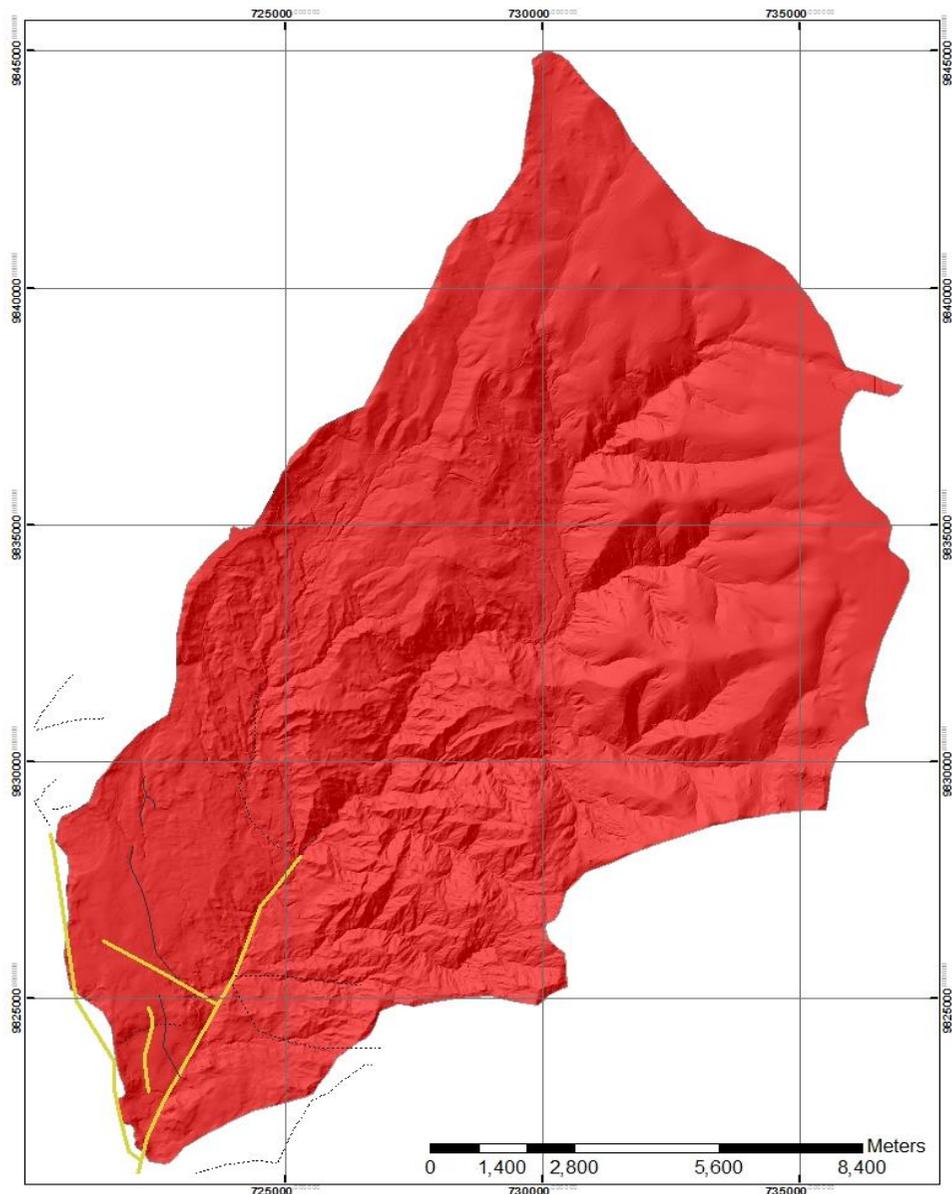


UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA BOLÍVAR



Leyenda

- Zona de Muy Alta Intensidad Sísmica
- DESCRIPCIÓN**
- ESTRUCTURA ESCALONADA
- FALLA DEFINIDA (ESTRUCTURAL)
- FALLA INFERIDA



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Tema: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICROCUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.

