Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

Zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del Rio Omaya, Distrito de Pichari, Provincia de La Convención - Región Cusco

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Eva Victoria ARICOCHEA VASQUEZ

ASESOR

Antonio GUZMÁN MARTÍNEZ

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Aricochea, E. (2016). *Zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del Rio Omaya, Distrito de Pichari, Provincia de La Convención - Región Cusco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

548

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

3
141
9

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el día Martes 24 del mes de Mayo del año 2016, siendo las 04:00 p.m., en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

Mg. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN	(Presidente de Jurado)
Ing. JAIME GILBERTO ZEGARRA NAVARRO	(Miembro de Jurado)
Ing. MAXIMIANA ROJAS CAMPOS	(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis de Doña **EVA VICTORIA ARICOCHEA VÁSQUEZ**, Bachiller en Ingeniería Geológica quien sustentará la Tesis titulada: «ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA CUENCA DEL RÍO OMAYA, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN – REGIÓN CUSCO», para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la colación respectiva, plantearon a la graduanda las observaciones pertinentes, que fueron absueltas a:

A SATISFACCIÓN DEL JURADO

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

POR UNANIMIDAD CON LA NOTA DE DIECISIETE (17)

Habiendo sido aprobada la Sustentación de Tesis por el Jurado examinador, el Presidente del Jurado, recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Geólogo a Doña **EVA VICTORIA ARICOCHEA VASQUEZ.**

Siendo las 18:00 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Ciudad Universitaria, 24 de Mayo de 2016

Mg. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN
PRESIDENTE DE JURADO

Ing. JAIME GILBERTO ZEGARRA NAVARRO
MIEMBRO DE JURADO

Ing. MAXIMIANA ROJAS CAMPOS
MIEMBRO DE JURADO

Asesor:

Ing. Antonio Guzmán M.

Jurado:

Ing. Ciro Bedia Guillen

Ing. Maximiana Rojas

Ing. Jaime Zegarra Navarro

MAYO DEL 2016

A mi padre, Efraín Aricochea B. por ser mi guía y ejemplo de perseverancia. Gracias padre por la educación que me brindas y por apoyar mis decisiones y locuras.

A mi madre Lucila Vasquez S. por cuidarme y acompañarme en cada momento.

A mi abuela querida, mi mamá Eva Salazar S. por consentirme y apoyarme toda la vida.

A mis hermanos (as) por ser el motor y motivo que me impulsa a luchar cada día.

Al ser que nace en el vientre de mi hermana, mi sobrino, un nuevo miembro en la familia que nos muestra que siempre hay una luz en el camino.

Cariño y agradecimiento infinito en donde estés tío Hernán.

A mi amor, Erik Barraza L. gracias por el apoyo y amor incondicional que me brindas.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la E.A.P. Ing. Geológica, por recibirme en sus instalaciones donde aprendí más que solo geología, a aplicar lo aprendido en beneficio de los demás, en beneficio del pueblo, en beneficio del Perú.

A mi asesor, Ing. Antonio Guzmán por las sugerencias y recomendaciones, al cual guardo un profundo respeto y tengo la satisfacción de haber sido su alumna de Pre-Grado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Al jurado calificador por sus sugerencias, que me ayudaron en la conclusión de esta tesis.

A los profesores de Pre-grado de la E.A.P. de Ingeniería Geológica, por la transmisión de sus valiosos conocimientos.

Al Ing. Manuel Vílchez Mata del INGEMMET, por sus sugerencias en la realización del mapa de susceptibilidad de la cuenca del rio Omaya.

Al Ing. Amador Herminio Quintero Villar, Alcalde de la Municipalidad Distrital de Pichari y al Ing. Marco Antonio Velasquez Paredes, Gerente Municipal por permitirme laborar en el proyecto "Mejoramiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial y mejor uso de los Suelos del Distrito de Pichari, La Convención – Cusco".

Al Ing. Alfredo Guillen, supervisor del proyecto "Mejoramiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial y mejor uso de los Suelos del Distrito de Pichari, La Convención – Cusco" quien inspecciono algunas salidas de campo y facilito la comunicación con los pobladores de la cuenca.

Al Ing. Hugo Labra Huanaco, responsable del estudio geológico y al Ing. Cristian Canales Lancho, responsable SIG y actual residente del proyecto "Mejoramiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial y mejor uso de los Suelos del Distrito de Pichari, La Convención – Cusco".

Finalmente al Sr. Alejandro Quispe de la comunidad de Tarancato, a los pobladores y autoridades de los centros poblados de Catarata y Omaya que acompañaron en la toma de datos insitu y a todas aquellas personas que contribuyeron a que este trabajo se haga realidad, mi agradecimiento infinito.

CONTENIDO

RESUMEN 13

I. GENERALIDADES 14

1.1 Introducción 14

1.2 Antecedentes 14

1.3 Planteamiento del problema 15

1.4 Hipótesis 16

1.5 Objetivos 17

1.5.1 Objetivos Generales 17

1.5.2 Objetivos Específicos 17

1.6 Justificación 17

1.7 Limitaciones 18

1.8 Metodología Y Procedimientos 18

1.8.1 Trabajo de gabinete I 19

1.8.2 Trabajo de Campo 19

1.8.3 Trabajo de Gabinete II 20

1.8.4 Base Cartográfica 20

1.8.5 Componente de la Cartografía Básica 21

II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO 22

2.1 Ámbito de Estudio 22

2.2 Ubicación y Accesibilidad 22

2.3 Fisiografía 23

2.4 Límites y División. 23

2.5 Aspectos Poblacionales y Socioeconómicos 23

2.5.1 Demografía 23

2.5.2 Educación 29

2.5.3 Vivienda 33

2.5.4 Actividad Económica 38

III. COMPLEJO TURISTICO: CATARATAS 42

IV. ASPECTOS CLIMÁTICOS 45

4.1 Factores Atmosféricos 45

4.1.1 Temperatura 45

4.1.2 Humedad Relativa 45

4.1.3 Evaporación 45

4.1.4 Precipitación 46
4.2 Factor Hidrológico 46
V. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOGRÁFICOS 47
5.1 Geología 47
5.1.1 Afloramientos Rocosos 48
5.1.2 Depósitos de cobertura o recientes 58
5.1.3 Condiciones Estructurales 59
5.2 Geomorfología 59
5.2.1 Unidades Geomorfológicas Regionales 60
5.2.2 Unidades Geomorfológicas Localizadas 61
5.3 Pendiente 64
5.4 Uso actual de suelos 65
VI. PELIGROS GEOLÓGICOS 66
6.1 Procesos de Geodinámica Interna 66
6.2 Procesos de Geodinámica Externa 67
6.3 Geoindicadores Ambientales 68
6.4 Terminología 69
6.4.1 Peligro 69
6.4.2 Amenaza Natural 70
6.4.3 Susceptibilidad 70
6.4.4 Factores Detonantes 71
6.4.5 Vulnerabilidad 71
6.4.6 Riesgo 71
6.5 Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) 73
6.5.1 Factores condicionantes y desencadenantes 74
6.6 Descripción de Peligros Geológicos en la Cuenca del Rio Omaya 77
6.6.1 Peligros geológicos por Movimientos en Masa 77
6.6.2 Otros Peligros Geológicos 93
6.7 Análisis Estadísticos de los Fenómenos de remoción en masas 97
VII. ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD 99
7.1 Método Bivariante 99
7.2 Sistema de Información Geográfica 100
7.2.1 Digitalización de mapas 100
7.2.2 Intersección de parámetros con FRM 103
7.2.3 Procesamiento estadístico 106

7.2.4 Rasterización y reclasificación 113
7.2.5 Obtención de mapas de susceptibilidad de los mapas parámetros a los fenómenos de remoción en masas. 121
7.2.6 Obtención de mapas de susceptibilidad total de la Cuenca del rio Omaya. 125
7.3 Categorías de susceptibilidad 127
7.4 Resultados de la Susceptibilidad 129
VIII. ANÁLISIS DE ZONAS PROBLEMÁTICAS O DE MAYOR SUSCEPTIBILIDAD FRENTE A FRM . 130
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 134
X. BIBLIOGRAFÍA 138

RELACIÓN DE MAPAS

Mapa 1: Mapa Base de la Cuenca del rio Omaya.

Mapa 2: Mapa de Pendientes de la Cuenca del rio Omaya.

Mapa 3: Mapa Geológico de la Cuenca del rio Omaya.

Mapa 4: Mapa Geomorfológico de la Cuenca del rio Omaya.

Mapa 5: Mapa de Suelos de la Cuenca del rio Omaya.

Mapa 6: Mapa de Uso Actual del Suelo de la Cuenca del rio Omaya.

Mapa 7: Mapa de Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa en la Cuenca del rio Omaya.

Mapa 8: Mapa Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa de la Cuenca del rio Omaya

INDICE DE TABLAS

Cuadro Nº 01: Habitantes por centro poblado del distrito de Pichari……....Pg. 24
Cuadro Nº 02: Habitantes por comunidades y anexos del centro poblado de Omaya Pg. 25
Cuadro Nº 03: Ocupación principal en la comunidad de Omaya……...Pg. 27
Cuadro Nº 04: Nivel de ingreso en la comunidad de Omaya……..…Pg. 28
Cuadro Nº 05: Instituciones educativas en el área de estudio…….....Pg. 30
Cuadro N° 06: Grado de instrucción de la población de Omaya……...Pg. 31
Cuadro Nº 07: Tenencia de la vivienda en la comunidad de Omaya…..……Pg. 35
Cuadro Nº 08: Uso de la vivienda en la comunidad de Omaya……Pg. 35
Cuadro Nº 09: Material predominante en el piso de las casas en Omaya……..Pg. 35
Cuadro Nº 10: Material predominante en la pared de las casas en Omaya……Pg. 35
Cuadro Nº 11: Material predominante en el techo de las casas en Omaya…….……..Pg. 36
Cuadro Nº 12: Acceso a servicios básicos en la comunidad de Omaya…..……Pg. 37
Cuadro Nº 13: Servicios de comunicación……Pg. 37
Cuadro Nº 14: Cultivos de las comunidades de Omaya……Pg. 38
Cuadro N° 15: Nivel de importancia de la población a la recreación y esparcimiento...Pg. 40
Cuadro N° 16: ¿A qué lugares de esparcimiento acude con su familia?.....Pg. 41
Cuadro Nº 17: Porcentaje en área de ocurrencia de los fenómenos de remoción en masa en la Cuenca del rio Omaya……Pg. 97
Cuadro Nº 18: Descripción de las tablas estadísticas…….……..Pg. 107
Cuadro Nº 19: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades geológicas a los FRM……Pg. 108
Cuadro Nº 20: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades de pendiente a los FRM……..Pg. 109
Cuadro Nº 21: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades geomorfológicas a los FRM…….……Pg. 110
Cuadro Nº 22: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades taxonómicas del suelo a los FRM……Pg. 111
Cuadro Nº 23: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades de uso actual a los FRM……Pg. 112
Cuadro Nº 24: Pasos para determinar intervalos de reclasificación……..…..Pg. 115
Cuadro Nº 25: Intervalos probables de reclasificación……Pg. 115
Cuadro Nº 26: Distribución de datos en los intervalos probables de reclasificación….Pg. 116
Cuadro Nº 27 A, B: “Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado”……..Pg. 116
Cuadro Nº 27 C: “Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado” de la Susceptibilidad de las Unidades Litológicas a los FRM……Pg. 117
Cuadro Nº 28: “Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado” de la Susceptibilidad de las Unidades de Pendiente a los FRM……Pg. 118
Cuadro Nº 29: “Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado” de la Susceptibilidad de las Unidades de Geomorfología a los FRM……...Pg. 118
Cuadro Nº 30: “Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado” de la Susceptibilidad de las Unidades de Suelos a los FRM……Pg. 119

Cuadro Nº 31: “Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado” de la Susceptibilidad de las Unidades de Uso de suelos a los FRM……Pg. 119
Cuadro Nº 32: Valor de susceptibilidad de intervalos de reclasificación de geología Pg. 120
Cuadro Nº 33: Valor de susceptibilidad de intervalos de reclasificación de pendiente.Pg. 120
Cuadro Nº 34: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación de la geomorfología……Pg. 120
Cuadro Nº 35: Valor de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del suelo. Pg. 121
Cuadro Nº36: Valor de susceptibilidad de intervalos de reclasificación de pendiente. Pg. 121
Cuadro Nº 37: Categoría de susceptibilidad para la Geología……Pg. 122
Cuadro Nº 38: Categoría de susceptibilidad para la Pendiente……Pg. 122
Cuadro Nº 39: Categoría de susceptibilidad para la Geomorfología……..Pg. 122
Cuadro Nº 40: Categoría de susceptibilidad para los Suelos……...Pg. 123
Cuadro Nº 41: Categoría de susceptibilidad para el Uso del Suelo……Pg. 123
Cuadro Nº 42: Porcentaje de susceptibilidad a los FRM en la cuenca del rio Omaya Pg. 128
Cuadro Nº 43: Áreas afectadas por caída de rocas en la cuenca del rio Omaya……..Pg. 131
Cuadro Nº 44: Áreas afectadas por deslizamientos en la cuenca del rio Omaya…….Pg. 131
Cuadro Nº 45: Áreas afectadas por flujos en la cuenca del rio Omaya……..Pg. 132
Cuadro Nº 46: Áreas afectadas por erosión fluvial en la cuenca del rio Omaya……Pg. 133
Cuadro Nº 47: Áreas afectadas por Inundaciones en la cuenca del rio Omaya……Pg. 133

RELACIÓN DE IMÁGENES

IMG. Nº 01: Tabla de atributo del mapa geológico……..Pg. 101
IMG. Nº 02: Tabla de atributo del mapa geomorfológico……...Pg. 101
IMG. Nº 03: Tabla de atributo del mapa de pendientes……Pg. 102
IMG. Nº 04: Tabla de atributo del mapa de suelos……Pg. 102
IMG. Nº 05: Tabla de atributo del mapa de uso actual de suelos……Pg. 102
IMG. Nº 06: Pasos para crear una intersección……..Pg. 103
IMG. Nº 07: Shapes creados durante la etapa INTERSECT……Pg. 106
IMG. Nº 08: Pasos para realizar la suma de áreas, FREQUENCY……..Pg. 107
IMG. Nº 09: Pasos para realizar la rasterización de los shapes parámetros……Pg. 114
IMG. Nº 10: Pasos para realizar la reclasificación de un Raster, mediante la herramienta RECLASSIFY……..Pg. 123
IMG. Nº 11: Raster Reclasificado de geo_cai……Pg. 124
IMG. Nº 12: Pasos para hallar la susceptibilidad a un FRM mediante la herramienta Raster Calculator……Pg. 126

INDICE DE FOTOS

FOTO Nº 01: Municipalidad del Centro Poblado de Omaya……...Pg. 25
FOTO Nº 02: Municipalidad del Centro Poblado de Catarata……Pg. 26
FOTO Nº 03: Los Pobladores del Centro Poblado de Catarata se reúnen semanalmente para que dialoguen sobre los proyectos ejecutados en la zona, agricultura y turismo. Pg 23
FOTO Nº 04: Los Pobladores del Centro Poblado de Omaya se reúnen para tomar decisiones respecto a los proyectos que se están ejecutando en la zona……..Pg. 27
FOTO Nº 05: En el centro poblado de Omaya se encuentra una Posta Medica perteneciente a la Red de Salud Kimbiri-Pichari-Villa Virgen……..Pg. 28
FOTO Nº 06: El centro Poblado de Catarata y la comunidad de Tarancato cuenta con el programa Cali Warma (Cuna Más)……Pg. 29
FOTO Nº 07: Institución Educativa N° 38632 en el centro Poblado de Omaya…….Pg. 30
FOTO N 08: Institución Educativa N° 501345 (Primaria y Secundaria), en el centro poblado de Catarata……....Pg. 31
FOTO Nº 09: Institución Educativa Inicial N° 755, en el centro poblado de Catarata…Pg. 32
FOTO Nº 10: Institución Educativa Inicial N° 776, en la comunidad de Tarancato……Pg. 32
FOTO Nº 11: Institución Educativa Primaria N° 38824, en la comunidad Tarancato. Pg. 33
FOTO Nº 12: Comunidad de Nueva Alianza……Pg. 34
FOTO Nº 13: Comunidad de Tarancato……Pg. 34
FOTO Nº 14: Energía Eléctrica……..Pg. 36
FOTO Nº 15: La agricultura que se desarrolla en la zona se realiza sin estudios técnicos, ni sistemas de irrigación, tampoco se utilizan sistemas de andenería……Pg. 39
FOTO Nº 16: El principal producto de la zona es el cultivo de la hoja de coca, aunque no esté considerado en la encuesta anterior. El segundo cultivo es el cacao……Pg. 39
FOTO Nº 17: En la cuenca del rio Omaya existen 6 imponentes cataratas, las cuales en época de verano son más caudalosas……Pg. 44
FOTO Nº 18: Macizo rocoso del complejo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, localizado en la comunidad de Tarancato. En la muestra de roca se observan cristales de cuarzo de 0.5 a 1 cm de tamaño……Pg. 49
FOTO Nº 19: Vista parcial del afloramiento rocoso del complejo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, localizado en la quebrada Catarata donde se observa a las granulitas manteniendo un alineamiento de sus minerales a causa de la deformación intensa, así como múltiples fracturas en el macizo rocoso……Pg. 50
FOTO Nº 20: Afloramiento rocoso en el que se observa una estructura circular producto de los esfuerzos y deformaciones en la localidad de Nueva Alianza……Pg. 52
FOTO Nº 21: Afloramiento estratigráfico en el que se observa a las pizarras del grupo San José, en el borde izquierdo inferior se observa un fósil; localidad de Nueva Alianza……Pg. 52
FOTO Nº 22: Fósiles encontrados en afloramiento de pizarras del grupo San José; localidad de Nueva Alianza……...Pg. 53
FOTO Nº 23: Fósiles encontrados en afloramiento de pizarras del grupo San José; localidad de Nueva Alianza……..Pg. 53
FOTO Nº 24: Fósiles encontrados en afloramiento de pizarras del grupo San José; localidad de Nueva Alianza……..Pg. 54

FOTO Nº 25: Afloramiento estratigráfico en el que se observan las pizarras competentes del grupo san José, en el borde derecho inferior se observa un fósil; localidad de Nueva Alianza……...Pg. 54
FOTO Nº 26: Afloramiento estratigráfico en el que se observan las pizarras competentes del grupo san José, en la localidad de Tarancato……...Pg. 55
FOTO Nº 27: Afloramiento de cuarcitas competentes y duras de la Formación Sandia (Ordovícico), localizado en la comunidad de catarata……Pg. 56
FOTO Nº 28: Afloramiento de cuarcitas competentes y duras de la Formación Sandia (Ordovícico), localizado en la comunidad de Tarancato……Pg. 56
FOTO Nº 29: Afloramiento de lutitas de alta pendiente que presenta ondulitas en sus estratos, Formación Ananea (Silúrico), localizado en el centro poblado de Omaya…..Pg. 57
FOTO Nº 30: Intercalación de areniscas con lutitas y algunos niveles de pizarras en estratos, Formación Ananea (Silúrico), localizado en el centro poblado de Omaya…..Pg. 58
FOTO Nº 31: Se observa el relieve de las montañas metamórficas precámbricas del complejo Pichari – Cielo Punku que presenta laderas abruptas y empinadas, constituido por granulitas. Centro poblado de Catarata……Pg. 61
FOTO Nº 32: Se observa el relieve de las montañas formadas por rocas metamórficas precámbricas y por rocas metamórficas paleozoicas, colinas y el valle fluvial del rio Omaya. La línea negra es la falla regional que atraviesa a la formación Sandia……....Pg. 63
FOTO Nº 33: Se observa el rio Omaya en el centro poblado del mismo nombre. Este rio ha formado un valle el cual es inundado en épocas de lluvia……..Pg 64
FOTO Nº 34: En la fotografía se observan las pendientes elevadas lo que ocasiona deslizamientos en la margen derecha del rio catarata……Pg. 75
FOTO Nº 35: Las raíces de las plantas conjuntamente con otros factores fracturan las rocas las cuales constituyen un peligro por caída de rocas, localidad de Tarancato……Pg. 78
FOTO Nº 36: En la Quebrada Catarata frecuentemente hay caída de rocas debido a que las granulitas están fracturadas……...Pg. 79
FOTO Nº 37: Caída de rocas en la catarata Gallito de las rocas. Frecuentemente caen ramas de árboles……..Pg. 79
FOTO Nº 38: Caída de rocas en el talud formado por el corte de carretera camino vecinal de Tarancato a Alto Tarancato……Pg. 80
FOTO Nº 39: Caída de rocas en el talud formado por el corte de carretera camino vecinal de Catarata a Nueva Alianza. Las caídas de rocas aumentan durante las épocas de lluvia. ……Pg. 80
FOTO Nº 40: En el año 1982 durante el fenómeno de El Niño en la quebrada de Tarancato aconteció un Huayco el cual arrasó con cultivos y viviendas. Sin embargo los pobladores no escarmientan y continúan asentándose en esta quebrada……..Pg. 82
FOTO Nº 41: El huayco del año 1982 dejo bloques de rocas graníticas a lo largo de todo el valle de la cuenca……Pg. 82
FOTO Nº 42: Los bloques rocosos del huayco del año 1982 dejaron inundado todo el valle de la cuenca y las áreas de cultivo de la comunidad de Buenos Aires (margen derecha del rio Omaya) se perdieron totalmente……...Pg. 83

FOTO Nº 43: En diciembre del año 2015, por una de las quebradas del centro poblado de Omaya pasó un huayco el cual arruino la carretera: El huayco deposito rocas metamórficas del complejo Pichari Cielo Punku, así como cuarcitas, etc……Pg. 83
FOTO Nº 44: En diciembre del año 2015, la vía literalmente termino partida en dos, y se formó un pequeño cauce transversal a la carretera……..Pg. 84
FOTO Nº 45: En diciembre del año 2015, conjuntamente con el huayco, a lo largo de la vía hubo deslizamientos producto de las fuertes precipitaciones……Pg. 84
FOTO Nº 46: En diciembre del año 2015, a lo largo de la carretera quedo depositado material heterogéneo en litología y tamaño……..Pg. 85
FOTO Nº 47: Durante la construcción de la vía vecinal de Catarata a Nueva Alianza constantemente hubo deslizamientos. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari……..Pg. 86
FOTO Nº 48: En época de lluvias frecuentemente hay deslizamientos en la carretera de Catarata a Nueva Alianza. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari……Pg. 87
FOTO Nº 49: Deslizamientos en la carretera de Catarata a Nueva Alianza. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari……Pg. 87
FOTO Nº 50: Deslizamientos en la carretera de Catarata a Nueva Alianza. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari……Pg. 88
FOTO Nº 51: Deslizamientos en la carretera de Catarata a Nueva Alianza que bloque el acceso y deja aislada a la población. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari……Pg. 88
FOTO Nº 52: Deslizamientos cerca a la comunidad de Nueva Alianza. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari……..Pg. 89
FOTO Nº 53: En la fotografía se observa un peligro constante de deslizamientos cerca a la comunidad de Nueva Alianza……Pg. 89
FOTO Nº 54: Se observa un zoom de la fotografía anterior, un peligro constante de deslizamientos cerca a la comunidad de Nueva Alianza……Pg. 90
FOTO Nº 55: En la fotografía se observa el deslizamiento producto de la elevada pendiente de la ladera del cerro, comunidad de Nueva Alianza……..Pg. 90
FOTO Nº 56: Al borde de la carretera se ha producido fracturas (desniveles en el suelo) lo cual puede producir un deslizamiento……Pg. 91
FOTO Nº 57: La erosión de laderas es producto de la tala y quema de bosques que dejan descubierta la superficie del terreno y la lluvia la va erosionando, dejando detritos sueltos los que son un peligro ante precipitaciones fuertes……Pg. 92
FOTO Nº 58: Erosión de las laderas en el cerro (Grupo San José), centro poblado de Catarata……..……...……...Pg. 92
FOTO Nº 59: En temporada de lluvias el caudal del rio Omaya aumenta y erosiona su margen izquierda destruyendo la carretera……..Pg. 93
FOTO Nº 60: Erosión del estribo derecho del puente en dirección a Tarancato…….....Pg 94
FOTO Nº 61: Erosión en el muro de contención del puente, desvío hacia Tarancato…Pg 94
FOTO Nº 62: Rio Omaya, el cual es constantemente erosionado en épocas donde su caudal aumenta……..Pg. 95

FOTO Nº 63: En el borde derecho de la fotografía existe una quebrada, por la cual se construyó el badén y una acequia para que discurra el agua. Cp. de Omaya……Pg. 96
FOTO Nº 64: Inundación en el mes de diciembre del año 2015 del C.P. de Omaya. Se observa el mismo lugar de la fotografía anterior……..Pg. 96
FOTO Nº 65: Las viviendas en la zona son precarias, construidas a base de madera, calamina y el piso de tierra en el cual es posible desarrollar un foco infeccioso (chikunguya, zika, etc.)……..…….Pg. 97

INDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO Nº 01: Porcentaje en área de la litología en la cuenca del rio Omaya…..…Pg. 74
GRÁFICO Nº 02: Porcentaje en área de ocurrencia de los fenómenos de remoción en masa en la Cuenca del rio Omaya……Pg. 98
GRÁFICO Nº 03: Porcentaje de la susceptibilidad a los FRM en la Cuenca del rio Omaya. ……..…Pg. 129

RESUMEN

El ámbito de estudio de la tesis, abarca la superficie total de la cuenca del rio Omaya estimada en 30.160469 km^2 (medida en el SIG) y se ubica en el distrito de Pichari, en el extremo Oeste de la provincia de La Convención, Departamento de Cusco con coordenadas UTM: **N** 8, 613,000.000 - **E** 632,004.000 (WGS_1984_UTM_Zone_18S).

Esta zona históricamente ha sido afectada por movimientos de remoción en masa, los cuales han afectado a las poblaciones y campos agrícolas de la cuenca, provocando fuertes pérdidas económicas. El trabajo corresponde a un nivel de Zonificación de Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa en la Cuenca del río Omaya (Escala, 1:25,000). Se ha utilizado el SIG (Sistema de Información Geográfica) ARCGIS versión 10.2 en el que se han elaborado los mapas de susceptibilidad así como los de sus parámetros: geológico, geomorfológico, pendiente, uso actual del suelo y características taxonómicas del suelo. La susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa se ha realizado utilizando el método estadístico bivariante, en el que se emplea la densidad del área de los movimientos de remoción en masas que han ocurrido en la zona de estudio para darle un PESO según las características que presenta cada parámetro por movimiento (FRM), posteriormente se determina la susceptibilidad mediante la suma de mapas por cada tipo de movimiento en masa para hallar un mapa de susceptibilidad final el que esta valorizado de 1 a 5, siendo 1 de muy baja susceptibilidad y 5 de muy alta susceptibilidad.

I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Los peligros de origen natural que generan riesgos de desastres en el Perú, están sujetos a la ubicación, características geológicas y geográficas, ya sea por encontrarse en la costa, sierra o selva. Asimismo, el Perú presenta diversos climas a consecuencia de las alturas que presenta, la Cordillera de los Andes, en especial en la zona de estudio donde se ubican sus ramales: Cordillera Oriental y Cordillera Subandina. Por la morfología presente, se experimenta frecuentemente la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa tales como deslizamientos, aludes, derrumbes, flujo de detritos e inundaciones entre otros.

Desde los años 70, los pobladores de la zona alto andina del centro del Perú, se ven atraídos por los recursos naturales que les ofrece el Valle del rio Apurímac tales como: recursos forestales, hidrocarburos, extensas áreas de terrenos agrícolas y el movimiento económico que surge producto del cultivo de la hoja de coca. Es así que en la cuenca del rio Omaya se forma inicialmente el centro poblado de Omaya teniendo como anexos a las comunidades de Tarancato, Unión Tarancato Alto, Buenos Aires, y posteriormente se crea el centro poblado Catarata teniendo como anexo la comunidad de Nueva Alianza. Este fenómeno de migración se ve contrastado por la ocurrencia de constantes fenómenos de remoción en masas, influenciados por las constantes precipitaciones en la cuenca y por la utilización inadecuada de los suelos y la tala indiscriminada de sus bosques.

1.2 Antecedentes

La municipalidad distrital de Pichari viene desarrollando el proyecto denominado “Mejoramiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial y mejor uso de los suelos del distrito de Pichari, La Convención – Cusco”, proyecto que permitirá evaluar e inventariar los peligros geológicos que rodean el distrito, contribuirá con su ordenamiento Territorial, mejorara su desarrollo socioeconómico y la calidad de vida de sus pobladores.

Uno de los objetivos principales de este proyecto es elaborar mapas de zonificación de peligros geológicos con el fin de contribuir a la toma de decisiones de las autoridades, fortalecer y mejorar la capacidad de gestión del riesgo de desastres en las comunidades ubicadas en la cuenca del rio Omaya.

1.3 Planteamiento del problema

Los fenómenos de geodinámica externa que participan en la evolución del modelado de la superficie terrestre en acompañamiento con la acción humana, forman peligros latentes, los cuales son necesarios zonificar para que sirvan como herramienta en la toma de decisiones al momento de ubicar centros poblados, vías, represas, proyectos hidrocarburíferos, gasíferos o de petróleo, generando proyectos de mitigación de peligros de remoción en masas.

En la cuenca del rio Omaya se han determinado básicamente cuatro tipos de peligros de remoción en masas: caídas de rocas, flujo de detritos, erosión de suelos y deslizamientos.

Las caídas de rocas guardan relación directa con factores lito-estructurales, geotectónicos y con la actividad antrópica. Esto ocurre en el “Circuito Turístico de Cataratas” en rocas metamórficas (granulitas).

Los flujos de detritos antiguos, sobre los cuales se ubica gran parte del sector rural han sido depositados por huaycos de gran magnitud ocurrentes en las quebradas tributarias que desembocan en el rio Omaya.

Los deslizamientos son superficiales y se originan por la inestabilidad generada al realizar obras de infraestructura como por ejemplo la construcción de carreteras.

La erosión de suelos se da con mayor frecuencia en las colinas donde se ejerce la agricultura de manera desordenada, sin sistemas de regadío.

La deforestación y las constantes precipitaciones constituyen factores detonantes en la remoción de masas.

Urge la necesidad de concientizar a la población en temas de peligros geológicos a los que están expuestos, donde a través de sus acciones y opiniones puedan ser parte de la solución y mitigación de los peligros geológicos ocurrentes en la Cuenca.

Entre los procesos capaces de generar riesgos geológicos en la cuenca del rio Omaya, se localizan principalmente los fenómenos de remoción de masa. Las características orográficas, climáticas, la litología y la tectónica de la zona son factores que condicionan la ocurrencia de estos fenómenos tales como deslizamientos, desprendimientos, flujos entre otros. Por otro lado, la deforestación como consecuencia de la tala indiscriminada de los bosques ya sea para la venta de madera o para ganar terreno con un fin agrícola, contribuyen a que los fenómenos de remoción en masas se generen constantemente.

1.4 Hipótesis

La cuenca del rio Omaya alberga a los centros poblados de Omaya y Catarata, los cuales se encuentran en expansión por su potencial turístico en el "Circuito de cataratas y turismo de aventura". Entonces es necesario analizar **"¿Los fenómenos de remoción en masa influyen directamente en el desarrollo económico y social de los centros poblados de Omaya y Catarata del distrito de Pichari, siendo para ello necesario efectuar la zonificación de la susceptibilidad de estos fenómenos para mitigar y reducir su impacto sobre el desarrollo socioeconómico de ambos pueblos?"**.

La respuesta es Si, en la cuenca del rio Omaya así como en todo el VRAE se vienen desarrollando diferentes proyectos para la erradicación y sustitución de los cultivos de la hoja de coca y una manera de lograr esto es mediante el desarrollo socioeconómico basado en el potencial turístico, para que este desarrollo sea sólido, es necesario zonificar la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa a los que están expuestos los centros poblados, las obras civiles y los lugares turísticos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos Generales

Elaborar el mapa de zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masas en la cuenca del rio Omaya a escala 1:25000

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar e inventariar los peligros geológicos que afectan la cuenca del rio Omaya
- Zonificar según sea el grado de susceptibilidad a fenómeno de remoción en masas.
- Proponer medidas correctivas y de mitigación frente a la ocurrencia de peligros geológicos que afecten a la quebrada.
- Sistematizar la información en un Sistema de Información Geográfica.
- Aportar con esta tesis al proyecto: Mejoramiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial y mejor uso de los suelos del distrito de Pichari, La Convención – Cusco.
- Dar una herramienta que sirva como elemento de decisión a las autoridades municipales, para la prevención y mitigación de desastres naturales.
- Establecer parámetros de prevención y mitigación en temas de peligros geológicos en el VRAEM.
- Presentar la presente tesis a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para obtener el grado de Ingeniera Geóloga.

1.6 Justificación

Pichari es un distrito joven, que goza del Canon Gasífero de Camisea, en los últimos años la población aumenta rápidamente debido a la emigración de nuevos habitantes provenientes principalmente de Ayacucho, Junín y Cusco, los que se asentaron en valles, quebradas y laderas de cerros, sin considerar los peligros de remoción de masas a los que están expuestos.

En el VRAE se vienen desarrollando diferentes proyectos para la erradicación del cultivo de la hoja de coca y una manera de lograr esto es mediante el desarrollo económico basado en el potencial turístico, para que este desarrollo sea solido es necesario zonificar los peligros geológicos a los que están expuestos los centros poblados, obras civiles y lugares turísticos. Igualmente se vienen realizando diversos proyectos en la zona, sobre todo en lo que respecta a la construcción de infraestructura (carreteras, puentes, proyectos de irrigación para la agricultura), colegios, centros médicos, etc.

Por lo que es necesario contar con una zonificación a la susceptibilidad de los fenómenos de remoción en masa, para elaborar medidas de prevención y mitigación ante un desastre natural, disminuyendo las pérdidas económicas y de vidas humanas.

Esta información puede ser utilizada por los organismos encargados de la planificación urbana - rural, preparación y respuesta ante desastres y por instituciones que trabajan en el Vraem como son: El Gobierno Regional del Cusco, La Municipalidad Distrital de Pichari, El Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI; Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED, El Organismo de Formalización de la Propiedad Informal COFOPRI, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA, Autoridad Nacional del Agua ANA, PROVRAEM, FEPAVRAE, etc.

1.7 Limitaciones

Escasez de estudios geológicos y de peligros geológicos en la zona.
La accesibilidad a las quebradas y a las zonas altas es de difícil acceso por el recelo de los cocaleros, así como por la geomorfología del área.

1.8 Metodología Y Procedimientos

El trabajo se ha realizado en las siguientes fases:

1.8.1 Trabajo de gabinete I

En la primera etapa del estudio para la elaboración del mapa de zonificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la cuenca del rio Omaya, se realizó la recopilación de información bibliográfica y cartográfica, obteniéndose la siguiente información:

- Mapa geológico del Perú a escala 1/1´000,000, INGEMMET, 1999
- Mapa geológico de los cuadrángulos de Llochegua (25 O) y San Francisco (26 O) a una escala de 1/100,000 INGEMMET (Boletín 120 A) , 1998
- Castro, W. 2010. Geología, Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú
- Imágenes Multiespectrales RapidEye 5m
- Mapa topográfico escala 1/25,000
- Mapa Base, escala 1/25,000 del proyecto “Mejoramiento de Capacidades para el Ordenamiento Territorial y Mejor Uso de los Suelos del Distrito de Pichari, La Convención – Cusco”
- Recopilación y evaluación de la información cartográfica (mapas topográficos escala: 1:25000) y bibliográfica existente.
- Fotointerpretación en base a aerofotografías e imágenes de satélite para analizar geología, geomorfología y zonas donde existen fenómenos de remoción en masas.
- Preparación de información básica para los trabajos de campo. Elaboración de mapas preliminares (geológico, plano de ubicación, etc.)

1.8.2 Trabajo de Campo

- Cartografiado Geológico a escala 1:25,000
- Cartografía e inventario de movimientos de remoción en masa in situ a escala 1:25,000.
- Identificación de procesos morfodinámicos acontecidos en la zona.

- Toma de fotografías digitales de las áreas afectadas por movimientos en masa y zonas críticas.
- Caracterización litológica del material de la quebrada (depósitos superficiales y substrato) con ayuda de información de la carta geológica nacional.
- Descripción de formaciones superficiales en base a cortes naturales, cortes de carretera, quebradas en donde se observan los depósitos de flujo de detritos, caída de rocas recientes, ocurridos en la cuenca.
- Cartografiado y descripción de unidades geomorfológicas.
- Cartografiado y descripción de unidades de uso de suelo.

1.8.3 Trabajo de Gabinete II

- Análisis de la información geológico – estructural, del área.
- Análisis de la información geomorfológica, uso actual y taxonomía del suelo del área.
- Evaluación de zonas críticas.
- Elaboración de los mapas: topográfico, de pendientes, litológico-estructural, de peligros geológicos y de susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa.
- Preparación de cuadros, figuras y gráficos.
- Redacción de la tesis.

1.8.4 Base Cartográfica

Para la ejecución de este trabajo se ha utilizado:

- Mapa Base del distrito de Pichari 1:25000
- Mapas de la Carta Geológica a escala 1:100000
- Imagen RapidEye de 5m de resolución

1.8.5 Componente de la Cartografía Básica

Centros Poblados

En total se digitalizaron 2 centros poblados en la cuenca del rio Omaya: el centro poblado de Omaya con sus anexos Buenos Aires, Tarancato, Alto Tarancato, Agua Dulce y el centro poblado de Catarata con su anexo Nueva alianza.

Topografía

Las curvas de nivel presentan una equidistancia de 25 metros las cuales son categorizadas en maestras y secundarias. Teniendo una cota mínima de 600 msnm a orillas del Río Apurímac y una cota máxima de 2525 msnm en el pico de una montaña.

Vías de Comunicación

El total se digitalizaron 3 vías, la primera corresponde a la vía nacional que viene de Ayacucho - San Francisco y va hacia Pichari con una superficie sin pavimentar, la segunda es una vía vecinal la cual consta de una carretera sin pavimentar de un solo carril, la tercera vía son las trochas carrozables que se puede usar en días secos o de buen clima.

Hidrografía

En la cabecera de la cuenca se forma el río Catarata con las aguas provenientes de varias cataratas de la zona, en la parte media de la cuenca se le une el río Tarancato que también recolecta las aguas de sus quebradas afluentes para formar ambos el río Omaya, el que desemboca por la margen derecha del río Apurímac.

II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 Ámbito de Estudio

El ámbito de estudio de la tesis abarca la superficie total de la cuenca del río Omaya en el distrito de Pichari y corresponde a un nivel de microzonificación (Escala, 1:25,000).

2.2 Ubicación y Accesibilidad

La cuenca del río Omaya se ubica en la margen derecha del río Apurímac, al sur del distrito de Pichari con las siguientes coordenadas UTM (WGS_1984_UTM_Zone_18S):

N 8, 613,000.000

E 632,004.000

Cubre una extensión de 30.160469 km^2 abarcando la parte norte del cuadrángulo de San Francisco (26 O) del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Políticamente se haya comprendida en la jurisdicción del Distrito de Pichari, Provincia de La Convención, Región Cusco.

La accesibilidad a la zona de estudio se da por las siguientes vías:

- Ayacucho – San Francisco – Kimbiri – Pichari; (Aproximadamente 220 km, que se recorren en 5 horas de viaje, por una vía que a la fecha viene siendo asfaltada, lo que a futuro acortara el tiempo de trayecto).

- Cusco – Quillabamba – Kepashiato – Kimbiri - Pichari, (Con una distancia de 490 km y un recorrido aproximadamente 10 horas en camioneta).

- Puerto Chata (San Martin de Pangoa) – Valle Esmeralda (Río Tambo) – Puerto Embarcadero (Pichari), vía fluvial surcando el mítico Río Apurímac durante 7 horas de pura adrenalina.

2.3 Fisiografía

Fisiográficamente presenta zonas definidas, la primera se caracteriza por un relieve de montañas altas de laderas extremadamente empinadas de naturaleza estructural y por terrazas altas de relieve plano a ondulado. La parte más baja se encuentra en el centro poblado de Omaya a 600 msnm. y el punto más alto a 2500 msnm.

2.4 Límites y División.

La Cuenca del río Omaya limita por norte y noreste con la cuenca del río Pichari, por el sur con la cuenca del río Kimbiri y por el oeste con el río Apurímac.

Políticamente la Cuenca del río Omaya coincide al sur con los límites de los distritos de Pichari y Kimbiri. Al norte limita con la comunidad nativa de Sankiroshi, por el Oeste con el distrito de Sivia y al este con la comunidad nativa de Marontuari.

2.5 Aspectos Poblacionales y Socioeconómicos

La cuenca fue ocupada inicialmente por comunidades nativas asháninca las cuales se retiraron tras la llegada de los colonos. Los colonos son los campesinos que vinieron de la zona alto andina del país a poblar nuevas tierras, este movimiento migratorio se dio debido a los recursos forestales, hidrocarburos, áreas extensas de terrenos y el atrayente cultivo de la hoja de coca que mueve la economía en la zona.

Inicialmente la ocupación del terreno fue con la construcción de chozas en las chacras de las que se posesionaron. Luego en la época del terrorismo los pobladores se juntaron de manera desordenada creando comunidades y posteriormente centros poblados los cuales carecían de planificación urbana.

2.5.1 Demografía

La población se concentra en los centros poblados ubicados en los valles. En el área de estudio se ubican los centros poblados de Omaya y Catarata cada uno con sus respectivos anexos.

La población total en el distrito según datos estadísticos del Censo Nacional 2007: XI de población y VI de Vivienda, registró a 15807 habitantes en el distrito de Pichari.

La población urbana es de 6931 personas que representa el 43.85% y la población rural es de 8876 personas que representa el 56.15% del total. Según reportes del INEI, la población proyectada al 20/07/2015 es de 20316 habitantes.

De acuerdo a la Gerencia de Desarrollo Social – MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI – LA CONVENCIÓN – CUSCO, la población del distrito de Pichari era de 17,580 habitantes para el año 2011. Los centros poblados incluyen Comunidades Nativas Asháninca. El área de estudio cuenta con 1081 habitantes lo que es el 6.15 % del total de habitantes del distrito de Pichari.

Cuadro Nº 01: Habitantes por centro poblado del distrito de Pichari

Nº	NOMBRE DE CENTROS POBLADOS	HABITANTES	%
1	Pichari Capital y Cercado	5326	30.30
2	Centro Poblado de Puerto Mayo	3247	18.47
3	Centro Poblado de Mantaro	2755	15.67
4	Centro Poblado de Ccatun Rumi	2349	13.36
5	Centro Poblado de Natividad	2172	12.35
6	Centro Poblado de Omaya	735	4.18
7	Centro Poblado de Tambo Del Ene	650	3.70
8	Centro Poblado de Catarata	346	1.97
TOTAL DE POBLACIÓN DEL DISTRITO DE PICHARI		**17580**	**100.00**

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2011.

Cuadro Nº 02: Habitantes por comunidades y anexos del centro poblado de Omaya

Nº	NOMBRE DE COMUNIDADES	HABITANTES 2014	%
1	Omaya	473	43.00
2	Tarancato	293	26.64
3	Unión Tarancato Alto	98	8.91
4	Agua Dulce P.	90	8.18
5	Omaya Baja	52	4.73
6	Nueva Alianza	49	4.45
7	Sector De Buenos Aires	45	4.09
TOTAL DE POBLACIÓN DEL C.P. DE OMAYA		**1100**	**100.00**

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.



FOTO Nº 01 Municipalidad del Centro Poblado de Omaya.



FOTO Nº 02 Municipalidad del Centro Poblado de Catarata.



FOTO Nº 03 Los Pobladores del Centro Poblado de Catarata se reúnen semanalmente para dialogar sobre los proyectos ejecutados en la zona, agricultura y turismo.

Cuadro Nº 03: Ocupación principal en la comunidad de Omaya

OCUPACIÓN PRINCIPAL	PORCENTAJE (%)
Agricultura	62
Comercio	14
Transporte	5
Otros	19
TOTAL	100

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

El 62% de la población de la comunidad de Omaya se dedica a la agricultura, un 19% a otras actividades, un 14% se dedica al comercio, y un 5% se dedica al transporte.



FOTO Nº 04 Los Pobladores del Centro Poblado de Omaya se reúnen para tomar decisiones respecto a los proyectos que se están ejecutando en la zona.

Cuadro Nº 04: Nivel de ingreso en la comunidad de Omaya

NIVEL DE INGRESO SEMANAL (S/.)	PORCENTAJE (%)
De 1.00 – 200.00	12
De 201.00 – 400.00	56
De 401.00 – 700.00	18
De 700.00 a más	14
TOTAL	100

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

La mitad de la población del centro poblado de Omaya (56%) tiene ingresos de 201.00 a 400.00 nuevos soles, un 18% de la población tiene ingresos de 401.00 a 700.00 nuevos soles semanales, entre otros resultados con menores porcentajes.



FOTO Nº 05 En el centro poblado de Omaya se encuentra una Posta Medica perteneciente a la Red de Salud Kimbiri-Pichari-Villa Virgen.



FOTO Nº 06 El centro Poblado de Catarata y la comunidad de Tarancato cuenta con el programa Cali Warma (Cuna Más) en donde los bebes son cuidados mientras sus padres trabajan en las chacras de la zona. Sin embargo la infraestructura del centro es muy precario y construida a base de madera y calamina.

2.5.2 Educación

Según datos obtenidos de la UGEL PICHARI-KIMBIRI-VILLAVIRGEN, en la zona de estudio se encuentran tres instituciones educativas del nivel inicial las cual tienen 63 alumnos matriculados (año 2014) que constituyen el 18.48% de la población estudiantil. En el nivel primaria existen 3 instituciones educativas con 162 estudiantes equivalente a 47.50% de los estudiantes matriculados. En educación secundaria existen 2 instituciones educativas con 116 estudiantes equivalente a 32.02%. Cabe señalar que la infraestructura de las instituciones contrastan con la población estudiantil, ya que son construcciones con áreas muy grandes para el alumnado con el que cuenta creando problemas de deserción escolar.

Cuadro Nº 05: Instituciones educativas en el área de estudio

	I.E	LUGAR	DISTRITO	ALUMNOS	%
INICIAL	IEI. N° 755	Catarata	Pichari	27	7.92
	IEI. N° 756	Omaya	Pichari	23	6.74
	IEI. N° 776	Tarancato	Pichari	13	3.82
PRIMARIA	IE.N° 501345	Catarata	Pichari	77	22.58
	IE. N° 38632	Omaya Alta	Pichari	59	17.30
	IE. N° 38824	Tarancato	Pichari	26	7.62
SECUNDARIA	IE. OMAYA	Omaya	Pichari	49	14.37
	IE.N° 501345	Catarata	Pichari	67	19.65
TOTAL ALUMNOS				**341**	**100**

Fuente: UGEL Pichari -Kimbiri-Villa Virgen



FOTO Nº 07 Institución Educativa N° 38632 en el centro Poblado de Omaya, esta infraestructura ha sido construida con los fondos del canon gasífero que recibe la Municipalidad Distrital de Pichari.

Cuadro N° 06: Grado de instrucción de la población de Omaya

GRADO DE INSTRUCCION	PORCENTAJE (%)
Primaria	51
Secundaria	35
Superior	9
Sin estudios	5
TOTAL	100

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

El grado de instrucción predominante en los pobladores de Omaya es primario con un 51%, seguido del nivel secundario con un 35%; el 9% de la población cuenta con estudios superiores y sólo un 5% no tiene ningún tipo de estudios.



FOTO Nº 08 Institución Educativa N° 501345 (Primaria y Secundaria), en el centro Poblado de Catarata, esta infraestructura ha sido construida con fondos del canon gasífero que recibe la Municipalidad Distrital de Pichari.



FOTO Nº 09 Institución Educativa Inicial N° 755, en el centro Poblado de Catarata, esta infraestructura ha sido construida con los fondos del canon gasífero que recibe la Municipalidad Distrital de Pichari.



FOTO Nº 10 Institución Educativa Inicial N° 776, en la comunidad de Tarancato.



FOTO Nº 11 Institución Educativa Primaria N° 38824, en la comunidad de Tarancato.

2.5.3 Vivienda

En La zona la mayor parte de las familias viven hacinadas, con dos habitaciones, en la mayoría de los casos se encuentra una sola habitación.

Las viviendas están construidas de madera por la abundancia en la zona, con techo de calamina, el piso es de tierra, salvo en algunos casos de material noble. En su mayoría no existe un área adicional como patio, es decir, que la parte frontal de la vivienda y la parte posterior de ella es una calle.

Según los datos consignados en el siguiente cuadro, el material predominante en las paredes de las viviendas son por lo general de madera, seguido por los de material de adobe y muy escasamente de concreto mediante albañilería confinada; los techos son de calamina y palma, y el piso es de tierra, por lo que se deduce las condiciones inadecuadas de habitabilidad de las viviendas.



FOTO Nº 12 Comunidad de Nueva Alianza, se encuentra ubicada en un cerro en el que se aplano parte de su ladera. Las casas están construidas de madera y calamina, cabe resaltar que los pobladores viven acá por la cercanía a sus chacras y también cuentan con viviendas en la capital del distrito.



FOTO Nº 13 Comunidad de Tarancato, se encuentra ubicada en la quebrada del mismo nombre, sobre material que fue depositado por los huaycos que ocurren en la quebrada.