Contiene: MAPA DE PRECIPITACIONES MICROCUENCA ILLANGAMA 2015

Realizado por:

Benavides Ocampo Karla Alejandra
 Domínguez Paredes Renato Gabriel

Fuente:

Cartografía Base Instituto Geográfico Militar

Fecha: Octubre 2016

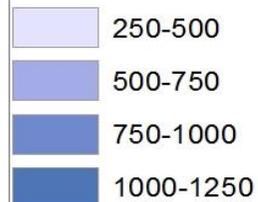
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial
 WGS 1984
 Zona 17 Sur
 Escala: 1:90000

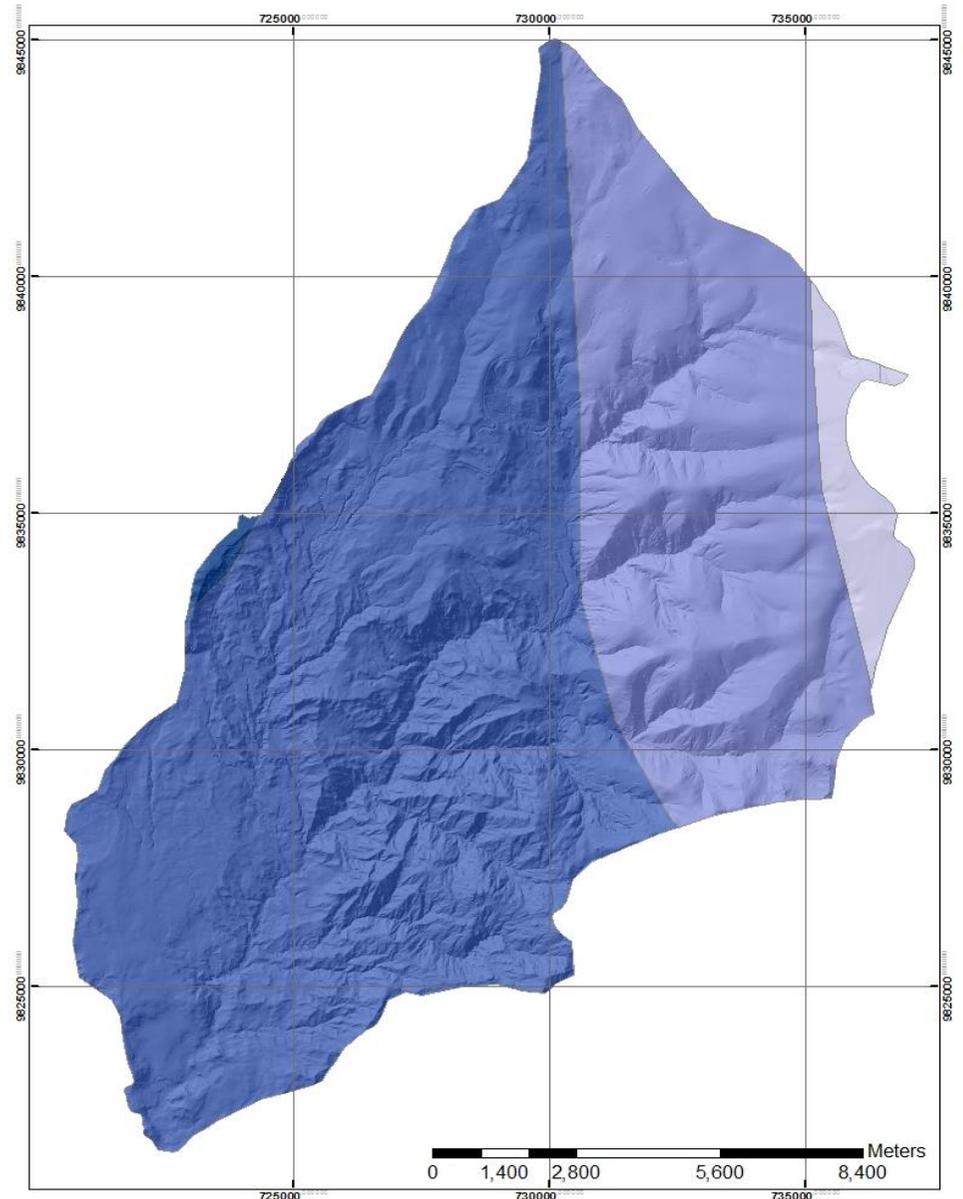


Leyenda

Rango mm



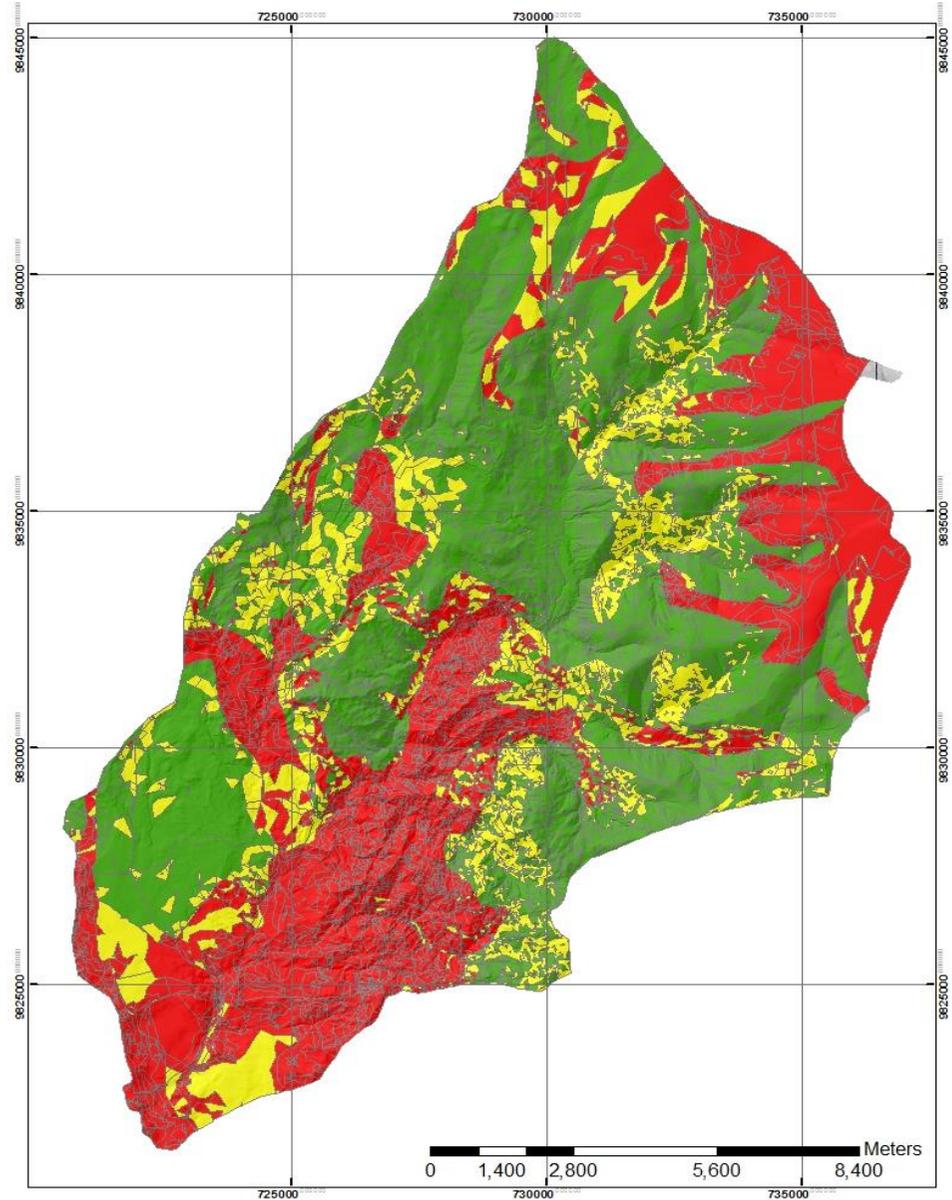
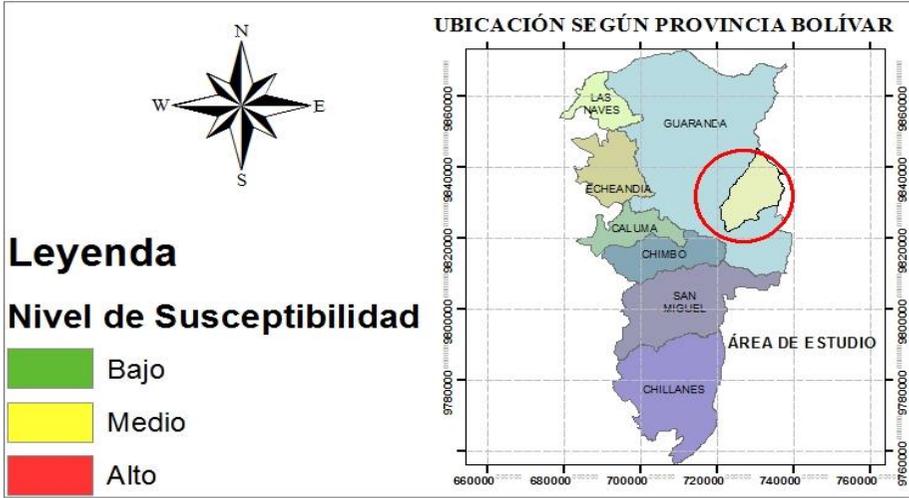
UBICACIÓN SEGÚN PROVINCIA BOLÍVAR