Cuadro Nº 07: Tenencia de la vivienda en la comunidad de Omaya

TENENCIA DE LA VIVIENDA	PORCENTAJE (%)
Propia	90
Alquilada	10
TOTAL	**100**

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

El 90% de la población cuenta con viviendas propias y sólo un 10% alquila una vivienda para residir en Omaya. El uso de las viviendas se da principalmente para habitar (80%) y para alguna actividad asociada en un 20%. El 55% de los pisos de las viviendas es de tierra y el 45% es de cemento pulido y/o cerámica.

Cuadro Nº 08: Uso de la vivienda en la comunidad de Omaya

USO DE LA VIVIENDA	PORCENTAJE (%)
Sólo vivienda	80
Vivienda y otra actividad asociada	20
TOTAL	100

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

Cuadro Nº 09: Material predominante en el piso de las casas en la comunidad de Omaya

MATERIAL	PORCENTAJE (%)
Tierra	55
Cemento / cerámica	45
TOTAL	100

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

Cuadro Nº 10: Material predominante en la pared de las casas en la comunidad de Omaya

MATERIAL	PORCENTAJE (%)
Madera	62
Ladrillo	22
Adobe	16
TOTAL	100%

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

El 62% de las paredes de las viviendas de la comunidad de Omaya son de madera, 23% de ladrillo y 16% de adobe.

Cuadro Nº 11: Material predominante en el techo de las casas en la comunidad de Omaya

TIPO DE RESIDENCIA	PORCENTAJE (%)
Calamina	90
Aligerado	9
Otro	1
TOTAL	100

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

El material predominante en los techos de las casas de la comunidad de Omaya es de calamina en un 90%, 9% material aligerado y el 1% de otro material.

Servicio de Energía Eléctrica

El servicio de Energía eléctrica para la comunidad de Omaya, proviene de la mini central hidroeléctrica de Kimbiri Alto, con apoyo esporádico de la subestación de San Francisco.



FOTO Nº 14 Los centros poblados de Omaya y Catarata así como sus respectivas comunidades y anexos cuentan red eléctrica aérea, la cual durante precipitaciones intensas sufre desperfectos (apagones).

Cuadro Nº 12: Acceso a servicios básicos en la comunidad de Omaya

SERVICIOS BÁSICOS	PORCENTAJE (%)
Solo energía eléctrica	1
Solo agua potable	3
Todos los servicios	96
TOTAL	100

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

La mayoría de los pobladores de la comunidad de Omaya (96%) en general cuenta con todos los servicios básicos.

Medios de Información

La mayoría de los pobladores no leen los diarios en el mismo día de su edición, por lo general los periódicos se venden por las noches y un día posterior de la emisión, debido a la lejanía del distrito con respecto a la capital.

Servicio de comunicación

Las comunidades de Omaya, cuentan con el servicio de telefonía móvil (celular) la cual representa el 33%, radio el 50.0% y televisión de señal abierta el 14%.

Cuadro Nº 13: Servicios de comunicación

COMUNICACION	PORCENTAJE
Radio	50
Celular	33
Televisión	14
Ninguna	03
Teléfono	0
TOTAL	**100%**

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.

Así mismo se tiene como preferencia la emisora radial “Tropicana” con 92.94%, seguido de estación VRAE con 3.53%.

2.5.4 Actividad Económica

Actividad Agrícola

En el área de influencia del proyecto se tiene que el 62% de los pobladores se dedica a la actividad agrícola y el 14% al comercio de abarrotes, comida y/o servicios públicos.

La producción agrícola clasificada según su destino o uso principal, se dedica en un 22% al autoconsumo. El 75% de la producción de cacao, plátano, café, entre otros se vende a los intermediarios y empresas acopiadoras que se encuentran en la zona. El 0.76% de la población lleva sus productos para vender en la capital.

Los principales cultivos en la localidad de Omaya son: cacao y plátano, con 48.10% y 18.57%, respectivamente. Dos cultivos que representan la economía de OMAYA, debido a su importancia económica. El cacao se destina casi en su integridad al mercado internacional, a través de cooperativas, empresas locales y nacionales.

Cuadro Nº 14: Cultivos de las comunidades de Omaya

PRODUCTO	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)
Cacao	101	48.10
Café	10	4.76
Achiote	0	0.00
Yuca	17	8.10
Arroz	8	3.81
Maíz	13	6.19
Maní	2	0.95
Frijol	10	4.76
Plátano	39	18.57
Cítrico	10	4.76
TOTAL	**210**	**100**

Fuente: Gerencia de Desarrollo Social - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI censo del año 2014.



FOTO Nº 15 La agricultura que se desarrolla en la zona se realiza sin estudios técnicos, ni sistemas de irrigación, tampoco se utilizan sistemas de andenería.



FOTO Nº 16 El principal producto de la zona es el cultivo de la hoja de coca, aunque no esté considerado en la encuesta anterior. El segundo cultivo es el cacao.

Actividad Pecuaria

La actividad pecuaria sólo es un complemento a la actividad agrícola. Se crían principalmente aves de corral 66.0%; porcinos, 3.3% y vacunos, 0.7% del total de la producción pecuaria. En valores absolutos estas proporciones son mínimas para el consumo local, proporción muy pequeña para cubrir dicha demanda; 10% se destina al autoconsumo. Esta actividad no tiene importancia económica debido a la escasa práctica de las familias a desarrollarla. La crianza de ganado vacuno se ve restringida también, por la escasa proporción de tierras aptas para dicha actividad.

Turismo

En la zona de estudio la actividad turística está en auge, y es por ello que la municipalidad distrital de Pichari viene formulando proyectos para fomentar la actividad turística en el distrito. En tal sentido uno de los lugares más visitados en el distrito son las cataratas en el centro poblado del mismo nombre. Se cuenta con 6 imponentes cataratas muy atractivas al visitante.

Cuadro N° 15: Nivel de importancia de la población a la recreación y esparcimiento

Importancia de disponer de un área de recreación y esparcimiento	Porcentaje (%)
Muy importante	70
Importante	30
Poco importante	0
No es importante	0
Total	**100**

Fuente: Oficina Formuladora de proyectos de la Municipalidad distrital de Pichari

Para los pobladores de Omaya, la importancia de tener un área de recreación y esparcimiento es muy importante en un 70% e importante en 30%.

Cuadro N°16: ¿A qué lugares de esparcimiento acude con su familia?

	Porcentaje (%)
Las cataratas	46
Piscigranja MDP	7
Parque principal	13
Parque del deporte	0
Río Pichari/Apurímac	0
Puerto Mayo	1
Zoológico de Sivia	4
Otros	0
Todas las anteriores	1
A varios de éstos	28
Total	**100**

Fuente: Oficina Formuladora de proyectos de la Municipalidad distrital de Pichari

Los pobladores de Omaya, acuden principalmente a las cataratas (46%) para realizar sus actividades de recreación y esparcimiento.

III. COMPLEJO TURISTICO: CATARATAS

El complejo turístico de Cataratas pertenece a la localidad del mismo nombre en el distrito de Pichari, tiene una altitud de 800 msnm. Se encuentra a 20 minutos de la capital del distrito, ubicado en ceja de selva entre los distritos de Kimbiri y Pichari respectivamente.

Limita de la siguiente manera:

Por el norte con: Tarancato y Unión Tarancato

Por el sur con: Ubiato y Villa el Salvador

Por este con: Nueva Alianza.

Por el oeste con: Omaya.

Catarata es el nombre de la población en cuya jurisdicción se encuentran estas 6 cascadas o saltos grandes de agua ubicadas de manera ascendente. Para llegar a cada una de ellas es necesario realizar caminatas por senderos relativamente estrechos en donde la conexión con la naturaleza es directa.

La primera se denomina “Ángela”, y está ubicada aproximadamente a 20 minutos del pueblo de Catarata, esta catarata tiene una caída de aproximadamente 130 metros de altura y se ubica a una altitud de 950 msnm. A solo 30 metros de distancia cuesta arriba se encuentra el “Ángel” con una caída de 100 metros de altura y una altitud de 980 msnm. El tiempo entre una y otra catarata es de 10 minutos, dichas cataratas están prácticamente casi juntas, por ello el singular nombre, pero además según la población y sobre todo a primera hora de la mañana cuando el sol cae perpendicularmente sobre ellas, irradian un resplandor impresionante acompañada de arcoíris, asemejándose más bien a dos ángeles que brillan en medio del paraíso.

Seguimos cuesta arriba aproximadamente 40 minutos y encontraremos las cascadas llamadas “Salto del Gallito” y “Secreto del Amor”, con una caída de 30 y 15 metros respectivamente, ubicada a 1,173 msnm, denominada así porque en la

zona abundan los gallitos de las rocas, aves de color rojo intenso y alas negras que asemejan a un gallo de pelea. Y la segunda porque pareciera ser el jardín de la diosa Afrodita, ya que tienen una energía especial que atrae a los amantes al lugar, que favorece al amor, por ello es el lugar predilecto y favorito de las parejas.

Muy cerca, a 20 minutos de caminata se encuentra la catarata más bella del VRAE, con 130 metros de caída, llamada “Velo de Novia”, por su forma caprichosa que asemeja a una mujer gentil, bella y gigante, cuyo velo impresionantemente blanco es sutilmente ondeado por el viento, pero al mismo tiempo muy difícil de dominar, porque fotografiarla de cerca es un verdadero problema. Se ubica a 1.275 msnm.

A 30 minutos de distancia está el “Rey del VRAE”, la catarata más alta respecto a las demás porque se ubica a 1.380 msnm. Jerárquicamente está en la punta de la pirámide al igual que un Rey, cuya caída de 120 metros es grandiosa, majestuosa, y señorial. Ciertamente es todo un reto llegar allí pero al apreciar su belleza vale la pena el recorrido, además el viaje de retorno permite observar las distintas especies de árboles, aves, insectos y flores con más detalle.

La experiencia vivida durante su recorrido no se compara con nada, es tal la energía positiva de este sector que verdaderamente uno da gracias a dios por estar vivo, además de tener la oportunidad de recorrer sus caminos y de sumergirse en su aguas pareciere que curase todo mal, esta inmensidad turística es el potencial más importante de la cuenca del río Omaya.



FOTO Nº 17 El centro poblado de Catarata cuenta con 6 imponentes cataratas las cuales en época de verano son más caudalosas. Estas cataratas se desarrollan sobre rocas precámbricas del complejo Pichari – Cielo Punku (rocas granulitas). Las cataratas son consideradas como potencial Turístico de la zona.

IV. ASPECTOS CLIMÁTICOS

4.1 Factores Atmosféricos

En la zona de estudio no se cuenta con una estación meteorológica. La estación más cercana se encuentra en el distrito de Kimbiri.

La cuenca del río Omaya se ubica en la zona de Selva alta, en zona tórrida de Capricornio, por lo que tiene un clima predominante tropical húmedo.

Las estaciones meteorológicas más cercanas son dos, una en el Distrito de Sivia y la otra en el Distrito de Kimbiri, ambas se encuentran operativas. Hay que tener en cuenta que los datos registrados corresponden a registros de cuatro años.

Las características del clima y en especial la pluviosidad existente en la zona constituyen un factor de riesgo en la zona, que incide directamente en la calidad de las vías y por ello afecta su buen estado, requiriéndose un mayor mantenimiento.

4.1.1 Temperatura

La temperatura media anual es de 25°C, con temperaturas máxima media de 32 °C y temperaturas medias menores a 19°C, estos parámetros se presentan en la cuenca del río Omaya como en ambas márgenes del Río Apurímac y el Ene.

4.1.2 Humedad Relativa

La humedad relativa promedio en la cuenca del río Omaya alcanza el 85%.

4.1.3 Evaporación

La radiación solar tiene un promedio diario que fluctúa entre 280 cal/gr./cm2 y 450 cal/gr./cm2, lo que satisface plenamente la demanda energética de los cultivos.

La evaporación resultante es del orden de 700 – 1,400 mm/año, dejando mucha agua disponible para ser usado por la planta o para infiltrarse a través del suelo.

4.1.4 Precipitación

El clima se caracteriza por las altas precipitaciones (1,800 mm a 2,200 mm. /Anuales); se presentan en los meses de diciembre a Abril, llegando a un rango de 500 a 700 mm./mensuales, las mínimas precipitaciones se presentan en los meses de Junio-Agosto ésta no baja de 80 mm/mensuales. Las lluvias en la zona se ven influenciadas por los vientos del Este, Nor-Este y Sur que traen consigo nubes húmedas, provenientes de la llanura amazónica.

4.2 Factor Hidrológico

La red hidrográfica de la zona de estudio está determinada por la cuenca del rio Omaya y dos sub cuencas, las de los ríos Catarata y Tarancato. El rio Omaya desemboca en el Río Apurímac “El que habla como señor”, el que luego de un recorrido aproximado de 180 Km. se une al Río Mantaro para formar el Río Ene, estos integran la gran Cuenca Amazónica, sus aguas se dirigen hacia la vertiente del Atlántico. El Río Apurímac recibe numerosos afluentes por ambas márgenes, se distinguen más de 30 subcuencas y 130 microcuencas que tributan al Río Apurímac y Ene; estos tributarios presentan características físicas y químicas muy diferentes tanto en las partes bajas como en las partes altas.

Esta confluencia de ríos forma una red hídrica integrada y sirve como regulador de la temperatura y por ende del clima, además ofrece grandes posibilidades de aprovechamiento de infraestructura de riego, que determinaría el incremento de la producción y productividad de las zonas agrícolas, hidroeléctricas, piscícola, e industrial.

V. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOGRÁFICOS

5.1 Geología

La geología de la cuenca de del río Omaya está constituido esencialmente por rocas metamórficas del complejo metamórfico Cielo Punku – Pichari en la cabecera de la cuenca. Estratigráficamente en el área de estudio afloran rocas sedimentarias de ambiente marino - continental principalmente del Paleozoico que suprayacen a rocas metamórficas del Neoproterozoico que son cubiertas por depósitos aluviales recientes. El Paleozoico está representado en el Ordovícico por pizarras del Grupo San José y cuarcitas de la Formación Sandia, en el Silúrico se muestra la Formación Ananea con una secuencia de pizarras y lutitas intercaladas.

Las secuencias Cenozoicas del Cuaternario están representadas por depósitos: Aluviales, Coluviales, Fluviales y Eluviales.

El complejo metamórfico Cielo Punku está compuesto por granulitas cuyas edades son del proterozoico.

Los fenómenos de geodinámica externa se manifiestan en forma de fenómenos de remoción en masas: deslizamientos, caídas, flujo de detritos y erosión de laderas; la deforestación y las actividades humanas en la zona contribuyen a la ocurrencia de estos fenómenos y a la contaminación ambiental.

El mapa geológico – estructural muestra la distribución espacial de las unidades litológicas así como las principales estructuras de la zona de estudio. El mapa fue elaborado en dos etapas, la primera consistió en la interpretación de Imágenes Multiespectrales RapidEye (5m resolución), fotografías aéreas y la recopilación de los trabajos realizados anteriormente. La segunda etapa consistió en el trabajo de campo con cartografía y toma de datos.

5.1.1 Afloramientos Rocosos

5.1.1.1 Proterozoico

Las rocas más antiguas que constituyen el basamento de la cuenca son de probable edad proterozoica, constituyen parte de la cordillera oriental y algunas partes de la Faja Subandina, cuyas secuencias han sido afectadas por tectonismo. (DALMAYRAC B. 1970)

Granulitas – Gneis Pichari-Cielo Punku

Este complejo metamórfico se emplaza conformando parte del bloque denominado Pichari-Cielo Punku como el basamento y el núcleo del anticlinorio de Vilcabamba. Estas rocas han sido afectadas por un tectonismo polifásico (Dalmayrac, B. 1970) y por metamorfismo de intensidad variable (Audebaud. 1971) que han dado origen a gneis, esquistos y filitas. Esta unidad está conformado por Cuarzos, feldespatos, plagioclasas y en menor cantidad presencia de minerales de Granate, Biotita, ortopixenos y otros.

Esta unidad fue delimitada mediante la interpretación y análisis de las imágenes satelitales RapiedEye 5m, así como en los trabajos de campo realizados, en donde se ha identificado afloramientos insitu. Esta unidad ha desarrollado morfologías agrestes muy fracturadas y afloran principalmente en el centro poblado de Catarata, donde se observan 7 cataratas turísticas.

El Complejo Metamórfico se encuentra distribuido en la parte sur del distrito de Pichari con una orientación NW-SE, en el Centro poblado de Catarata, el contacto con las zonas Paleozoicos se ubica antes de llegar a la Catarata Ángel de ahí hacia arriba predomina totalmente.

En las quebradas Catarata y Pichari afluentes de la margen derecha del río Apurímac aflora esta unidad de manera discordante a las pizarras del Grupo San José.

El macizo rocoso de esta unidad se caracteriza por presentar en algunos casos deformación plástica, en pliegues pequeños, los que tienen una tendencia lineal

ligeramente ondulante y son afectados por una intensa deformación formando estructuras planares así como múltiples fracturas que se muestran en la Foto N19.

La edad de las granulitas, está marcada por un evento cuya naturaleza exacta no está bien conocida y que se situaría alrededor de 1 000 Ma. Este hecho es interesante porque este evento no se registra en la región de la costa, donde la orogénesis de 600 Ma, se superpone dilectamente a la de 2 000 Ma. Por lo tanto el metamórfico de Pichari-Cielo Punku no está afectado por las orogénesis de 600 Ma. Esto nos indicaría que esta región se encuentra en el borde la Cadena Brasileña-Peruana, la que constituye el substrato de la cuenca amazónica al norte de la inflexión de Abancay. (DALMAYRAC B. et al. 1977, 1988)

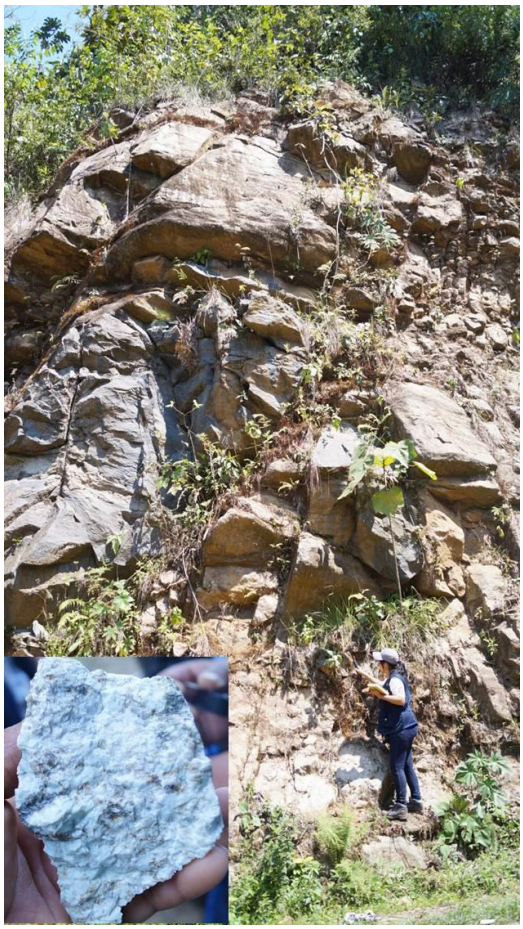


FOTO Nº 18 Macizo rocoso del complejo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, localizado en la comunidad de Tarancato. En la muestra de roca se observan cristales de cuarzo de 0.5 a 1 cm de longitud.

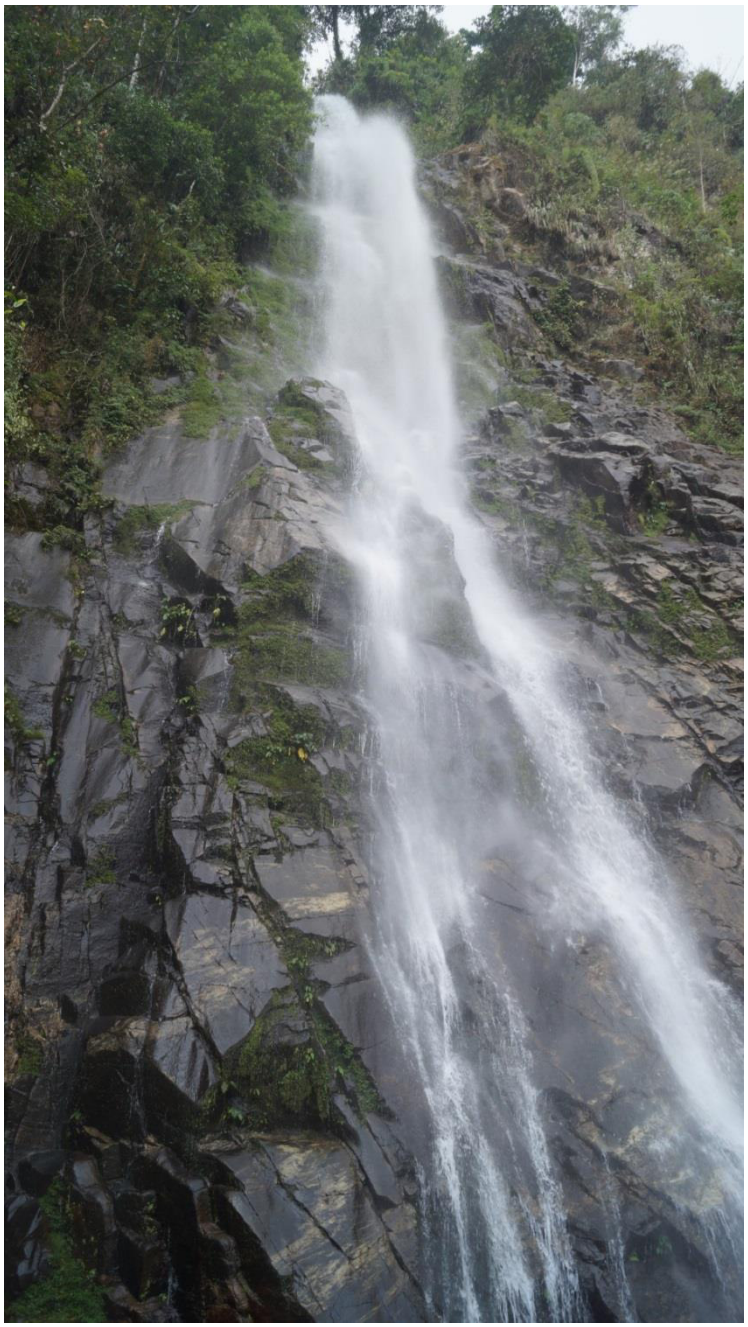


FOTO Nº 19 Vista parcial del afloramiento rocoso del complejo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, localizado en la quebrada Catarata donde se observa a las granulitas manteniendo un alineamiento de sus minerales a causa de la deformación intensa, así como múltiples fracturas en el macizo rocoso.

5.1.1.2 Paleozoico

En el área de estudio predominan secuencias sedimentarias del paleozoico inferior. La secuencia Ordovícico inferior-media con una sedimentación predominantemente constituida de secuencias de pizarras con graptolites.
La secuencia Ordovícico superior, constituida principalmente por una sedimentación detrítica marina, correspondientes a facies de regresión.
Las rocas siluro-devonianas que son intercalaciones de areniscas y lutitas con escasa fauna.

Grupo San José (Ordovícico)

Esta unidad aflora en dirección NW-SE, sobre este grupo se ha asentado el centro poblado de catarata, unión Nueva Esperanza y Unión Tarancato alto. El grupo San José infrayace a la formación Sandia.

Litológicamente está compuesto por pizarras y lutitas, su característica principal es la presencia de fósiles y Pirita. En el Grupo San José se puede diferenciar dos unidades, las cuales poseen características marcadas, el miembro inferior mantiene contacto con el complejo metamórfico, está constituido por pizarras ampelíticas en capas delgadas y fuertemente facturados, presentan coloraciones oscuras y sobre todo la presencia de patinas de oxidación debido a la presencia de Pirita diseminada. El miembro superior está en contacto con la formación Sandía infrayaciéndola, está constituida de una secuencia de pizarras, areniscas de grano fino con presencia de fósiles, también se puede observar la presencia de patinas de oxidación de pirita en mayor cantidad en las lutitas pizarrosas que se encuentran en el miembro superior.



FOTO Nº 20 Afloramiento rocoso en el que se observa una estructura circular producto de los esfuerzos y deformaciones en la localidad de Nueva Alianza



FOTO Nº 21 Afloramiento en el que se observa las pizarras del grupo San José, en el borde izquierdo inferior se distingue un fósil localizado en la localidad de Nueva Alianza



FOTO Nº 22 Fósiles encontrado en afloramiento de pizarras del grupo san José; localidad de Nueva Alianza



FOTO Nº 23 Fósiles encontrado en afloramiento de pizarras del grupo san José; localidad de Nueva Alianza



FOTO Nº 24 Fósiles encontrados en afloramiento de pizarras del Grupo San José en la localidad de Nueva Alianza.



FOTO Nº 25 Afloramiento en el que se observa las pizarras competentes del Grupo San José, en el borde derecho inferior se observa un fósil encontrado en la localidad de Nueva Alianza.



FOTO Nº 26 Afloramiento en el que se observa las pizarras competentes del Grupo San José en la localidad de Tarancato.

Formación Sandia (Ordovícico superior)

Esta formación fue estudiada por LAUBACHER G. (1973) quien la define como una secuencia de cuarcitas y pizarras que afloran en el valle del río Sandia y en la Cordillera Oriental.

Esta secuencia infrayace a la formación Ananea, en el área de estudio esta secuencia de cuarcitas afloran en el desvío de Tarancato y Catarata.

Esta unidad tiene características resaltantes debido a su competencia, por lo cual se considera como un nivel guía en las interpretaciones de las imágenes del satélite, fotografías aéreas y en el campo (FOTO N 28); presentan estructuras continuas de carácter regional. En el área de estudio sigue un rumbo NW.

Sandia está constituida por un paquete competente de cuarcitas color gris claro a blanquecinas en capas gruesas resistente a la erosión.



FOTO Nº 27 Afloramiento de cuarcitas competentes y duras, Formación Sandia (Ordovícico), localizado en la comunidad de Catarata.

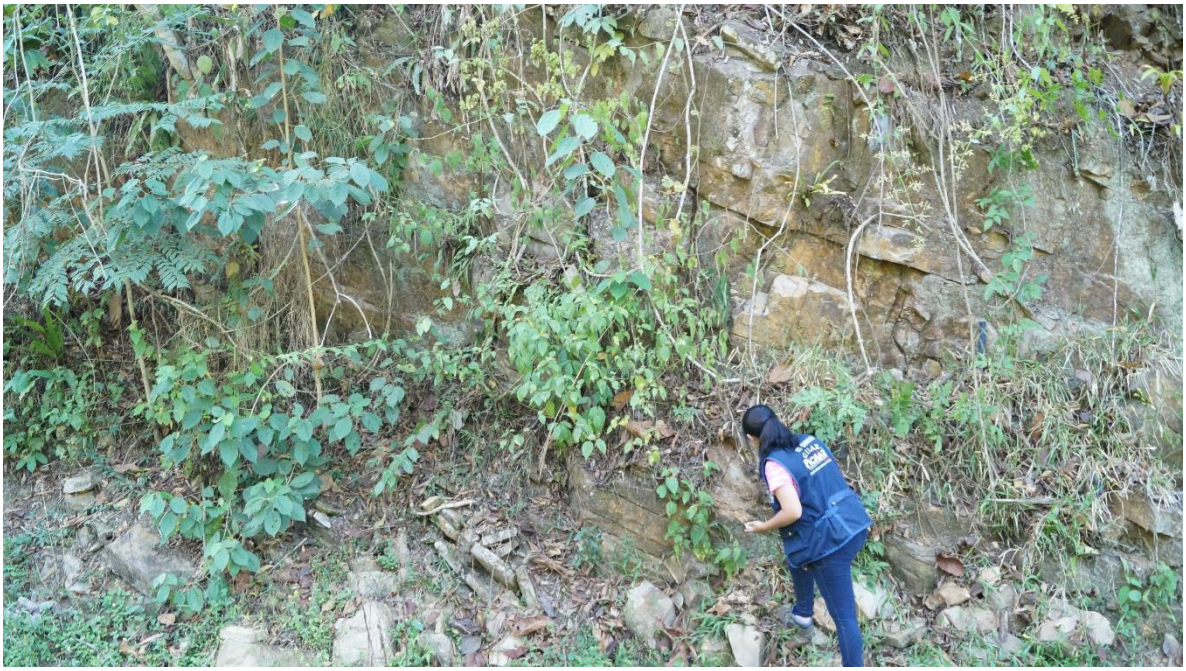


FOTO Nº 28 Afloramiento de cuarcitas competentes y duras, Formación Sandia (Ordovícico), localizado en la comunidad de Tarancato.

Formación Ananea

A una gruesa y continua secuencia pizarrosa, pelítico – samítica, que aflora en la localidad del mismo nombre al NE del departamento de Puno, formando parte de la Cordillera Oriental, LAUBACHER G. (1973) la denomina como Formación Ananea, la cual se prolonga hasta el vecino país de Bolivia donde se le conoce como cordillera Real.

Esta formación suprayace a la formación Sandia, aflorando en el centro poblado de Omaya y en el anexo Buenos Aires, litológicamente en la cuenca predominan las secuencias de lutitas, las cuales en determinadas zonas se intercalan con secuencias de pizarras, limolitas y areniscas cuarzosas en capas delgadas.

La Formación Ananea morfológicamente se caracteriza por presentar relieves suaves, sin embargo en otros casos es inestable debido a las pendientes pronunciadas y el alto buzamiento del estrato. La deforestación en el territorio conjuntamente con la pendiente de los estratos origina de manera constante la remoción de masas.



FOTO Nº 29 Afloramiento de lutitas de alta pendiente que presenta ondulitas en sus estratos, Formación Ananea (Silúrico), localizada en el centro poblado de Omaya

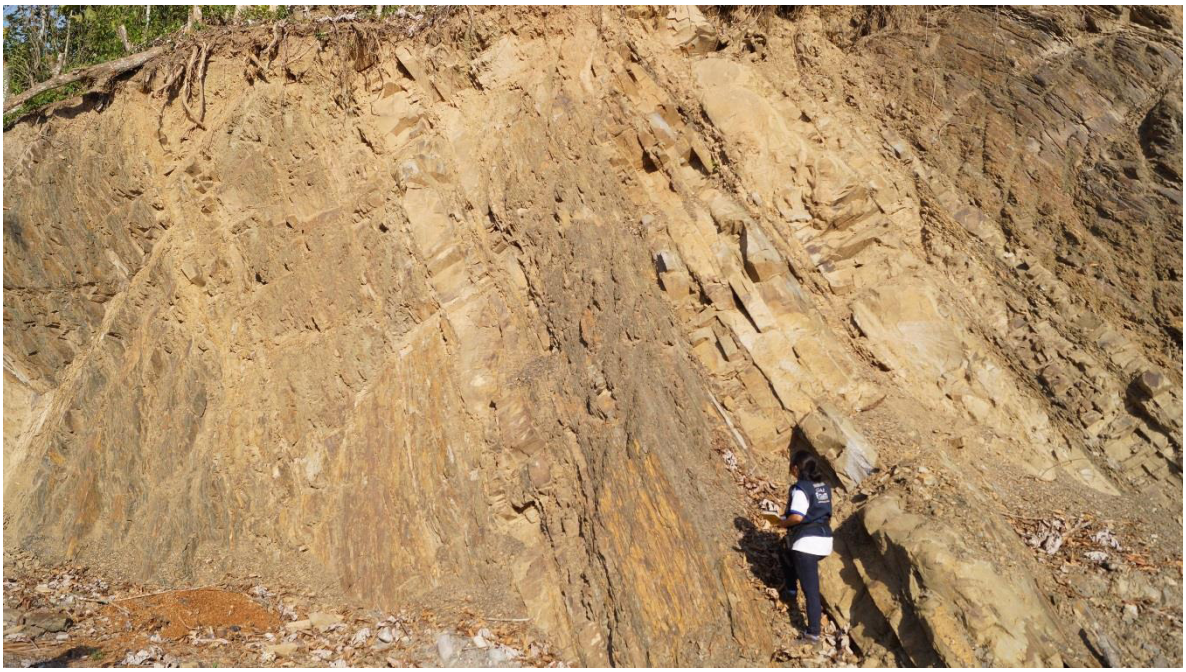


FOTO Nº 30 Intercalación de estratos de areniscas con lutitas y algunos niveles de pizarras, Formación Ananea (Silúrico), localizada en el centro poblado de Omaya

5.1.2 Depósitos de cobertura o recientes

Los depósitos de cobertura en la zona son suelos que están en proceso de formación, resultado de la acumulación del material que proviene de las formaciones (Pichari-cielo Punku, san José, Sandia, Ananea) que rodean la cuenca Omaya.

Estos depósitos se pueden apreciar en mayor extensión en el fondo del valle y quebradas. Sobre estos suelos se desarrolla la mayor parte de la actividad agrícola.

5.1.2.1 Depósitos Coluviales

Este depósito está constituido por material fragmentado que ha sido transportado y acumulado por acción de la gravedad, en la zona de estudio se observa material de forma y tamaño heterogéneo en las laderas de los cerros y son más frecuentes donde se ha realizado cortes de carreteras.

5.1.2.1 Depósitos Aluviales

Este depósitos se encuentran principalmente a lo largo del fondo de valle de los ríos Apurímac y Omaya, forman zonas de inundación, terrazas altas y bajas, presentan pendientes suaves a moderadas; se consideran como las mejores áreas de cultivo, están constituidos mayormente con clastos redondeados debido al transporte que ha sufrido el material el cual tiene una matriz limo arcillosa de composición heterogénea y diversas proporciones.

5.1.2.2 Depósitos Eluviales

Está formado por material que no ha sufrido transporte, son suelos que se encuentran en proceso de formación por la presencia de precipitaciones y meteorización en las partes altas de la zona de estudio, están constituidas por clastos angulosos por no sufrir transporte alguno.

5.1.3 Condiciones Estructurales

La ocurrencia de eventos tectónicos en diferentes fases ha producido desde el Precámbrico hasta el Pleistoceno superior el modelado de los relieves actuales. En épocas geológicas pasadas han jugado un papel muy importante en la configuración del contexto Paleogeográfico, que se asume, controlaron la sedimentación y la deformación de las unidades geológicas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas.

La deformación y fallamiento en el Valle del río Apurímac presentan orientaciones NW-SE paralelo al rumbo andino, siendo las estructuras principales las de tipo longitudinal y fracturamiento con menor grado de plegamiento.

La formación Sandia se encuentra intersectada por una falla inversa regional.

5.2 Geomorfología

El área de estudio está representada por una cuenca con dirección Noreste, que esta interceptada por el Río Omaya. El relieve esta disectado con pequeños abanicos de extensión local. Los terrenos planos predominan en el valle y los terrenos montañosos (Cordillera Oriental) ocupan la cabecera de la cuenca. Las altitudes varían entre los 600 y 2500 msnm.

La red hidrográfica está representada por los ríos Catarata y Tarancato los cuales nacen en la cabecera de la cuenca y al unirse dan paso al río Omaya que se extiende a lo largo del valle pasando por colinas onduladas hasta desembocar en el rio Apurímac donde se observan terrazas fluviales.

Mediante el estudio de imágenes satelitales y trabajos realizados en campo, se definieron las unidades geomorfológicas.

En el área de estudio se observa una unidad geomorfológica regional que es "La Cordillera Oriental", y localmente se han diferenciado siete unidades geomorfológicas que son: Montañas metamórficas precámbricas y paleozoicas, Laderas escarpadas, Abanicos proluviales, Colinas denudadas, Planicies erosivas pleistocénicas y Vale fluvial.

5.2.1 Unidades Geomorfológicas Regionales

5.2.2.1 Cordillera Oriental

La cordillera Oriental constituye una unidad morfoestructural cuya característica principal es su geoforma montañosa discontinua que se distribuye a nivel regional, la cual presenta una topografía accidentada y agreste. El relieve es abrupto con terrenos accidentados, de flancos escarpados y en algunas zonas cortados por profundos valles y quebradas. Ha sido configurado por la tectónica Hercínica, pasando por sus fases Eohercínica, Tardihercínica y Nevadiana, las cuales se desarrollaron durante la era Paleozoica.

Se distribuye en el sector oriental de la Cordillera de los Andes, se extiende de sur a norte como una franja alargada relativamente, atravesando la zona Este de la cuenca del rio Omaya. Presenta terrenos cuya litología tuvo origen desde la era Precámbrica hasta fines del Triásico, pero en el sector de estudio está representado por rocas metamórficas (granulitas) del Complejo Pichari-Cielo Punku. Constituyen las elevaciones más importantes del área, con alturas que sobrepasan los 3000 msnm. En el VRAE y 2500 msnm. en la cuenca del río Omaya.

5.2.2 Unidades Geomorfológicas Localizadas

5.2.2.2 Relieve de Montañas metamórficas Precámbricas

Esta unidad se emplaza en el sector Noreste de la cuenca en el área de estudio y representa el rasgo morfológico más conspícuo por su gran desarrollo superficial, y por presentar las zonas de mayor altitud (punto más alto 2500 msnm.).

Forma una unidad alargada de dirección SE a NO, caracterizado por su relieve abrupto con elevadas cadenas de cerros y picos de altas y escarpadas laderas.

Esta morfología constituye el *divortium acuarium* entre las cuencas de los ríos Pichari y Quimbiri, así como del Apurímac con el Mantaro y Urubamba (Montañas de Cielo Punku) regionalmente.

La erosión fluvial e intemperismo son los principales procesos que han modelado estas montañas como lo atestiguan los valles tipo V. Litológicamente esta unidad está constituida por granulitas del complejo metamórfico de Pichari-Cielo Punku.

Son muy característicos en la zona procesos de escorrentía concentrada en forma de cascadas y cataratas con gran capacidad erosiva pese a la resistencia del material ígneo.

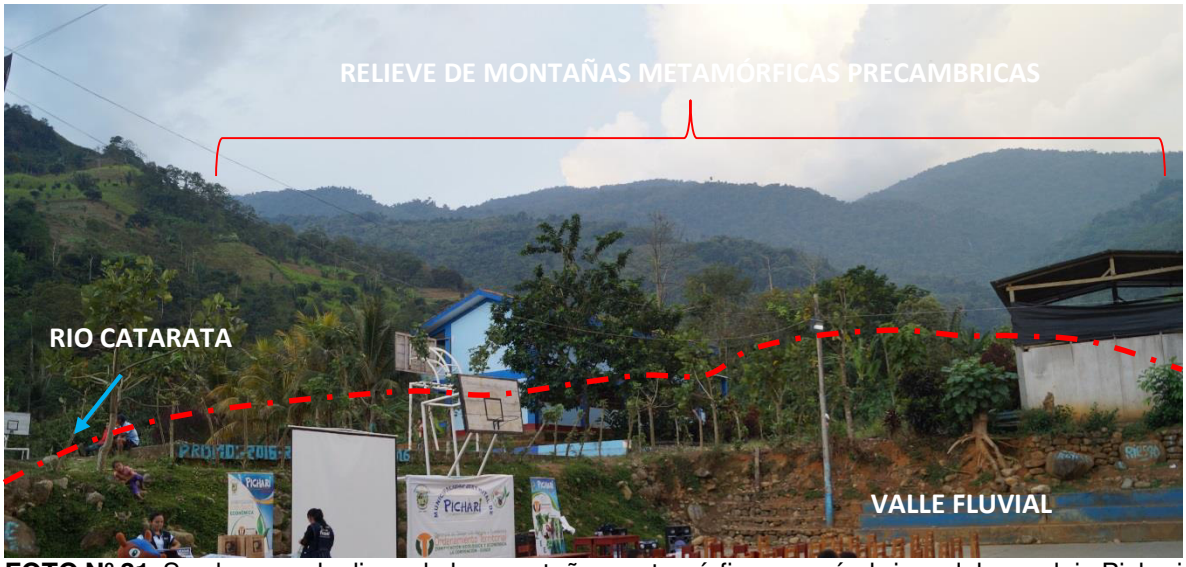


FOTO Nº 31 Se observa el relieve de las montañas metamórficas precámbricas del complejo Pichari – Cielo Punku que presenta laderas abruptas y empinadas, constituidas por granulitas. Centro poblado de Catarata

5.2.2.3 Montañas metamórficas paleozoicas

Se distribuye en el sector central de la cuenca del río Omaya con dirección NW-SE.

Las montañas metamórficas Paleozoicas dentro del dominio oriental, corresponden a un modelado de litofacies y han sufrido muchas etapas tectónicas, sobre todo en la fase Eohercínica. Poseen muy diversos materiales; pizarras, cuarcitas y lutitas. Sus formas son conspicuas de fuertes pendientes.

Los procesos erosivos son diversos; desde solifluxión, caída de rocas, deslizamientos, etc.

5.2.2.4 Colinas

Se encuentran en la parte central del área de estudio y comprende alineamiento de cerros de altitud moderada, la cual es atravesada por el valle formado por el río Omaya.

Esta unidad forma un nexo entre el relieve de montañas y el valle, caracterizándose por presentar un relieve moderado de terrenos ondulados de pendiente suave, que ha dado lugar a que los procesos de profundización de valles por erosión fluvial sean los preponderantes.

Las colinas se han desarrollado en rocas sedimentarias de la formación Ananea compuesta por la intercalación de areniscas con lutitas y pizarras. En la zona predominan las lutitas.

5.2.2.5 Laderas escarpadas

Superficie plana de alta pendiente, se encuentran limitando las laderas de montañas. Se desarrollan procesos erosivos: precipitación pluvial, deslizamientos y derrumbes.

5.2.2.6 Abanicos Proluviales

Son depósitos de flujos de detritos canalizados y forman abanicos en la parte final o desembocadura de una quebrada o curso fluvial.

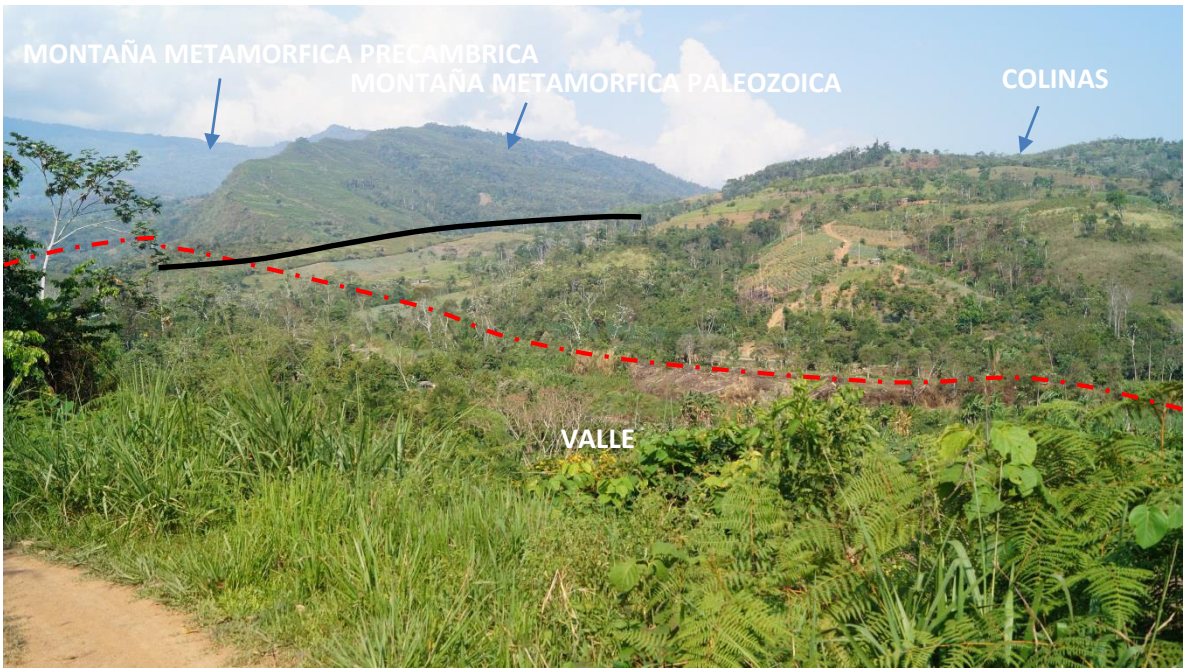


FOTO Nº 32 Se observa el relieve de las montañas metamórficas precámbricas, montañas metamórficas paleozoicas, colinas y el valle fluvial del río Omaya. La línea negra es la falla regional que atraviesa a la formación Sandia.

5.2.2.7 Valle fluvial

Se encuentra distribuido en la zona baja del área de estudio.

Se caracterizan por su sección transversal en V, pendientes moderadas y fondo plano. Rellenados con depósitos fluviales de gravas, arenas y presencia de terrazas.



FOTO Nº 33 *se observa el río Omaya en el centro poblado del mismo nombre. Este río ha formado un valle el cual es inundado en épocas de lluvia.*

5.2.2.8 Llanura de inundación fluvial del río Apurímac

El río Apurímac corresponde a un patrón de cauce con configuración trenzada. Se considera río trenzado porque cuando su llanura de inundación se divide en varios canales menores que suavemente se bifurcan y reúnen aguas abajo, son separados por numerosos islotes y playones llamados barras de cauce.

El material en la llanura de inundación está compuesta en su mayor parte por sedimentos de lecho; cantos gravas y arenas los que por su volumen, peso y tamaño son arrasados durante las crecidas. Las barras son inestables y cambian de tamaño, forma y posición después de cada crecida. Morfográficamente la llanura de inundación tiene una amplitud variada a todo lo largo de su curso, con sucesivos estrechamientos y ensanchamientos.

5.3 Pendiente

Cabe señalar que las pendientes varían en la zona de estudio, por lo que algunos procesos tienden a tener mayor importancia en la pendiente del talud.

En la zona de estudio se ha clasificado la pendiente en 6 grupos.

- Muy Baja: pendiente menor a 5°, forma parte del fondo del valle del rio Omaya.
- Baja: pendiente de 5° a 15° que se intercala con las de 5°, predominan en el valle del rio Omaya, en la quebrada Tarancato y en las colinas
- Moderada: pendiente de 15° a 25°, predomina en las laderas de las montañas.
- Mediana: pendiente de 25° a 35°, predomina en la parte alta de la cuenca.
- Fuerte: pendiente de 35° a 50°, predominante en las laderas de las cataratas.
- Muy Fuerte: pendiente mayor a 50° en las cataratas.

5.4 Uso actual de suelos

Los suelos de la cuenca del río Omaya tienen 5 usos principales:

a) Tierras con derecho de uso para explotación de materiales de construcción (cantera del que se extrae pizarra y se utiliza en las carreteras)
b) Tierras de uso turístico: área destinada al uso y protección con fines turísticos del circuito de cataratas.
c) Tierras de uso agropecuario con predominio de coca: se distribuye generalmente en laderas de montaña. Esta actividad produce una gran contaminación en la cuenca por la gran cantidad de fertilizantes que se usan en su cultivo.
d) Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos tropicales en valles intermontañosos: se distribuye principalmente en los valles del río Apurímac y Omaya. Esta área incluye laderas de montañas, colinas y terrazas. Se caracteriza por poseer un clima tropical húmedo con temperaturas que varían entre 21 y 35º C. Condiciones que favorecen el desarrollo de una gran variedad de especies, entre las más destacadas figuran: “arroz”, “frijoles”, “maíz”, “yuca”. “plátano”, “cacao”, “café”, “cítricos” (“limón”, “mandarina”, “naranja”, “toronja”), “piña·, “pijuayo palmito” y “hortalizas”.

VI. PELIGROS GEOLÓGICOS

La geología ambiental es una rama dentro de las ciencias de la tierra (Geología), que se encarga del estudio de las amenazas (peligros) de origen natural, amenazas o peligros que podrían ocasionar algún tipo de riesgo sobre la población, infraestructura y recursos naturales.

La importancia de esta rama en el VRAE y por ende en la cuenca del río Omaya, radica en que debido al clima tropical que posee así como sus características litológicas, en la zona se produce constantemente fenómenos de remoción de masas. Se debe dar el respectivo interés ya que el desarrollo económico en este lugar va creciendo y con ello las ciudades se expanden de manera caótica; en zonas urbanas como rurales donde se sigue construyendo viviendas y obras civiles en áreas expuestas a amenazas naturales.

Los centros poblados en la cuenca del río Omaya se ubican en las laderas de los cerros, quebradas y valles, estos lugares pueden ser denominadas zonas de riesgo por tratarse de lugares sujetos a la ocurrencia de fenómenos naturales; geológicos e hidrometeorológicos. La ocurrencia de diferentes fenómenos naturales que generan muchas veces desastres naturales, constituye un problema latente en el ámbito nacional y local por sus consecuencias destructivas, muchas veces catastróficas.

Las quebradas de la cuenca del río Omaya presentan las condiciones geológicas, geomorfológicas y climáticas para que se desarrollen peligros geológicos, tales como caídas de rocas y flujos de detritos, estos constituyen un problema latente.

6.1 Procesos de Geodinámica Interna

La geodinámica interna, está relacionada directamente a los fenómenos naturales de eventos sísmicos.

El peligro sísmico está relacionado a la definición de sismicidad, en particular a la exposición relativa y a la ocurrencia de eventos sísmicos por unidad de área. El peligro sísmico es la probabilidad de severidad del movimiento sísmico del suelo en un lugar determinado y en un periodo de tiempo dado.

Según el mapa de zonificación sísmica del Perú, la cuenca del río Omaya se encuentra comprendida en la zona 2 y le corresponde una sismicidad de intensidad baja.