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO	
Tema: ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO COMO FACTOR DE SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESTUDIO DE DESLIZAMIENTOS EN LA MICROCUENCA DEL ILLANGAMA, CANTÓN GUARANDA, DURANTE EL PERÍODO 2015.	
Contiene: MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD MICROCUENCA ILLANGAMA 2015	
Realizado por: Benavides Ocampo Karla Alejandra Domínguez Paredes Renato Gabriel	Fuente: Cartografía Base Instituto Geográfico Militar
Fecha: Octubre 2016	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Proyección Universal Transversa de Mercator UTM
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial
 WGS 1984
 Zona 17 Sur
 Escala: 1:90000



FOTOGRAFÍAS



Figura N1: Tomas de muestra de suelo



Figura N2: Análisis Granulométrico

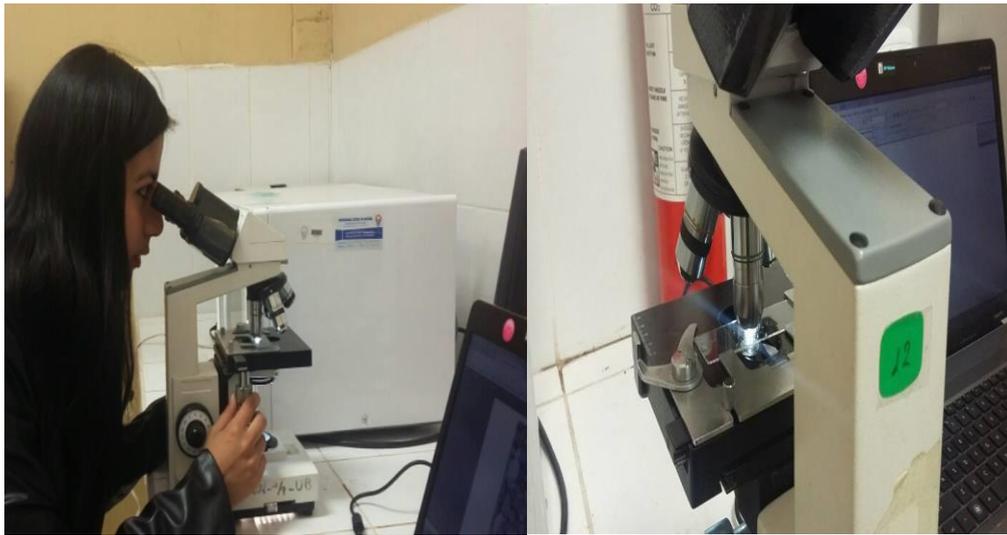


Figura N3: Análisis Mineralógico



Figura N4: Análisis Hidráulico