Según registros sísmicos existen cuatro sismos cercanos a la zona de estudio:

MAGNITUD	FECHA	NORTE	ESTE
4.5	09/03/2015	8588657	628653
4.3	05/11/2005	8611406	638840
4.2	26/11/1990	8593303	630933
5.1	08/03/1977	8636310	608728

6.2 Procesos de Geodinámica Externa

En la cuenca del río Omaya, los procesos de geodinámica externa se evidencian en las características físicas de los bloques rocosos y depósitos recientes que se hallan a lo largo de la zona de estudio.

La descripción geomorfológica y litológica de la cuenca del río Omaya muestra la naturaleza de las rocas emplazadas, las estructuras geológicas (fallas y fracturas) que los afectan, las que conjuntamente con el clima tropical de la zona darán condiciones particulares para que en mayor o menor intensidad se produzcan fenómenos de geodinámica externa, llámese derrumbes, deslizamientos, erosiones, etc.

En la cabecera de la cuenca, a lo largo de los ríos Catarata, Tarancato y de las quebradas tributarias; debido al relieve muy agreste que se muestran las rocas metamórficas del complejo Pichari-Cielo Punku, donde las pendientes de los cerros son muy elevadas, se produce la erosión del relieve, generando fracturamiento en las roca y el desprendimientos posterior de estas, favorecidos por los agentes externos de erosión, llámese lluvias, cambios bruscos de temperatura, etc., propios del clima tropical de la zona. Las raíces de los arboles también contribuyen en el fracturamiento de las rocas. El material arrancado del afloramiento rocoso cae hacia las quebradas y luego es transportado por flujos de agua moderados durante todo

el año y excepcionales durante el fenómeno meteorológico de El Niño hasta depositarse en la parte inferior de la cuenca.

Las inestabilidades del terreno, que se relacionan con la naturaleza de las rocas y suelos, muestran que las rocas sedimentarias y metamórficas (lutitas y pizarras deleznables que se ubican en el segmento medio de la cuenca), son más propensas a las desestabilizaciones frente a las rocas del complejo metamórfico Pichari – Cielo Punku (que se ubican en la cabecera de la cuenca). En estas rocas se generan derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas etc.

En relación con los suelos, los materiales aluviales que se tienen en las cotas inferiores de la cuenca muestran una mayor estabilidad, debido a su mayor cohesión y por estar localizados en superficies de pendiente moderada a suaves; frente a los suelos coluviales que cubren las laderas de mediana a fuerte pendiente, que son susceptibles de remoción, sea por gravedad y lluvias. Las terrazas fluviales son frecuentemente erosionadas por el río sobretodo en el puente hacia la comunidad de Tarancato.

6.3 Geoindicadores Ambientales

Los Geoindicadores ambientales son medidas que se expresan en magnitudes, frecuencias, tasas y tendencias de los procesos y fenómenos geológicos que acontecen sobre la superficie terrestre o cercana a ella. Los geoindicadores están sujetos a variaciones significativas de tal manera que podamos comprender el cambio ambiental y climático en periodos que oscilan en alrededor de 100 años aproximadamente.

Mediante los Geoindicadores se puede evaluar eventos catastróficos que alteraran en cuestión de segundos el medio ambiente o eventos graduales que se desarrollan durante un periodo equivalente a una vida humana.

Estos tipos de indicadores describen procesos naturales capaces de cambiar por sí solos, sin necesidad de intervenciones antrópicas directas, aunque existen varias

formas de acciones humanas que pueden acelerar, retardar o desviar dichos cambios.

Los geoindicadores son importante porque una vez identificados, clasificados y evaluados en su totalidad los geoindicadores, se podrán elaborar programas de prevención de desastres naturales en la cuenca del rio Omaya.

Se puede aplicar los geoindicadores en la planificación de la expansión urbana y rural, para determinar de qué manera y en qué medida se producirán los cambios en el paisaje. Esto servirá para que las autoridades (planificadores) tengan una herramienta que les permita tomar decisiones responsables en el manejo y control del desarrollo urbano y rural en beneficio de su pueblo.

Los geoindicadores ayudaran a determinar el impacto ambiental que producirá una modificación en el sistema biótico y abiótico. Permite monitorear ecosistemas de forma continua, seleccionar prácticas de reforestación y determinar condiciones previas a toda planeación de proyectos extractivos (minería y petróleo), cambios en el uso de la tierra o construcción de obras ingenieriles como embalses, vías, canales, obras de desviación de cursos de ríos, escuelas, etc.

6.4 Terminología

Para un mejor entendimiento del estudio de riesgos geológicos a continuación se definirá los siguientes términos correspondientes al tema:

6.4.1 Peligro

En la guía para la Gestión del Riesgo de Desastres para la planificación del desarrollo local elaborado en el año 2008 por La Mesa de Concertación para la Lucha contra la Pobreza (MCLCP), Cáritas del Perú y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) definen al peligro como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el ser humano, potencialmente dañino, para un periodo específico y una localidad o zona conocida. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y la tecnología.

El peligro es el suceso amenazador o probabilidad de que se produzca un fenómeno (natural o antrópico) potencialmente dañino dentro de un periodo de tiempo y un lugar concreto, (UNDHA, 1993)

Los peligros naturales tienen cierta participación humana. La intervención humana puede aumentar la frecuencia y severidad de los peligros naturales, pueden también generar peligros naturales donde no existían (Heyman Arthur; 1987).

6.4.2 Amenaza Natural

La posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural en cierto sitio o región constituye una amenaza, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores (UNDHA, 1993).

La amenaza es la condición o proceso geológico potencialmente catastrófico' o bien a la 'probabilidad de que suceda un evento de este tipo durante un periodo de tiempo en un sitio dado' (Hauser, 1985; Sepúlveda, 1998).

Una amenaza es la probabilidad de que ocurra un determinado fenómeno natural destructor en un área y en un tiempo determinado (IUGS, 1997).
El "Natural Hazard" es definido por Varnes en el año 1984 como la probabilidad de que un fenómeno potencialmente dañino suceda en una zona determinada y dentro de un periodo especifico de tiempo. Este término es traducido por Corominas (1987), Ayala Carcedo (1987) denominándolo *"Peligrosidad"* y para autores sudamericanos como Núñez (1996) y Álzate (1999) lo denominan "*Amenaza".*

Según Varnes, (1984) se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de una intensidad determinada dentro de un periodo de tiempo y dentro de un área específica.

6.4.3 Susceptibilidad

Es el grado de predisposición que posee un lugar en el que se genere un determinado fenómeno natural. (Valenzuela - 2003)

Factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antrópico.(Lavell - 2003).

6.4.4 Factores Detonantes

Son aquellos que provocan o disparan un evento. (Valenzuela - 2003)

6.4.5 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es el grado de exposición de la población, infraestructura o del hábitat a uno o varios peligros. (Valenzuela - 2003)

Es el tanto por uno de perdida esperable de un determinado bien expuesto, debido a la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada; toma el valor 0 para ausencia de daño y 1 para pérdida total (UNDRO - 1979; Olcimna y Ayala Carcedo - 2002)

La vulnerabilidad se refiere al potencial de que la infraestructura física sea destruida o dañada; de que miembros de la población sean afectados y que sistemas económicos y socio – económicos sean interrumpidos (EDRI, 1998).

Es el grado de resistencia y /o exposición de un elemento frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser física, social, económica, cultural e ideológica, institucional y política, o de otro tipo. (GUIA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO LOCAL – 2008)

6.4.6 Riesgo

El riesgo es la estimación o evaluación de probables pérdidas de vidas y daños a los bienes materiales, a la propiedad y a la economía, para un periodo específico y un área conocida. (GUIA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO LOCAL – 2008)

Daño o perdida esperable a consecuencia de la acción de un Peligro sobre un bien a preservar, sea la vida humana, los bienes económicos o en el entorno natural (Ayala-Carcedo; 2002).

6.4.6.1 Riesgo Geológico

Riesgo Geológico es todo proceso, situación o suceso en el medio geológico, natural, inducido o mixto, que se puede generar un daño económico o social para alguna comunidad y en cuya predicción, prevención o corrección han de emplearse criterios geológicos, (Ayala-Carcedo; 1988).

Circunstancia o situación de peligro, pérdida o daño social y económico, debida a una condición geológica o a una posibilidad de ocurrencia de proceso geológico inducido o no. (Augusto Filho, et al. 1990).

6.4.6.2 Evento Geológico

Se denomina evento geológico a un suceso o acontecimiento de un fenómeno natural o a un proceso geológico que se desarrolla en la superficie terrestre o cercana a ella.

6.4.6.3 Previsión

Es la posibilidad de identificación de áreas de riesgo con la indicación de los lugares donde podrán producirse y condiciones para que ocurran eventos geológicos siendo necesario realizar un cartografiado de peligros y una zonificación que es el objetivo de ésta tesis. (Valenzuela - 2003)

6.4.6.4 Prevención

Es la posibilidad de adoptar medidas preventivas, teniendo por finalidad inhibir la ocurrencia de procesos geológicos o reducir sus magnitudes o atenuar sus impactos actuando directamente sobre poblaciones, obras civiles o mineras.

Conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye entre otras, medidas de ingeniería (construcciones sismorresistentes, protección ribereña y otras) y de

legislación (uso adecuado de tierras, del agua, sobre ordenamiento urbano y otras. (GUIA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO LOCAL – 2008)

6.5 Fenómenos de Remoción en Masa (FRM)

CENEPRED en la 2da versión del MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS ORIGINADOS POR FENOMENOS NATURALES (2014) define a los movimientos en masa en laderas, como procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad.

Los fenómenos de remoción en masa ocurren como movimientos gravitacionales de variado carácter y magnitud (Medina, 1991)

Son procesos en los que se movilizan materiales por acción de la gravedad y pueden ser peligrosos o incluso desastrosos cuando afectan la vida y a las propiedades del hombre (Bromhead, 1986).

Los fenómenos de remoción en masa son procesos que acontecen en la superficie terrestre, los que consisten en el movimiento pendiente abajo de una masa de suelos, rocas o una mescla de ambos. La velocidad del movimiento será variable según el factor desencadenantes que lo produzca y con ello dependerá la magnitud del desastre sobre la población aledaña.

En la Cuenca del Rio Omaya, se observan movimientos ocurridos en épocas históricas y otros ocurridos recientemente, un alto porcentaje de estos movimientos han sido desencadenados por precipitaciones intensas debido al clima tropical de la zona y la acción humana. Muchos de ellos tienen lugar en las laderas de pendientes abruptas de material sedimentario y metamórfico. La zona de estudio tiene como factores condicionantes a la litología y la pendiente y como factores detonantes la gravedad, precipitación, actividades antrópicas y en menor grado los sismos.

6.5.1 Factores condicionantes y desencadenantes

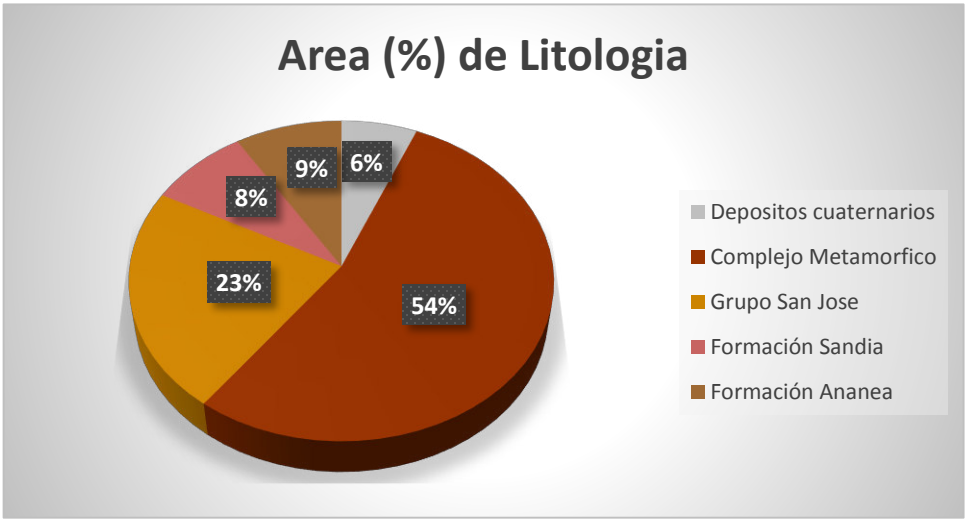
Las causas que producen estos fenómenos son variables, tales como la geología, pendiente, las precipitaciones intensas, los sismos, actividades antrópicas; estos pueden clasificarse en Factores Condicionantes (Litología y Pendiente) y Factores Detonantes (precipitación, actividades antrópicas y en menor grado los sismos).

6.5.1.1 Factores condicionantes

Litología:
Las rocas que afloran en un lugar según sea su naturaleza, composición mineral o propiedad física y química, van a tener un determinado comportamiento y modo de evolucionar en el ambiente en que se desarrollan. Así tendremos por ejemplo: rocas duras, macizas, débiles, no consolidadas e inestables. Que darán lugar a los materiales de carga que posteriormente serán removidos (Medina, 1991).

En las laderas de la cuenca del rio Omaya, se observó que la mayor cantidad de caídas de rocas se registraron en las rocas metamórficas del complejo Pichari-Cielo Punku, estas rocas se encuentran fracturadas y meteorizadas. Los flujos de detritos son cuaternarios y se registraron tanto en rocas metamórficas como en sedimentarias a lo largo de toda la cuenca. La erosión de laderas se da en rocas sedimentarias de las formaciones Ananea y en rocas metamórficas del Grupo San José.

GRAFICO Nº 01: Porcentaje en área de la litología en la cuenca del rio Omaya.



Pendiente

Las pendientes nos darán la idea del grado de estabilidad o inestabilidad de los materiales que constituyen el relieve.

La pendiente juega un papel preponderante en el control de los procesos de remoción en masa, toda vez que se tratan de movimientos gravitacionales por excelencia (Fernández y Lutz - 2003).

En el sector de estudio predominan las pendientes bajas en el valle, moderadas en las colinas y altas en las montañas precámbricas. Casi la totalidad de los movimientos identificados se produjeron en pendientes superiores a 25°. En la zona de estudio, debido a la elevada pendiente del complejo metamórfico y pendiente moderada de las rocas sedimentarias se producen caídas de rocas



FOTO Nº 34 En la fotografía se observan las pendientes elevadas lo que ocasiona deslizamientos en la margen derecha del rio catarata.

6.5.1.2 Factores Detonantes

Hidrológico y Precipitación

El factor hidrológico está relacionado con las aguas de escorrentía superficial y subterránea que provocaran la saturación del suelo y esto provocara la erosión de los taludes. La estabilidad se verá afectada por la presión que ejercerá el agua sobre las rocas y suelos.

Las fuertes precipitaciones que se dan en la zona de estudio son detonante para que se generen deslizamientos, flujos de detritos, etc.

Sismos

Los sismos generaran inestabilidad y deformación en las rocas y con ello liberaran energía sísmica lo que producen movimientos de la corteza terrestre inestabilizando la superficie terrestre. Como consecuencia de los sismos podría ver caídas de rocas, deslizamientos, etc.

La sismicidad es un factor detonante para los fenómenos de remoción en masa.

Actividad Antrópica

Las actividades antrópica es un factor detonante para que ocurran fenómenos de remoción de masas, ya que altera el equilibrio en que se encuentra el terreno.

Son todas las actividades mediante las cuales el hombre altera y rompe el equilibrio del medio natural (Medina, 1991)

En la cuenca del rio Omaya la deforestación por la tala de bosques y la inexistencia de infraestructura de riego ha facilitado la sobresaturación de los suelos y con ello la remoción de estos. La remoción de tierras en la ejecución de obras civiles (carreteras, colegios, canteras, etc.) han dejado taludes inestables.

En muchos casos, si se evitara el uso de áreas inestables o propensas a sufrir algún tipo de peligro geológico, la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos disminuiría. Esto último sólo es posible si se dispone de la información geológica

adecuada, a una escala determinada, del área o sectores que serán intervenidos para el desarrollo de obras de ingeniería, Valenzuela (2003).

6.6 Descripción de Peligros Geológicos en la Cuenca del Rio Omaya

En la Cuenca del rio Omaya se encuentran 4 tipos de peligros geológicos: Caídas de rocas, Flujos de Detritos (Huaycos), deslizamientos y Erosión de laderas. A continuación se mencionan las definiciones y las características de cada uno de ellos.

6.6.1 Peligros geológicos por Movimientos en Masa

6.6.1.1 Caída de Rocas

La caída de rocas consiste en el desprendimiento de uno o varios bloques de roca en una ladera o talud abrupto sin contar con un plano de deslizamiento, es decir inicialmente cae por gravedad para luego pasar a un movimiento de rebote y conforme disminuye la pendiente rodara hasta quedar sin movimiento.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento. (Movimientos En Masa En La Región Andina: Una Guía Para La Evaluación De Amenazas – 2007). En la ocurrencia de estos procesos, los materiales descienden por caída libre si la ladera es subvertical y cuando el ángulo es menor las partículas saltan. En laderas con inclinación menor de 45º las partículas se movilizan rodando. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^{1} mm/s.

Los bloques desprendidos, al impactar con la ladera, suelen romperse en fragmentos más pequeños. En la cuenca del rio Omaya la caída de rocas se da en mayor parte en la cabecera de la cuenca. El desprendimiento de las rocas se da debido a las fracturas que existen en la zona. Al desprenderse las rocas caen en caída libre por la verticalidad de sus laderas en las quebradas, luego rebotan

partiéndose en fragmentos más pequeños y rodando hasta incorporarse a flujos de agua.

Donde se han realizado cortes de carretera generalmente sucede con frecuencia la caída de detritos en el talud, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de alta pendiente.



FOTO Nº 35 Las raíces de las plantas conjuntamente con otros factores fracturan las rocas las cuales constituyen un peligro por caída de rocas, localidad de Tarancato.



FOTO Nº 36 En la Quebrada Catarata frecuentemente hay caída de rocas debido a que las granulitas están fracturadas.

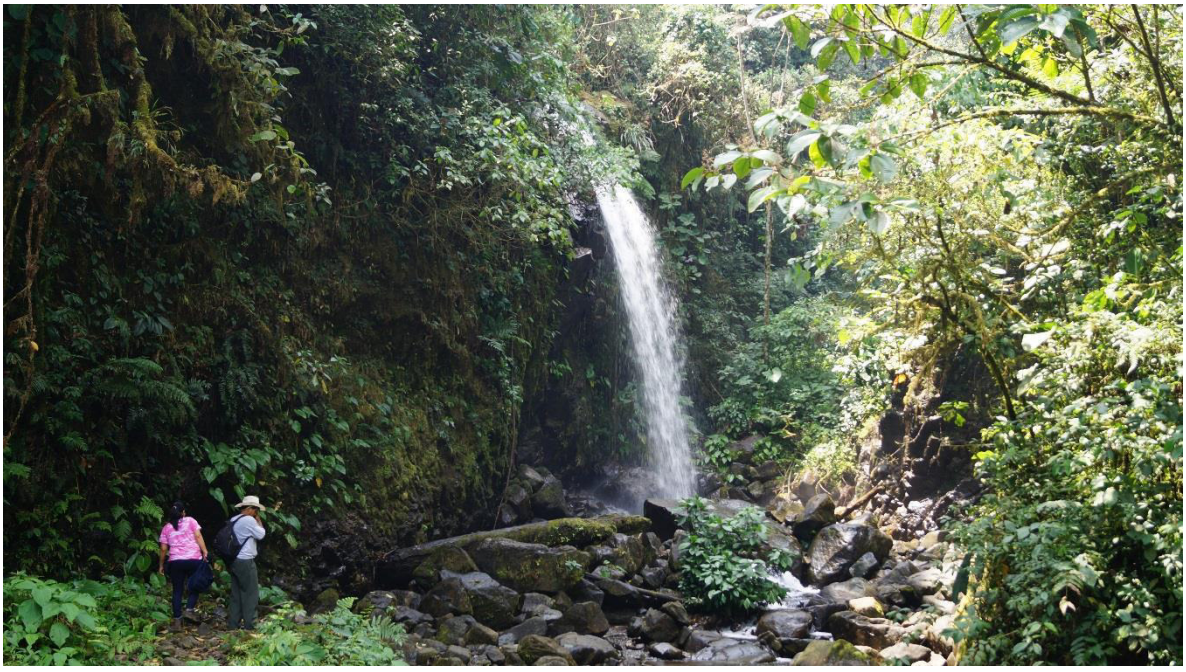


FOTO Nº 37 Caída de rocas en la catarata Gallito de las rocas. Frecuentemente caen ramas de árboles.



FOTO Nº 38 Caída de rocas en el talud formado por el corte de carretera camino vecinal de Tarancato a Alto Tarancato.



FOTO Nº 39 Caída de rocas en el talud formado por el corte de carretera camino vecinal de Catarata a Nueva Alianza. Las caídas de rocas aumentan durante las épocas de lluvia.

6.6.1.2 Flujo de Detritos (Huaycos)

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. (Hungr, 2005).

Los huaycos (llocllas) son flujos con gran poder destructivo, muy comunes en el Perú. Se generan en la cabecera de la cuenca debido a la existencia de material suelto preexistente (bloques, fragmentos gruesos y minúsculos de rocas) que son removidos por lluvias excepcionales. El flujo puede alcanzar una gran fuerza destructiva afectando cualquier tipo de infraestructura que encuentra a su paso (carreteras, puentes, canales, viviendas, áreas de cultivo, etc.). Los huaycos se producen en mayor medida en las cuencas de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes y en las cuencas de su vertiente oriental (Selva alta).

Los flujos de detritos que se presentan en la cuenca del rio Omaya por sus características, pertenecen a flujos ocurridos durante el Cuaternario. En el año 1982 debido al fenómeno de El Niño las precipitaciones fueron excepcionales en la zona lo que ocasiono un huayco en la quebrada del rio Tarancato, el material fue depositado formando un cono en la desembocadura de la quebrada. Parte de este flujo se unió al rio Omaya el cual transporto material donde predominan los bloques de granulitas en relación de las gravas, depositándolo en la margen derecha del rio Omaya (comunidad de Buenos Aires) y destrozando el cultivo de la época. La fuerza de este desastre fue tan grande que termino por cambiar el curso del rio Omaya. Actualmente en este terreno solo siembran plátanos y el centro poblado de Tarancato está ubicado sobre este depósito.



FOTO Nº 40 En el año 1982 durante el fenómeno de El Niño en la quebrada de Tarancato aconteció un Huayco el cual arrasó con cultivos y viviendas. Sin embargo los pobladores no escarmientan y continúan asentándose en esta quebrada.



FOTO Nº 41 El huayco del año 1982 dejo bloques de rocas granulíticas a lo largo de todo el valle de la cuenca.



FOTO Nº 42 Los bloques rocosos del huayco del año 1982 dejaron inundado todo el valle de la cuenca y las áreas de cultivo de la comunidad de Buenos Aires (margen derecha del rio Omaya) se perdieron totalmente. Actualmente en la zona existen bloques rocosos de granulitas y cuarcitas con materiales finos (limos y arcilla) depositados. Los pobladores lo único que siembran es plátanos para consumo local.



FOTO Nº 43 En diciembre del año 2015, por una de las quebradas del centro poblado de Omaya pasó un huayco el cual arruino la vía (carretera). El huayco depositó rocas metamórficas del complejo Pichari Cielo Punku, así como cuarcitas, etc.



FOTO Nº 44 En diciembre del año 2015, la vía literalmente termino partida en dos, y se formó un pequeño cauce transversal a la carretera.



FOTO N º 45 En diciembre del año 2015, conjuntamente con el huayco, a lo largo de la vía hubieron deslizamientos producto de las fuertes precipitaciones.



FOTO Nº 46 En diciembre del año 2015, a lo largo de la carretera quedo depositado material heterogéneo en litología y tamaño.

6.6.1.3 Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de masas rocosas o de suelo por la pérdida de estabilidad, que puede ser por saturación de agua, presencia de materiales arcillosos que actúan como lubricantes, fuertes inclinaciones de los estratos, fracturas u otras causas. La acción humana puede muchas veces acelerar el proceso de deslizamiento, por la utilización sin el estudio debido, de las áreas de posibles deslizamientos, por ejemplo la construcción de carreteras.

Los deslizamientos consisten en un descenso masivo o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad. (Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales - 2014)

La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización y el consecuente desplazamiento mecánico del material por factores desencadenantes.

Algunos otros se han originado por inestabilidades de laderas de valles, creadas al modificar los taludes naturales en diferentes tipos de substrato rocoso y de depósitos inconsolidados superficiales, al construir cortes de carreteras y/o también por mal uso de aguas de riego, reactivando algunos antiguos deslizamientos o creando nuevas zonas inestables. (Valenzuela 2002)

En la cuenca del rio Omaya generalmente los deslizamientos son superficiales y se originan al realizar cortes de carreteras en las laderas de los cerros, entonces se dan los deslizamientos hasta encontrar un nuevo equilibrio en el talud.



FOTO Nº 47 Durante la construcción de la vía vecinal de Catarata a Nueva Alianza constantemente hubieron deslizamientos. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari.



FOTO Nº 48 En época de lluvias frecuentemente hay deslizamientos en la carretera de Catarata a Nueva Alianza. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari



FOTO Nº 49 Deslizamientos en la carretera de Catarata a Nueva Alianza. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari



FOTO Nº 50 Deslizamientos en la carretera de Catarata a Nueva Alianza. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari.



FOTO Nº 51 Deslizamientos en la carretera de Catarata a Nueva Alianza que bloque el acceso y deja aislada a la población. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari.



FOTO Nº 52 Deslizamientos cerca a la comunidad de Nueva Alianza. Fuente Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Pichari.



FOTO Nº 53 En la fotografía se observa un peligro constante de deslizamientos cerca a la comunidad de Nueva Alianza.



FOTO Nº 54 Se observa un zoom de la fotografía anterior, un peligro constante de deslizamientos cerca a la comunidad de Nueva Alianza.



FOTO Nº 55 En la fotografía se observa el deslizamiento producto de la elevada pendiente de la ladera de un cerro, en la comunidad de Nueva Alianza.



FOTO Nº 56 Al borde de la carretera se ha producido fracturas (desniveles en el suelo) lo cual puede producir un deslizamiento.

6.6.1.4 Erosión de Laderas

Entre los peligros por geodinámica externa, se encuentran los producidos por erosión de capa superficial de suelos o rocas debido a la acción de factores desencadenantes naturales como la lluvia y el viento los que afectan la estabilidad (Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales - 2014).

Se trata del desgaste y traslado de los materiales de la superficie, sea suelo o roca, producido por las aguas de lluvia la escorrentía superficial que tiende a degradar la superficie del terreno. Se presenta como procesos poco desarrollados (erosión laminar), erosión pronunciada (en surcos o en cárcavas), hasta en áreas con casos extremos (tipo bad lands o tierras malas) (Valenzuela 2003)

En todo el ámbito del estudio la tala de bosques, quema de vegetación, remoción de tierras y erosión inducida es algo muy cotidiano para los pobladores. Estos actos conducen a tener algunos efectos negativos a corto plazo (impactos negativos) por la eliminación de la vegetación, los cuales pueden llegar a ser irreversibles.

Las zonas principales donde mayormente afecta la erosión de laderas son las colinas y montañas bajas. Esto debido a la fuerte pendiente de sus laderas, fuertes precipitaciones pluviales, alta escorrentía superficial y la actividad irracional de los madereros que talan sin piedad los bosques.



FOTO Nº 57 La erosión de las ladera es producto de las tala y quema de bosques que dejan al descubierto la superficie del terreno y la lluvia las van erosionando, dejando detrito sueltos los que son un peligro ante precipitaciones fuertes.



FOTO Nº 58 Erosión de las laderas en el cerro (Grupo San José), centro poblado de Catarata.

6.6.2 Otros Peligros Geológicos

6.6.2.1 Erosión Fluvial

La erosión fluvial consiste en la erosión de las riberas o márgenes de los ríos, la acción mecánica del agua sobre las márgenes del rio genera el desgaste y socavamiento de este.

Es considerado como un peligro hidrológico porque para su ocurrencia intervienen la morfología del valle fluvial, la pendiente, el ancho del cauce y la naturaleza de los suelos o rocas de las márgenes de los ríos, además se tiene que tener en cuenta los cambios estacionales y climáticos en relación a la dinámica del río. (J. Vasquez, 2009)



FOTO Nº 59 El rio Omaya erosiona su margen izquierda destruyendo la carretera. En temporada de lluvias el caudal aumenta.



FOTO Nº 60 Erosión del estribo derecho del puente en dirección a Tarancato, rio Omaya.



FOTO Nº 61 Erosión del muro de contención del puente, desvío hacia Tarancato.



FOTO Nº 62 Rio Omaya, el cual es constantemente erosionado en épocas donde su caudal aumenta.

6.6.2.2 Inundaciones

Cuando el agua cubre una zona del terreno durante un cierto tiempo se forma una inundación. Cuanto más tiempo permanece el agua y más grande es el espesor del volumen de agua, causa mayores daños. Las inundaciones pueden ocurrir por lluvias en la región o por desbordamiento de los ríos.

Al ocurrir una inundación, los efectos que ocasionan son múltiples, entre los principales se puede señalar a las inundaciones de los terrenos ribereños (en algunos casos terrenos de cultivo) muy frecuentes en los ríos de la selva, dañan las obras civiles y pueden ocasionar muertes.

Debido a las constantes lluvias que se acontecen en esta zona, la inundación es un peligro constante en la zona. En el área de estudio son frecuentes los desbordes de las aguas de los ríos Omaya y Catarata.



FOTO Nº 63 En el borde derecho de la fotografía existe una quebrada, por lo cual se construyó el badén y una acequia para que discurra el agua. Centro Poblado de Omaya.



FOTO Nº 64 Inundación en el mes de diciembre del año 2015 del centro poblado de Omaya. Se observa el mismo lugar de la fotografía anterior.



FOTO Nº 65 Las viviendas en la zona son precarias construidas a base de madera y calamina y el piso de tierra en el cual es posible desarrollar un foco infeccioso (chikingulla, zika, etc).

6.7 Análisis Estadísticos de los Fenómenos de remoción en masas

Los datos tomados en campo constituyen una población de peligros en el área de estudio, a partir de estos datos se realizó un análisis estadístico cuyo resultado son mostrados en tablas y gráficos que describen el porcentaje en área de ocurrencia de los fenómenos de remoción en masa en la Cuenca del rio Omaya, así como su relación con las unidades litológicas, geomorfológicas, pendiente, uso actual del suelo y taxonomía del suelo.

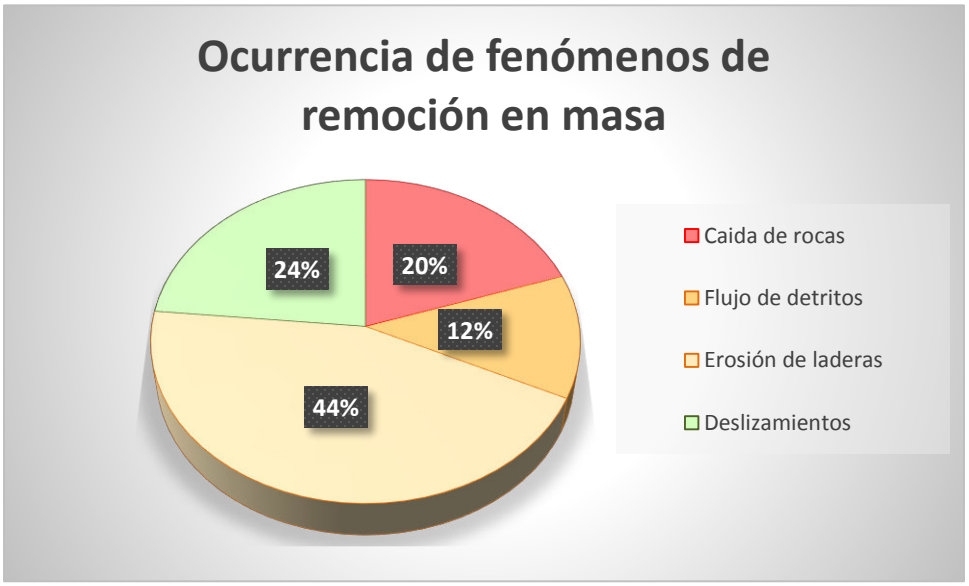
El análisis SIG de los fenómenos de remoción en masas en la cuenca del rio Omaya indica los siguientes porcentajes: Erosión de laderas presenta el mayor porcentaje (44.44 %), seguido de los deslizamientos (23.48 %), caída de rocas (19.81 %) y por ultimo flujo de detritos (12.27 %). El área de los fenómenos de remoción en masas constituye el 18.31% del área de estudio.

Cuadro Nº 17: Porcentaje en área de ocurrencia de los fenómenos de remoción en masa en la Cuenca del rio Omaya

FRM	Área Km²	Porcentaje (%)	
Erosión de laderas	2.453742	44.44	
Deslizamientos	1.29667	23.48	
Caída de rocas	1.094021	19.81	
Flujo de detritos	0.677619	12.27	
Area total	**5.522061**	**100**	**18.31**
Area de estudio	**30.160469**		**100**

Fuente: Elaboración a partir de datos tomados en campo (Análisis SIG)

Gráfico Nº 2: Porcentaje en área de ocurrencia de los fenómenos de remoción en masa en la Cuenca del rio Omaya



VII. ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD

La zonificación es una división de la superficie terrestre en áreas que representan diferentes grados de susceptibilidad potencial o actual hacia los fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos. (Valenzuela 2003).

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre un determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico) - CENEPRED PERU.

La zonificación en usos más propios se aplica a favor de la protección civil, donde se requieren para definir las obras de mitigación y para diseñar los planes operativos de emergencia (planes de contingencia). CENEPRED MEXICO.

Las metodologías utilizadas para realizar la zonificación de la susceptibilidad en fenómenos de remoción en masas son diversas. La zonificación de la susceptibilidad de fenómenos de remoción en masas en la cuenca del rio Omaya se ha realizado mediante la aplicación del método bivariante, teniendo como referencia el estudio “Evaluación de la susceptibilidad a los movimientos en masa en las áreas de Chachapoyas y Luya” (Vílchez Mata, 2008) quien utiliza la combinación de dos metodologías; la relación propuesta para obtener los pesos de las unidades cartográficas del terreno (Hermanns, 2007) y la metodología de reclasificación de pesos en términos de susceptibilidad (Ojeda y Castro, 2001).

7.1 Método Bivariante

El método bivariante es un análisis cuantitativo y objetivo, el cual permite la identificación objetiva de zonas con condiciones potenciales a que se produzcan fenómenos de remoción en masa. Es un método estadístico que relaciona mapas de parámetros (geológico, geomorfológico, pendiente, suelos y uso actual del suelo) con mapas de densidad de fenómenos de remoción en masas.

Se tiene como variable independiente el mapa de inventario de fenómenos de remoción en masa, con el que se determinara peso de cada unidad cartográfica del terreno.

Hermanns et al., (2007), plantea que el peso (Wi) para cada unidad de la tabla de atributos de los mapas de factores o parámetros que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa, se obtiene dividiendo el porcentaje del área total que ocupa un determinado tipo de movimiento (caídas, flujos de detritos, erosión de laderas, deslizamientos) en una unidad de la tabla de atributos del parámetro evaluado (geología, geomorfología, pendiente, suelos y uso actual) entre el porcentaje del área total de la misma unidad del parámetro evaluado.

$$wi = \frac{\%\ area\ total\ de\ un\ FRM\ en\ unidad\ de\ atributo\ del\ parametro\ evaluado}{\%\ area\ total\ de\ la\ unidad\ de\ atributo\ donde\ se\ analisa\ el\ FRM}$$

Donde: *w_i es el peso de cada unidad de atributo.*

7.2 Sistema de Información Geográfica

En el estudio se utilizó el sistema de información geográfica ARCGIS 10.2 para realizar la digitalización de mapas, conversión de datos y cruce de mapas.

7.2.1 Digitalización de mapas

Inicialmente se digitalizan los mapas parámetros que se utilizaran durante el análisis de la susceptibilidad (mapa geológico, geomorfológico, pendientes, suelos, uso actual de suelos e inventario de fenómenos de remoción en masa). Cada mapa fue realizado a una escala de 1:25000.

El área se calcula creando un campo en la tabla de atributos ADD FIELD, luego clic derecho en el campo área y seleccionar CALCULATE GEOMETRY. Seleccionar AREA y SQUARE KILOMETERS (sq Km).

Se muestra las tablas de atributos de los mapas parámetros:

Table

geologia

FID	Shape *	NAME	UNID_GEOLG	DESC_LITOL	COORD_X	COORD_Y	Area
0	Polygon	Pe-pi/gra,gn	Complejo Metamorfico	Granulitas	634396.505280	8615582.29551	16.266769
8	Polygon	Qh	Depositos cuaternarios	Bloques, cantos rodados y sedimentos	631303.831823	8613014.99313	1.904083
1	Polygon	SD-a	Formación Ananea	Intercalación lutitas, areniscas, y pizarras	630600.905444	8611691.30733	2.060261
4	Polygon	SD-a	Formación Ananea	Intercalación lutitas, areniscas, y pizarras	630132.241158	8612532.61813	0.630188
3	Polygon	Os-s	Formación Sandia	Cuarcitas	631238.411509	8613650.33375	0.886613
7	Polygon	Os-s	Formación Sandia	Cuarcitas	632168.720682	8612335.97154	1.637208
2	Polygon	Om-sj	Grupo San Jose	Intercalación de pizarras y lutitas	631515.307661	8615393.68231	1.204377
5	Polygon	Om-sj	Grupo San Jose	Intercalación de pizarras y lutitas	632327.122645	8614401.90595	1.801803
6	Polygon	Om-sj	Grupo San Jose	Intercalación de pizarras y lutitas	633846.770575	8612852.05573	3.772522

0 (0 out of 9 Selected)

geologia

IMG. Nº 01: Tabla de atributo del mapa geológico.

Table

geomorfologia

FID	Shape *	DES_GEOMO	UNI_MORFO	AREA_km2	COORD_X	COORD_Y
18	Polygon ZM	Abanicos Proluviales	Cordillera Oriental	0.161472	632060.311393	8613151.124140
19	Polygon ZM	Abanicos Proluviales	Cordillera Oriental	0.225671	631730.905905	8613479.275850
20	Polygon ZM	Abanicos Proluviales	Cordillera Oriental	0.027529	632887.869140	8613803.699240
21	Polygon ZM	Abanicos Proluviales	Cordillera Oriental	0.015402	632436.864848	8613474.499020
22	Polygon ZM	Abanicos Proluviales	Cordillera Oriental	0.024640	633030.357051	8613639.255070
23	Polygon ZM	Abanicos Proluviales	Cordillera Oriental	0.068402	630762.733469	8612926.107820
24	Polygon ZM	Abanicos Proluviales	Cordillera Oriental	0.041521	631085.982653	8612496.206130
26	Polygon ZM	Abanicos Proluviales	Cordillera Oriental	0.085088	634504.674999	8615543.615500
3	Polygon ZM	Colinas denudadas	Cordillera Oriental	2.501741	630904.068230	8611718.094690
4	Polygon ZM	Colinas denudadas	Cordillera Oriental	0.630188	630120.131743	8612429.959710
6	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.079377	632293.554472	8617215.966160
7	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.356028	632968.309562	8617101.275050
8	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.366093	634237.017854	8615057.674490
9	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.066995	633933.822351	8616337.266420
10	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.057827	633592.105708	8614084.955840
11	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.030717	633732.673085	8613757.555110
12	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.136206	636544.783743	8616342.602520
13	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.152783	635449.080828	8614674.362410
14	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.051738	635466.816861	8615401.645970
15	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.021646	635196.710069	8615112.896020
16	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.045986	635818.475656	8615538.668480
17	Polygon ZM	Laderas escarpadas	Cordillera Oriental	0.158211	632471.873139	8612585.523220
1	Polygon ZM	Montañas metamórficas paleozoicas	Cordillera Oriental	4.807342	633036.085545	8613939.537990
25	Polygon ZM	Montañas metamórficas paleozoicas	Cordillera Oriental	4.123624	633036.085545	8613939.537990
0	Polygon ZM	Montañas metamórficas precambriano	Cordillera Oriental	14.945759	634504.674999	8615543.615500
2	Polygon ZM	Planicies erosivas pleistocénicas	Cordillera Oriental	0.209136	629843.412684	8610835.246110
5	Polygon ZM	Valle Fluvialuvial	Cordillera Oriental	0.774401	631085.982653	8612496.206130

1 (0 out of 27 Selected)

geomorfologia

IMG. Nº 02: Tabla de atributo del mapa geomorfológico.

Table

pend_cut

FID	Shape *	ID	GRIDCODE	Area
43	Polygon	59	1	0.000266
61	Polygon	94	1	0.000679
104	Polygon	186	1	0.000001
115	Polygon	211	1	0.000994
143	Polygon	283	1	0.001279
147	Polygon	295	1	0.001988
182	Polygon	359	1	0.000050
184	Polygon	370	1	0.000994
192	Polygon	379	1	0.000811
241	Polygon	437	1	0.000375
248	Polygon	448	1	0.000994
273	Polygon	477	1	0.000994
294	Polygon	501	1	0.000994
296	Polygon	503	1	0.000994
315	Polygon	528	1	0.001988
319	Polygon	532	1	0.001171
320	Polygon	536	1	0.000994
332	Polygon	548	1	0.000162
343	Polygon	561	1	0.000675
370	Polygon	593	1	0.003976
373	Polygon	596	1	0.003976
378	Polygon	601	1	0.005963
412	Polygon	643	1	0.000994
416	Polygon	647	1	0.000994
426	Polygon	658	1	0.000994

IMG. Nº 03: Tabla de atributo del mapa de pendientes, los valores de GRIDCODE van de 1 a 6 los cuales indican pendiente muy baja (1), pendiente baja (2), pendiente moderada, (3) pendiente media (4), pendiente alta (5) y pendiente muy alta (6).

Table

suelos

FID	Shape *	SUE_SERIE	SOIL_TAXON	AREA
0	Polygon ZM	Toldo Mayo	Lithic Udorthents	20.539155
1	Polygon ZM	Libertad - Mirador	Typic Dystrudepts - Typic Dystrudepts	9.406796
2	Polygon ZM	Platano	Typic Udifluvents	0.214518

2 (0 out of 3 Selected)

suelos

IMG. Nº 04: Tabla de atributo del mapa de suelos.

Table

uso

FID	Shape *	USOCODE	DES_USO	AREA
3	Polygon ZM	2	Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos de subsistencia alto andina y ganaderia	0.138105
4	Polygon ZM	6	Tierras con derecho de uso legal para exploración y explotación minera y otros materiales	0.673431
1	Polygon ZM	3	Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos tropicales en valles intermontañosos	7.896075
2	Polygon ZM	4	Tierras con uso agropecuario con predominio del cultivo de coca	9.882736
0	Polygon ZM	9	Tierras con uso Turistico y otros	11.570122

0 (0 out of 5 Selected)

suelos uso

IMG. Nº 05: Tabla de atributo del mapa de uso actual de suelos.

7.2.2 Intersección de parámetros con FRM

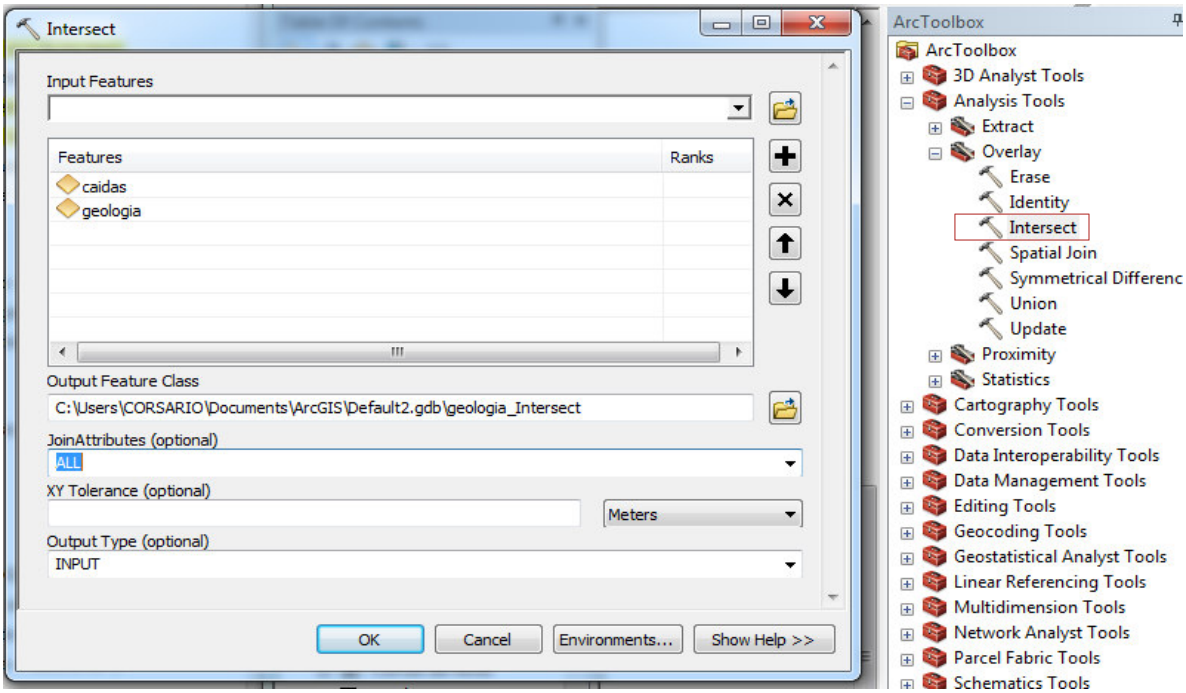
Para zonificar la susceptibilidad de la cuenca a los fenómenos de remoción en masa dentro del SIG, los polígonos (.shp) de los FRM se cruzan con cada parámetro evaluado (mapa geológico, geomorfológico, pendientes, suelos, uso actual de suelos).

Geología vs fenómenos de remoción en masas

Se intersecta cada uno de los fenómenos de remoción en masas con la capa geológica, para obtener la geología (litología) de cada uno de los fenómenos de remoción en masas.

ARCGIS 10.2: ArcToolbox, Analysis Tools, Overlay, Intersect. En Input Features primero se selecciona el FRM (caída) y luego el parámetro (geología). En Output Feature Class se selecciona la carpeta y el nombre a guardar.

De esta manera se obtiene los shp. que contienen las áreas de los diferentes tipos de fenómenos de remoción en masas según la litología la cual servirá para el cálculos de pesos.



IMG. Nº 06: Pasos para crear una intersección

Luego se calcula el porcentaje de área de cada unidad litológica de los FRM respecto al área total intersectada y el porcentaje de área de las unidades litológicas comparadas con el área total de la litología

Las shape intersectados y resultantes fueron las siguientes:

CAIDA INTERSECT GEOLOGIA: geo_cai_inter.shp

DESLIZAMIENTO INTERSECT GEOLOGIA: geo_desl_inter.shp

EROSION DE LADERAS INTERSECT GEOLOGIA: geo_ero_inter.shp

FLUJO DE DETRITOS INTERSECT GEOLOGIA: geo_flu_inter.shp

Geomorfología vs fenómenos de remoción en masas

De igual manera que en el anterior procedimiento, se realiza la intersección del shape (shp.) geomorfología con cada uno de los fenómenos de remoción en masa, mediante el comando INTERSECT de ARCGIS.

Los shape intersectados y resultantes fueron los siguientes:

CAIDA INTERSECT GEOMORFOLOGÍA: geomor_cai_inter.shp

DESLIZAMIENTO INTERSECT GEOMORFOLOGÍA: geomor_desl_inter.shp

EROSION DE LADERAS INTERSECT GEOMORFOLOGÍA: geomor_ero_inter.shp

FLUJO DE DETRITOS INTERSECT GEOMORFOLOGÍA: geomor_flu_inter.shp

Pendiente vs fenómenos de remoción en masas

Se realizó el cruce entre el shape pendiente (pend_cut) con cada uno de los fenómenos de remoción en masa, mediante el comando INTERSECT de ARCGIS.

Los shape intersectados y resultantes fueron los siguientes:

CAIDA INTERSECT PENDIENTE: pend_cai_inter.shp

DESLIZAMIENTO INTERSECT PENDIENTE: pend_desl_inter.shp

EROSION DE LADERAS INTERSECT PENDIENTE: pend_ero_inter.shp

FLUJO DE DETRITOS INTERSECT PENDIENTE: pend_flu_inter.shp

Suelos vs fenómenos de remoción en masas

Se intersecta el shape suelos con cada uno de los fenómenos de remoción en masa, mediante el comando INTERSECT de ARCGIS.

Los shape intersectados y resultantes fueron los siguientes:

CAIDA INTERSECT SUELOS: sue_cai_inter.shp

DESLIZAMIENTO INTERSECT SUELOS: sue_desl_inter.shp

EROSION DE LADERAS INTERSECT SUELOS: sue_ero_inter.shp

FLUJO DE DETRITOS INTERSECT SUELOS: sue_flu_inter.shp

Uso actual de suelos vs fenómenos de remoción en masas

Se intersecta el shape uso con cada uno de los fenómenos de remoción en masa, mediante el comando INTERSECT de ARCGIS.

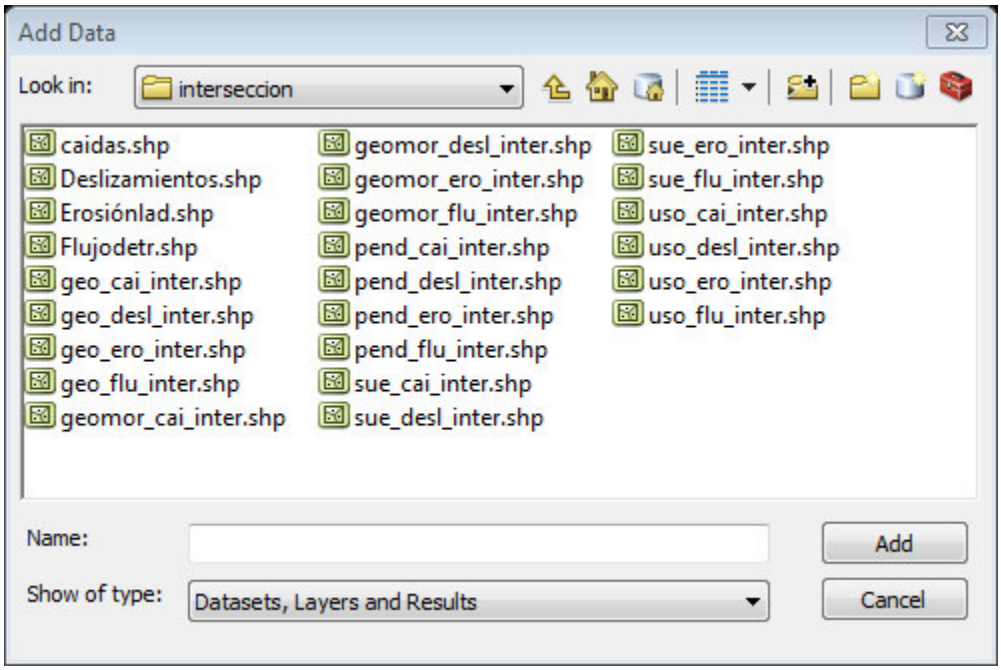
Los shape intersectados y resultantes fueron los siguientes:

CAIDA INTERSECT USO: uso_cai_inter.shp

DESLIZAMIENTO INTERSECT USO: uso_desl_inter.shp

EROSION DE LADERAS INTERSECT USO: uso_ero_inter.shp

FLUJO DE DETRITOS INTERSECT USO: uso_flu_inter.shp



IMG. Nº 07: shapes creados durante la etapa INTERSECT

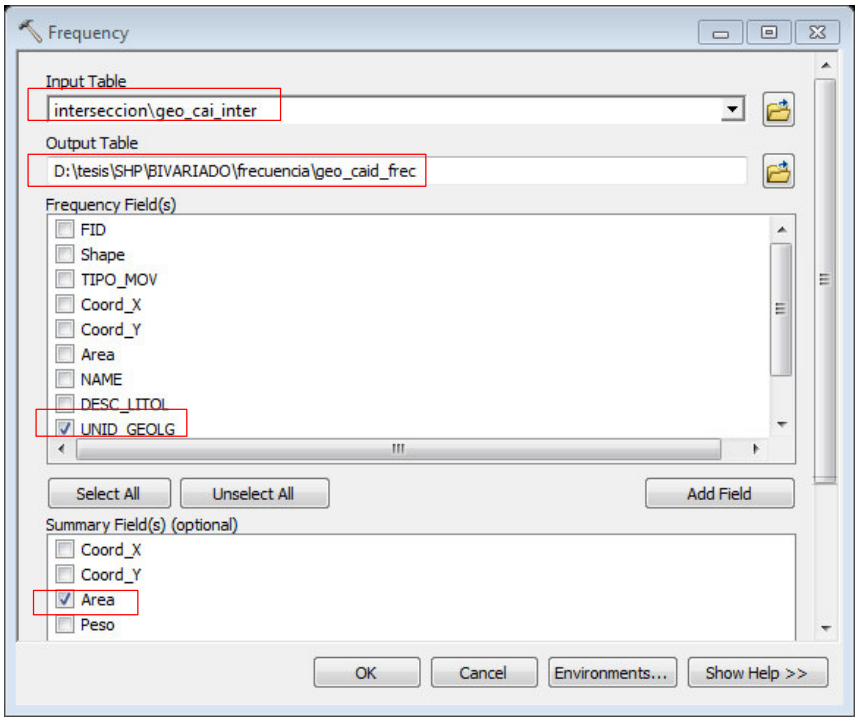
Finalmente se calcula nuevamente el área de cada shape intersectado para realizar el análisis estadístico.

7.2.3 Procesamiento estadístico

Al obtener las áreas de cada FRM en cada unidad cartográfica de cada mapa parámetro, se calcula el ÁREA ACUMULADA de cada FRM en una determinada unidad cartográfica, para cada mapa parámetro mediante el comando FREQUENCY.

ARCGIS 10.2: ArcToolbox, Analysis Tools, Statistics, Frequency. En Input Table se selecciona el shape intersectado. En Output Table se selecciona la carpeta y el nombre a guardar. En Frequency Field(s) se selecciona la unidad cartográfica de la cual se sumarán las áreas acumuladas, del mismo modo en Summary Field(s) se selecciona el campo que se sumara (Área)

Esta herramienta nos permite calcular las áreas totales de cada unidad temática y de la superficie acumulada de movimientos por unidad temática.



IMG. Nº 08: Pasos para realizar la suma de áreas, mediante la herramienta FREQUENCY

El resultado de este procedimiento se guarda en tablas Excel que se cargan en el Arcmap. Luego trasladamos los datos a un Excel donde realizaremos nuestro análisis estadístico.

Cuadro Nº 18: Descripción de las tablas estadísticas:

1	Unidades Cartográficas	mapas parámetros
2	Área total por unidad (km2)	tabla de atributos de los parámetros
3	% de área por unidad	División de (2) con el área total del estudio en porcentaje.
4	Caídas	área obtenida de la tabla de frecuencia
5	Deslizamientos	
6	Flujos	
7	Erosión de laderas	
8	Caídas	División de (4,5, 6, 7) con la sumatoria total de cada una, en porcentaje.
9	Deslizamientos	
10	Flujos	
11	Erosión de laderas	
12	Caídas	División de porcentajes de áreas. (8, 9, 10, 11) entre 3.
13	Deslizamientos	
14	Flujos	
15	Erosión de laderas	

Cuadro Nº 19: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades geológicas a los FRM.

			Superficie acumulada de FRM (Km^2) en cada unidad				% de procesos en cada unidad				Susceptibilidad de las Unidades Litologicas a los FRM			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidades Cartograficas Geologicas	Area total por unidad	% de area por unidad	Fenomenos de remosión en masa											
			Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
Depositos cuaternarios	1.90341	6.31095	0	0	0.67762	0.27081	0	0	100	11.03652	0	0	15.84548	1.74879
Complejo Metamorfico	16.26610	53.93185	1.06936	0.97256	0	0.93198	97.74566	75.09785	0	37.98182	1.81239	1.39246	0	0.70426
Grupo San Jose	6.77803	22.47323	0.01049	0.04936	0	0.67360	0.95903	3.81164	0	27.45183	0.04267	0.16961	0	1.22153
Formación Sandia	2.52315	8.36575	0.01417	0.24669	0	0.30148	1.29531	19.04876	0	12.28661	0.15484	2.27699	0	1.46868
Formación Ananea	2.68978	8.91822	0	0.02644	0	0.27588	0	2.04176	0	11.24322	0	0.22894	0	1.26070
TOTAL	30.16047	100	1.094022	1.295061	0.677619	2.453745	100	100	100	100				

Cuadro Nº 20: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades de pendiente a los FRM.

			Superficie acumulada de FRM (Km^2) en				% de procesos en cada unidad				Susceptibilidad de la pendiente a los			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidades cartograficas de Pendiente	Area total por unidad	% de area por unidad	Fenomenos de remosión en masa											
			Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
<5	1.15873	3.84187	0.00002	0.00087	0.18635	0.12799	0.00183	0.06718	27.50115	5.21960	0.00048	0.01749	7.15827	1.35861
5 a 15	5.41499	17.95394	0.00340	0.12578	0.39059	0.83559	0.31060	9.71236	57.64213	34.07711	0.01730	0.54096	3.21056	1.89803
15 a 25	11.06395	36.68361	0.05126	0.49648	0.09909	1.02589	4.68519	38.33673	14.62356	41.83821	0.12772	1.04506	0.39864	1.14052
25 a 35	9.02211	29.91368	0.25852	0.45912	0.00157	0.41069	23.63080	35.45184	0.23140	16.74886	0.78997	1.18514	0.00774	0.55991
35 a 50	3.40827	11.30044	0.71209	0.21280	0.00001	0.05071	65.09049	16.43189	0.00177	2.06811	5.76000	1.45409	0.00016	0.18301
>50	0.09243	0.30646	0.06872	0	0	0.00118	6.28108	0	0	0.04812	20.4955	0	0	0.15703
TOTAL	30.16047	100	1.094	1.2951	0.6776	2.4520	100	100	100	100				

Cuadro Nº 21: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades geomorfológicas a los FRM.

			Superficie acumulada de FRM (Km^2) en cada unidad				% de procesos en cada unidad				Susceptibilidad de las Unidades Geomorfologicas a los FRM			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidad	Area total por unidad	% de area por unidad	Fenomenos de remosión en masa											
			Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
Valle Fluvialuvial	0.77368	2.56521	0	0	0.02790	0	0	0	4.116768	0	0	0	1.6048473	0
Planicies erosivas pleistocénicas	0.20841	0.69102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abanicos Proluviales	0.64900	2.15184	0	0	0.649723	0	0	0	95.88323	0	0	0	44.558799	0
Colinas denudadas	3.13121	10.38182	0	0.026442	0	0.308633	0	2.0417571	0	12.578521	0	0.196667	0	1.211591
Laderas escarpadas	1.52288	5.04927	0.699987	0.084466	0	0.013542	63.14387	6.5221638	0	0.5519122	12.50553	1.291703	0	0.109305
Montañas metamórficas paleozoicas	8.93024	29.60910	0.010506	0.296056	0	1.167792	0.947717	22.86039	0	47.594055	0.032008	0.772073	0	1.607413
Montañas metamórficas precambriano	14.94504	49.55174	0.398066	0.88810	0	0.963684	35.90842	68.575689	0	39.275512	0.724665	1.383921	0	0.792616
TOTAL	30.16047	100	1.11	1.30	0.68	2.45	100	100	100	100				

Cuadro Nº 22: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades taxonómicas del suelo a los FRM.

			Superficie acumulada de FRM (Km^2) en				% de procesos en cada unidad				Susceptibilidad de las Unidades del			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidad - Taxon suelo	Area total por unidad	% de area por unidad	Fenomenos de remosión en masa											
			Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
Lithic Udorthents	20.53916	68.09959	1.061613	1.021926	0.160478	1.321465	97.03772	78.909488	23.68259	53.855135	1.424938	1.158737	0.34776	0.790829
Typic Dystrudepts - Typic Dystrudepts	9.406796	31.18916	0.032408	0.273135	0.517142	1.132275	2.962283	21.090512	76.31741	46.144865	0.094978	0.676213	2.44692	1.479516
Typic Udifluvents	0.214518	0.711256	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	30.16047	100	1.09	1.30	0.68	2.45	100	100	100	100				

Cuadro Nº 23: Cálculo estadístico del peso de la susceptibilidad de las unidades de uso actual a los FRM.

			Superficie acumulada de FRM				% de procesos en cada unidad				Susceptibilidad de las Unidades			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidad - Uso	Area total por unidad	% de area por unidad	Fenomenos de remosión en masa											
			Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas	Caidas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
Tierras con derecho de uso legal para exploración y explotación minera y otros materiales	0.673431	2.23283	0	0	0	0.12	0	0	0	5.064025	0	0	0	2.2680
Tierras con uso agropecuario con predominio del cultivo de coca	9.882736	32.7672	0.3521	0.5491	0.0060	1.1505	32.1797	42.3962	0.8790	46.8868	0.9821	1.2939	0.027	1.4309
Tierras con uso Turistico y otros	11.57012	38.3619	0.7217	0.5281	0.0000	0.4414	65.9675	40.7751	0.0000	17.9889	1.7196	1.0629	0.000	0.4689
Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos de subsistencia alto andina y ganaderia	0.138105	0.4579	0	0	0	0.03	0	0	0	1.287219	0	0	0	2.81113
Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos tropicales en valles intermontañosos	7.896075	26.1802	0.02	0.22	0.67	0.71	1.8528	16.82871	99.121	28.77298	0.0708	0.6428	3.786	1.0990
TOTAL	30.16047	100	1.09	1.30	0.68	2.45	100	100	100	100				

7.2.4 Rasterización y reclasificación

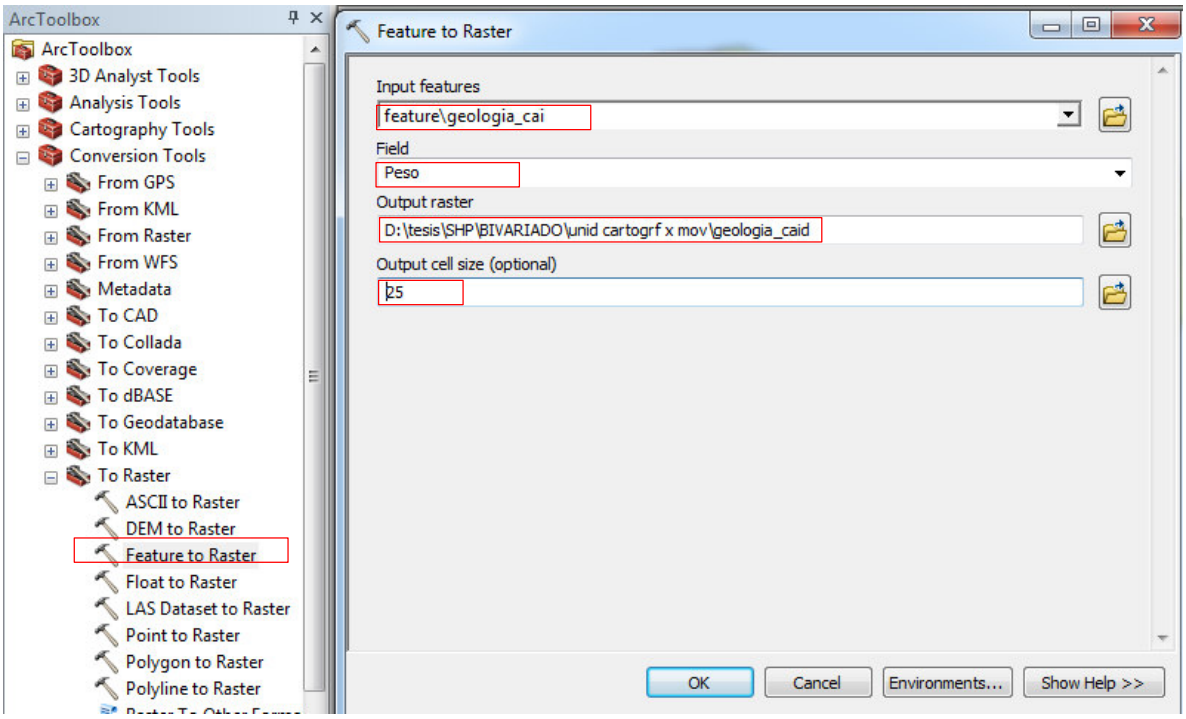
La data de los parámetros (geología, geomorfología, pendiente, suelos y uso actual) se exportaran de la siguiente manera: clic derecho en el shape, DATA, EXPORT DATA y crearemos los siguientes shape.

geología_cai.shp
geología_des.shp
geología_flu.shp
geología_ero.shp
geomorfologia_cai.shp
geomorfología_des.shp
geomorfología_flu.shp
geomorfología_ero.shp
pendiente_cai.shp
pendiente _des.shp
pendiente _flu.shp
pendiente _ero.shp
suelo_cai.shp
suelo_des.shp
suelo_flu.shp
suelo_ero.shp
uso_cai.shp
uso_des.shp
uso_flu.shp
uso_ero.shp

En la tabla de atributos de estos shapes se crea el campo PESO en el que se colocan los valores obtenidos de los pesos (w) en los cuadros 19, 20, 21, 22 y 23 (coloreados de azul).

Los shapes creados deberán ser rasterizados mediante su campo peso para luego ser reclasificados.

ARCGIS 10.2: ArcToolbox, Conversion Tools, To Raster, Feature to Raster. En Input Feature se selecciona el shape de los parámetros (geología, geomorfología, pendiente, suelos y uso actual de suelos) que contienen los pesos de susceptibilidad a los FRM (p.ej. geología_cai.shp). En Field se selecciona “PESO” y en Output Raster se selecciona la carpeta y el nombre a guardar. Por ultimo en Output Cellsize se coloca 25 m debido a que nuestra escala de trabajo es 1:25000.



IMG. Nº 09: Pasos para realizar la rasterización de los shapes parámetros.

Raster creados:

geología_cai.raster
geología_des.raster
geología_flu.raster
geología_ero.raster
geomorfologia_cai.raster
geomorfología_des.raster
geomorfología_flu.raster
geomorfología_ero.raster
pendiente_cai.raster
pendiente_des.raster
pendiente_flu.raster
pendiente_ero.raster
suelo_cai. raster
suelo_des.raster
suelo_flu.raster
suelo_ero.raster
uso_cai.raster
uso_des.raster
uso_flu.raster
uso_ero.raster

Después de convertir los Feature en Raster, ahora se procederá a Reclasificar los valores de los Pesos (W) de las capas Raster. El ArcGis permite realizar la reclasificación de diversos métodos preestablecidos, sin embargo para este estudio se reclasificara en 5 grupos de manera no jerárquica. Basándonos en la función W

(Anderberg, 1973) los pesos se dividen en 5 grupos de rangos proporcionales, los que serán ajustados para que se obtenga la "suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado".

Ecuación N° 2 $$w = \sum_{i=1}^{i=5} \sum_{j=1}^{j=n} (Xij + Xi)^2 = w1 + w2 + w3$$

Mediante esta ecuación se obtiene los intervalos de susceptibilidad para cada parámetro (geología, geomorfología, pendiente, suelos, uso actual), y representa el grado de susceptibilidad que tiene cada unidad cartográfica para cada uno de los fenómenos de remoción en masa evaluados. A continuación se presenta como ejemplo del desarrollo de la ecuación N° 2 al cálculo de los intervalos de reclasificación del peso de la susceptibilidad de las unidades geológicas a los FRM (cuadro N° 19).

a) Se identifican los pesos máximos y mínimos del cuadro N° 19 (columnas del 12 al 15).

Cuadro Nº 24: pasos para determinar intervalos de reclasificación.

w max	15.8455
w min	0.0427
wmax -wmin	15.8028
(ΔW)/5	3.1606

b) Se determinan los intervalos probables de reclasificación

Cuadro Nº 25: intervalos probables de reclasificación.

valor redondeado		
0.0427	3.2032	3.16
3.2032	6.3638	3.16
6.3638	9.5244	3.16
9.5244	12.6849	3.16
12.6849	15.8455	3.16

c) Se distribuyen los pesos del cuadro N° 19 entre los intervalos determinados anteriormente.

Cuadro Nº 26: Distribución de datos en los intervalos probables de reclasificación.

Susceptibilidad de las Unidades Litológicas a los FRM														
0.0427	3.2032		3.2032	6.3638		6.3638	9.5244		9.5244	12.685		12.685	15.845	
valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2
0.043	-1.00	0.99												
0.155	-0.89	0.78										15.845	0.00	0.00
0.170	-0.87	0.76												
0.229	-0.81	0.66												
0.704	-0.34	0.11												
1.222	0.18	0.03												
1.261	0.22	0.05												
1.392	0.35	0.12												
1.469	0.43	0.18												
1.749	0.71	0.50												
1.812	0.77	0.60												
2.277	1.24	1.53												
suma	12.48		suma	0.00		suma	0.00		suma	0.00		suma	15.85	
X	1.04		X	0.00		X	0.00		X	0.00		X	15.85	
desv stand	6.33		desv stand	0.00		desv stand	0.00		desv stand	0.00		desv stand	0.00	
W	6.33													

d) Se busca la “suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado”.

Cuadro Nº 27 A: Buscando la “Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado”

Susceptibilidad de las Unidades Litológicas a los FRM														
0.04	1.23		1.23	1.40		1.40	1.75		1.75	2.28		2.28	15.85	
valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2
0.043	-0.38	0.14	1.261	-0.07	0.00	1.469	-0.14	0.02	1.812	-0.232	0.05			
0.155	-0.27	0.07	1.392	0.07	0.00	1.749	0.14	0.02	2.277	0.232	0.05	15.845	0.000	0.00
0.170	-0.25	0.06												
0.229	-0.19	0.04												
0.704	0.28	0.08												
1.222	0.80	0.64												
suma	2.52		suma	2.65		suma	3.22		suma	4.09		suma	15.85	
X	0.42		X	1.33		X	1.61		X	2.04		X	15.85	
desv stand	1.04		desv stand	0.01		desv stand	0.04		desv stand	0.11		desv stand	0.00	
W	1.19													

Cuadro Nº 27 B: Buscando la "Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado"

Susceptibilidad de las Unidades Litologicas a los FRM														
0.04	0.71		0.71	1.47		1.47	1.82		1.82	2.28		2.28	15.85	
valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2
0.043	-0.22	0.05	1.222	-0.11	0.01									
0.155	-0.11	0.01	1.261	-0.08	0.01	1.749	-0.03	0.00	2.277	0.000	0.00	15.845	0.000	0.00
0.170	-0.09	0.01	1.392	0.06	0.00	1.812	0.03	0.00						
0.229	-0.03	0.00	1.469	0.13	0.02									
0.704	0.44	0.20												
suma	1.30		suma	5.34		suma	3.56		suma	2.28		suma	15.85	
X	0.26		X	1.34		X	1.78		X	2.28		X	15.85	
desv stand	0.26		desv stand	0.04		desv stand	0.00		desv stand	0.00		desv stand	0.00	
W	0.31													

Cuadro Nº 27 C: "Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado" de la Susceptibilidad de las Unidades Litológicas a los FRM

Susceptibilidad de las Unidades Litológicas a los FRM														
0.04	0.23		0.23	0.71		0.71	1.47		1.47	3.20		3.20	15.85	
valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2
0.043	-0.11	0.01	0.704	0.00	0.00	1.222	-0.11	0.01	1.749	-0.20	0.04	15.845	0.000	0.00
0.155	0.01	0.00				1.261	-0.08	0.01	1.812	-0.13	0.02			
0.170	0.02	0.00				1.392	0.06	0.00	2.277	0.33	0.11			
0.229	0.08	0.01				1.469	0.13	0.02						
suma	0.60		suma	0.70		suma	5.34		suma	5.84		suma	15.85	
X	0.15		X	0.70		X	1.34		X	1.95		X	15.85	
desv stand	0.02		desv stand	0.00		desv stand	0.04		desv stand	0.17		desv stand	0.00	
W=suma (desv stand)		=	0.22											

e) Al final nos quedamos con los intervalos que contienen a los datos con la menor "suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado"

Cuadro Nº 28: "Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado" de la Susceptibilidad de las Unidades de Pendiente a los FRM

Susceptibilidad de las Unidades Pendiente a los FRM														
0.008	0.560		0.560	1.898		1.898	4.10		4.10	8.198		8.198	20.5	
valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2
0.008	-0.22	0.05	0.790	-0.48	0.23	3.211	0.00	0.00	5.760	-0.70	0.49	20.496	0.00	0.00
0.017	-0.21	0.04	1.045	-0.22	0.05				7.158	0.70	0.49			
0.017	-0.21	0.04	1.141	-0.13	0.02									
0.128	-0.10	0.01	1.185	-0.08	0.01									
0.157	-0.07	0.00	1.359	0.09	0.01									
0.183	-0.04	0.00	1.454	0.19	0.03									
0.399	0.18	0.03	1.898	0.63	0.40									
0.541	0.32	0.10												
0.560	0.34	0.11												
suma	2.01		suma	8.87		suma	3.21		suma	12.92		suma	20.50	
X	0.22		X	1.27		X	3.21		X	6.46		X	20.50	
desv stand	0.39		desv stand	0.74		desv stand	0.00		desv stand	0.98		desv stand	0.00	
W = suma (desv stand)		=	2.11											

Cuadro Nº 29: "Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado" de la Susceptibilidad de las Unidades de Geomorfología a los FRM

Susceptibilidad de las Unidades Geomorfológicas a los FRM														
0.032	0.197		0.197	0.793		0.793	8.91		8.91	17.82		17.82	44.56	
valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2
0.032	-0.08	0.01	0.725	-0.04	0.00	1.212	-0.21	0.04	12.505	0.000	0.00	44.559	0.000	0.00
0.109	0.00	0.00	0.772	0.01	0.00	1.292	-0.13	0.02			0.00			
0.197	0.08	0.01	0.793	0.03	0.00	1.384	-0.04	0.00			0.00			
						1.605	0.18	0.03						
						1.607	0.19	0.04						
suma	0.34		suma	2.29		suma	7.10		suma	12.51		suma	44.56	
X	0.11		X	0.76		X	1.42		X	12.51		X	44.56	
desv stand	0.01		desv stand	0.00		desv stand	0.13		desv stand	0.00		desv stand	0.00	
W = suma (desv stand)		=	0.15											

Cuadro Nº 30: "Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado" de la Susceptibilidad de las Unidades de Suelos a los FRM

Susceptibilidad de las Unidades del Suelo a los FRM														
0.09	0.57		0.57	1.04		1.04	1.2		1.2	1.51		1.51	2.45	
valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2
0.095	-0.13	0.02	0.677	-0.06	0.00	1.159	0.00	0.00	1.425	-0.03	0.00	2.447	0.00	0.00
0.348	0.13	0.02	0.791	0.06	0.00				1.479	0.03	0.00			
suma	0.44		suma	1.47		suma	1.16		suma	2.90		suma	2.45	
X	0.22		X	0.73		X	1.16		X	1.45		X	2.45	
desv stand	0.03		desv stand	0.01		desv stand	0.00		desv stand	0.00		desv stand	0.00	
W = suma (desv stand)		=	0.04											

Cuadro Nº 31: "Suma mínima de desviaciones estándar al cuadrado" de la Susceptibilidad de las Unidades de Uso de suelos a los FRM

Susceptibilidad de las Unidades de Uso a los FRM														
0.02	0.08		0.08	0.65		0.65	1.72		1.72	3.03		3.03	3.79	
valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2	valores	V - X	(V-X)2
0.027	-0.02	0.00	0.469	-0.09	0.01	0.982	-0.28	0.08	2.268	-0.27	0.07	3.786	0.000	0.00
0.071	0.02	0.00	0.643	0.09	0.01	1.099	-0.17	0.03	2.811	0.27	0.07			
						1.063	-0.20	0.04						
						1.294	0.03	0.00						
						1.431	0.17	0.03						
						1.719	0.45	0.21						
suma	0.10		suma	1.11		suma	7.59		suma	5.08		suma	3.79	
X	0.05		X	0.56		X	1.26		X	2.54		X	3.79	
desv stand	0.00		desv stand	0.02		desv stand	0.38		desv stand	0.15		desv stand	0.00	
W = suma (desv stand)		=	0.55											

f) Los intervalos obtenidos se presentan en los siguientes cuadros, a los cuales se les da nueva valoración para reclasificar los Raster de Susceptibilidad de los parámetros a los fenómenos de remoción en masas.

Cuadro Nº 32: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación de la geología.

Susceptibilidad de Unidades Litológicas a los FRM			
VALOR	INTERVALOS		
1	0.04	0.23	0.19
2	0.23	0.71	0.48
3	0.71	1.47	0.76
4	1.47	3.20	1.73
5	3.20	15.85	12.65

Cuadro Nº 33: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación de la pendiente.

Susceptibilidad de las Unidades Pendiente a los FRM			
VALOR	INTERVALOS		
1	0.01	0.56	0.55
2	0.56	1.90	1.34
3	1.90	4.10	2.20
4	4.10	8.20	4.10
5	8.20	20.50	12.30

Cuadro Nº 34: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación de la geomorfología.

Susceptibilidad de las Unidades Geomorfológicas a los FRM			
VALOR	INTERVALOS		
1	0.00	0.20	0.20
2	0.20	0.79	0.60
3	0.79	8.91	8.12
4	8.91	17.82	8.91
5	17.82	44.56	26.74

Cuadro Nº 35: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del suelo.

Susceptibilidad de las Unidades del Suelo a los FRM			
VALOR	INTERVALOS		
1	0.09	0.57	0.48
2	0.57	1.04	0.47
3	1.04	1.2	0.16
4	1.2	1.51	0.31
5	1.51	2.45	0.94

Cuadro Nº 36: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación de la pendiente.

Susceptibilidad de las Unidades de Uso a los FRM			
VALOR	INTERVALOS		
1	0.02	0.08	0.06
2	0.08	0.65	0.57
3	0.65	1.72	1.07
4	1.72	3.03	1.31
5	3.03	3.79	0.76

7.2.5 Obtención de mapas de susceptibilidad de los mapas parámetros a los fenómenos de remoción en masas.

Después de obtener los intervalos de susceptibilidad de los parámetros se procede a introducir la valorización a los cuadros 19, 20, 21, 22 y 23 para reclasificar los Raster de los parámetros.

Cuadro Nº 37: Categoría de susceptibilidad para la Geología.

	Reclasificación del grado de susceptibilidad.			
1	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidad	Fenómenos de remoción en masa			
	Caídas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
Depósitos cuaternarios	0	0	5	4
Complejo Metamórfico	4	3	0	2
Grupo San José	1	1	0	3
Formación Sandia	1	4	0	3
Formación Ananea	0	1	0	3

Cuadro Nº 38: Categoría de susceptibilidad para la Pendiente.

	Reclasificación del grado de susceptibilidad.			
1	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidad	Fenómenos de remoción en masa			
	Caídas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
<5	1	1	4	2
5 a 15	1	1	3	2
15 a 25	1	2	1	2
25 a 35	2	2	1	1
35 a 50	4	2	1	1
>50	5	0	0	1

Cuadro Nº 39: Categoría de susceptibilidad para la Geomorfología.

	Reclasificación del grado de susceptibilidad.			
1	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidad	Fenómenos de remoción en masa			
	Caídas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
Valle Fluvial	0	0	3	0
Planicies erosivas pleistocenas	0	0	0	0
Abanicos Proluviales	0	0	5	0
Colinas denudadas	0	1	0	3
Laderas escarpadas	4	3	0	1
Montañas metamórficas paleozoicas	1	2	0	3
Montañas metamórficas Precámbricas	2	3	0	3

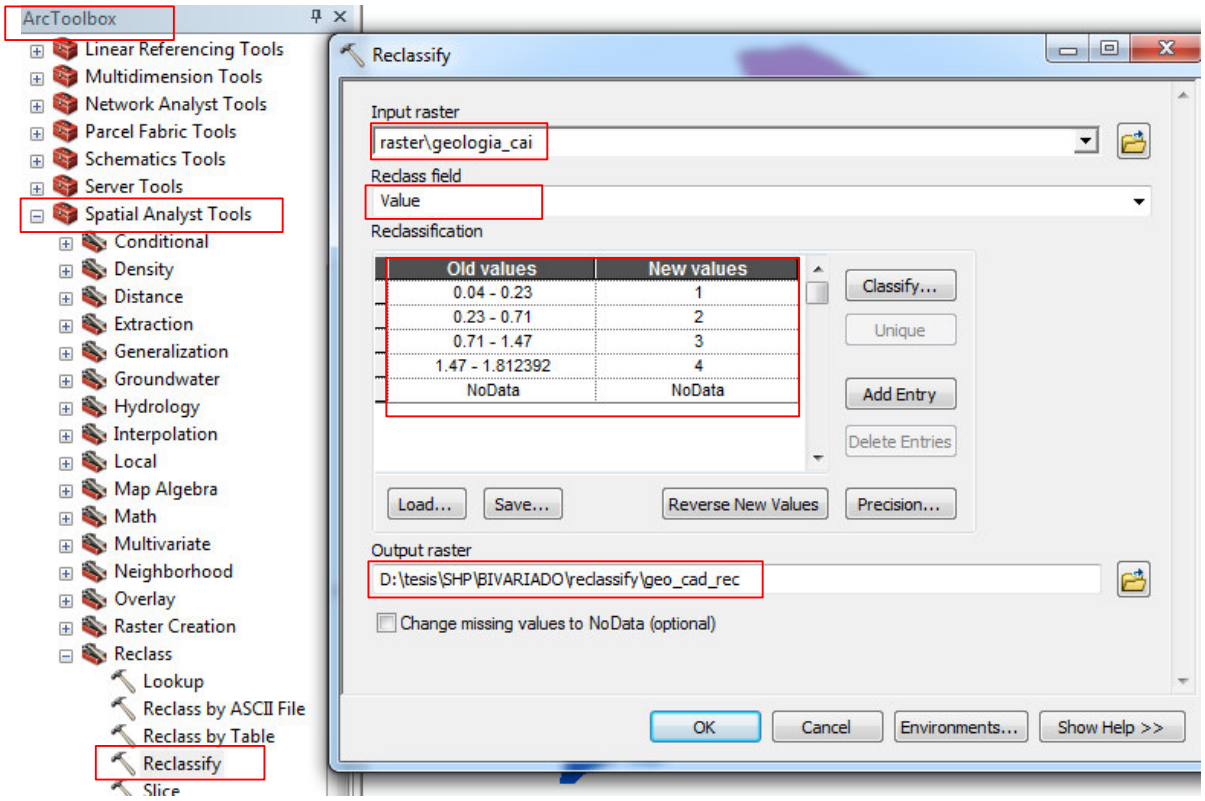
Cuadro Nº 40: Categoría de susceptibilidad para los Suelos.

	Reclasificación del grado de susceptibilidad.			
1	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidad - Taxón suelo	Fenómenos de remoción en masa			
	Caídas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
Lithic Udorthents	4	3	1	2
Typic Dystrudepts - Typic Dystrudepts	1	2	5	4
Typic Udifluvents	0	0	0	0

Cuadro Nº 41: Categoría de susceptibilidad para el Uso del Suelo.

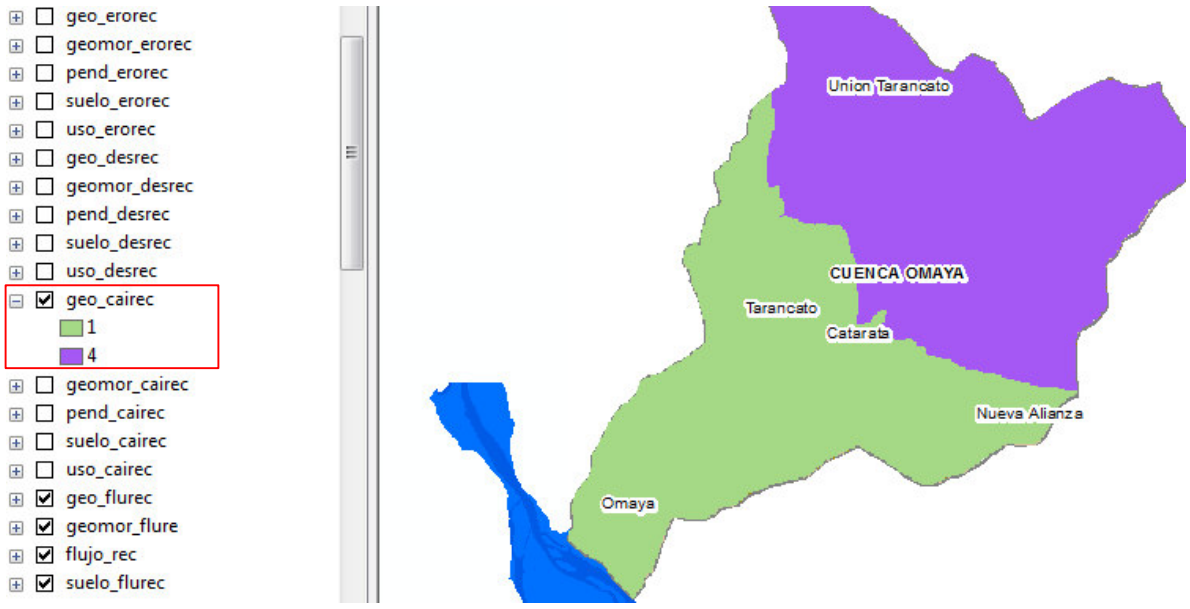
	Reclasificación del grado de susceptibilidad.			
1	12=8/3	13=9/3	14=10/3	15=11/3
Unidad - Uso	Fenómenos de remoción en masa			
	Caídas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
Tierras con derecho de uso legal para exploración y explotación minera y otros materiales	0	0	0	4
Tierras con uso agropecuario con predominio del cultivo de coca	3	3	1	3
Tierras con uso Turístico y otros	3	3	0	2
Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos de subsistencia alto andina y ganadería	0	0	0	4
Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos tropicales en valles intermontañosos	1	2	5	3

ARCGIS 10.2: ArcToolbox, Spatial Analyst Tools, Reclass, Reclassify. En Input Raster se selecciona el Raster que contienen los pesos de susceptibilidad a los FRM (p.ej. geología_cai.raster). En Reclass field se selecciona “VALUE”; en Reclassification se digiitan los intervalos obtenidos en los cuadros N° 32, 33, 34, 35 y 36 (Old values), ahora se darán los nuevos valores de susceptibilidad (New Values). en Output Raster se selecciona la carpeta y el nombre a guardar.



IMG. Nº 10: Pasos para realizar la reclasificación de un Raster, mediante la herramienta RECLASSIFY

Después nos aparece nuestro Raster reclasificado, se comprueba con el cuadro N° 37.



IMG. Nº 11: Raster Reclasificado de geo_cai

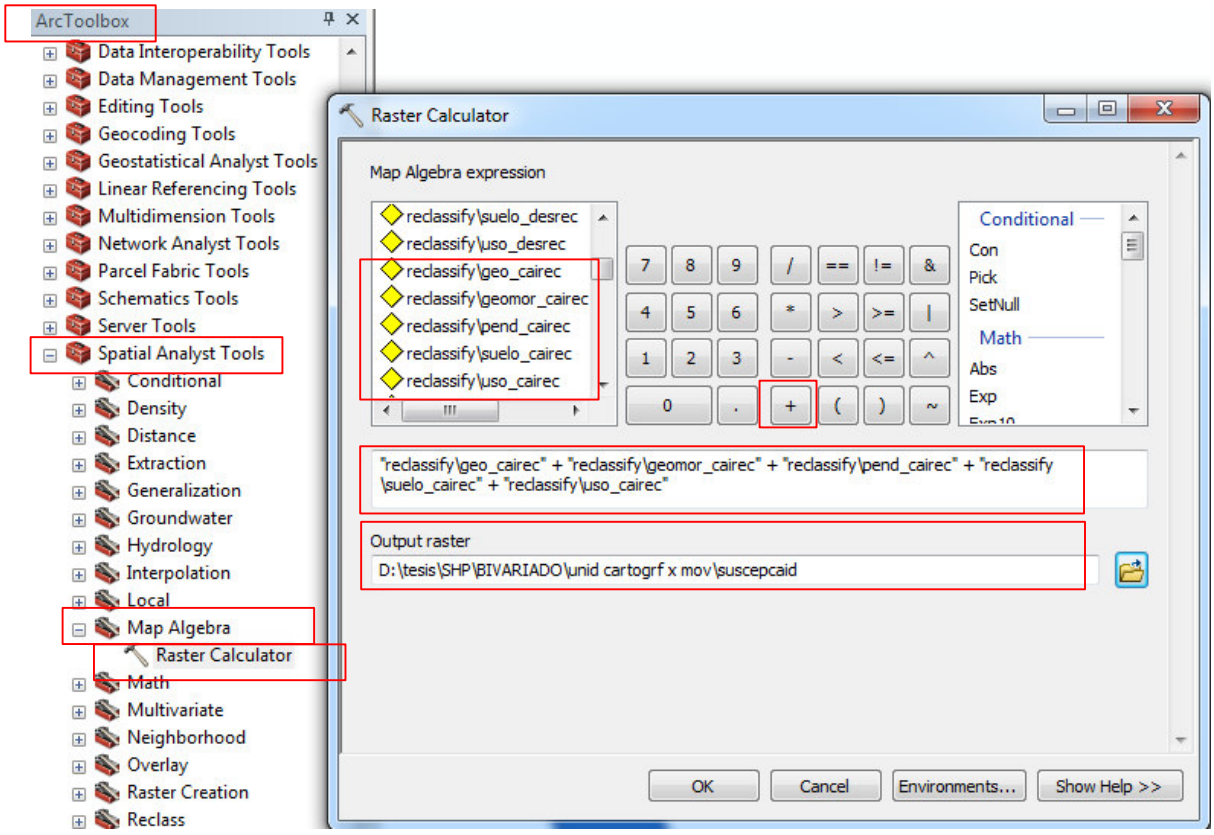
Reclasificaciones obtenidas:

geo_cairec	pend_flurec
geo_desrec	pend_erorec
geo_flurec	suelo_cairec
geo_erorec	suelo_desrec
geomor_cairec	suelo_flurec
geomor_desrec	suelo_erorec
geomor_flurec	uso_cairec
geomor_erorec	uso_desrec
pend_cairec	uso_flurec
pend_desrec	uso_erorec

7.2.6 Obtención de mapas de susceptibilidad total de la Cuenca del rio Omaya.

a) La suma de los Raster se cada FRM nos proporcionara la susceptibilidad de la cuenca a cada uno de los Fenómenos de remoción en masas y finalmente la susceptibilidad total del terreno a los Fenómenos de remoción en masas.

ARCGIS 10.2: ArcToolbox, Spatial Analyst Tools, Map Algebra, Raster Calculator. En Map Algebra expression se selecciona los Raster reclasificados que contienen la susceptibildad de los cada parámetro frente a un solo FRM (p.ej. geo_cairec + geomor_cairec+ pend_cairec + suelo_cairec + uso_cairec). En Output Raster se selecciona la carpeta y el nombre a guardar.



IMG. Nº 12: Pasos para hallar la susceptibilidad a un FRM mediante la herramienta Raster Calculator

Resultado de los Raster Calculator, Susceptibilidad del terreno frente a cada FRM:

geo_cairec + geomor_cairec + pend_cairec + suelo_cairec + uso_cairec = suscep_cai

geo_desrec + geomor_desrec + pend_desrec + suelo_desrec + uso_desrec = suscep_des

geo_flurec + geomor_flurec + pend_flurec + suelo_flurec + uso_flurec = suscep_flu

geo_erorec + geomor_erorec + pend_erorec + suelo_erorec + uso_erorec = suscep_ero

b) Se procede a reclasificar la susceptibilidad de la cuenca a cada fenómeno de remoción en masa. La reclasificación se hace con 5 intervalos; 1 es Susceptibilidad Muy baja, 2 Baja, 3 Moderada, 4 Alta y 5 Muy Alta. Se tiene como resultado: sus_cairec, sus_desrec, sus_flurec y sus_erorec.

c) Como penúltimo paso se suman todos los Raster reclasificados de la susceptibilidad mediante Raster Calculator de ArcTollbox:
sus_cairec + sus_desrec + sus_flurec + sus_erorec = sus_total

d) Finalmente se reclasifica “sus_total” en función de las 5 categorías de susceptibilidad de la cuenca frente a los fenómenos de remoción en masas teniendo como resultado el Raster reclasificado “sus_torec” el que se muestra en el MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A FRM DE LA CUENCA DEL RIO OMAYA

7.3 Categorías de susceptibilidad

El Mapa de Susceptibilidad a FRM de la Cuenca Del Rio Omaya está dividido en 5 categorías.

a) MUY BAJA SUSCEPTIBILIDAD

Esta categoría esta denominada con el valor “1”, presenta una topografía plana con una pendiente que puede alcanzar hasta los 5°. Está formado por depósitos cuaternarios de materiales inconsolidados; geomorfológicamente pertenece a planicies erosivas pleistocénicas. Los fenómenos de remoción en masas (FRM) son inexistentes o muy raros, sin embargo no significa que no se puedan producir debido a la acción erosiva del rio Apurímac.

b) BAJA SUSCEPTIBILIDAD

Estas áreas presentan también una topografía plana a inclinada, con pendientes que varían entre 15° a 35°, el substrato está constituido por una intercalación de pizarras y lutitas. Geomorfológicamente se encuentra en parte de las montañas metamórficas paleozoicas.

En la trayectoria del centro poblado Catarata a la comunidad de Nueva Alianza se tiene baja susceptibilidad, a pesar de esto se pueden producir fenómenos de

remoción en masas cuando se ve alterado el talud en la construcción de obras civiles (carreteras).

c) MODERADA SUSCEPTIBILIDAD

El 63.71% de la cuenca del rio Omaya presenta susceptibilidad moderada, por su gran porcentaje en el territorio se observan pendientes bajas a altas. En la parte baja de la cuenca existen colinas con pendiente bajas hasta los 25°. Por la presencia de lutitas y debido a su geomorfología, aquí se desarrolla la agricultura de cultivos tropicales, sin embargo esta actividad se realiza de manera desordenada (no cuentan con sistema de regadíos), lo que provoca erosión de laderas que durante lluvias excepcionales podrían producir remoción de masas.

El valle de la cuenca tiene susceptibilidad moderada donde los flujos de detritos (huaycos) son relativamente frecuentes en la zona. La parte alta de la cuenca presenta susceptibilidad moderada a caída de rocas debido al intemperismo de sus rocas.

d) ALTA SUSCEPTIBILIDAD

Estas áreas comprenden topografías con pendientes de 15° a 40°, se encuentran ocupando las laderas de la montaña metamórfica de cuarcitas. El uso del suelo para el cultivo de coca influye en la susceptibilidad del terreno a los FRM.
También existe en la zona susceptibilidad a la caída de rocas y deslizamientos.

e) MUY ALTA SUSCEPTIBILIDAD

Se encuentra en menor porcentaje respecto al área de estudio. La pendiente de esta susceptibilidad va de 20° a 50°, se encuentran ocupando parte de la ladera de la montaña metamórfica de cuarcitas y parte del complejo metamórfico de granulitas. Esta zona es más susceptible a la caída de rocas por la pendiente alta que tiene.

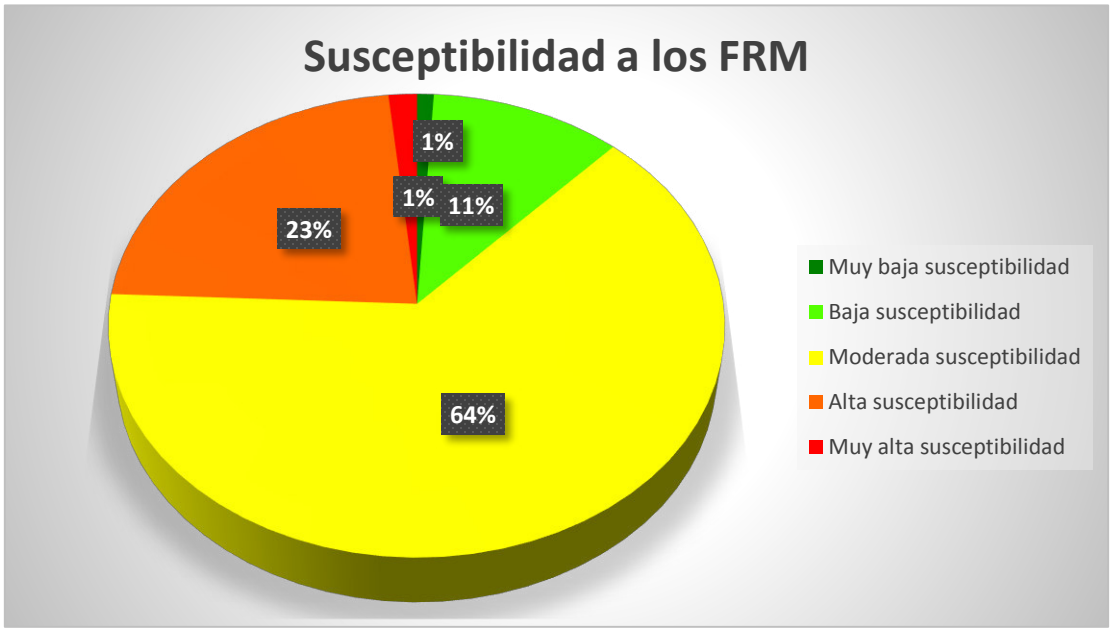
7.4 Resultados de la Susceptibilidad

En la cuenca del rio Omaya, la susceptibilidad moderada tiene el mayor porcentaje con 63.706 %, le sigue la susceptibilidad alta con 22.688 %, en tercer lugar la susceptibilidad baja con 11.017 %. En menor porcentaje se tiene muy alta (1.635%), y muy baja susceptibilidad con 0.954%.

Cuadro Nº 42: susceptibilidad a los FRM en la Cuenca del rio Omaya

VALOR	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA	%
1	Muy baja susceptibilidad	0.287580	0.9540
2	Baja susceptibilidad	3.321109	11.0172
3	Moderada susceptibilidad	19.204268	63.7065
4	Alta susceptibilidad	6.839203	22.6878
5	Muy alta susceptibilidad	0.492733	1.6345
	Total	30.144893	100

Gráfico Nº 03: Porcentaje de la susceptibilidad a los FRM en la Cuenca del rio Omaya



VIII. ANÁLISIS DE ZONAS PROBLEMÁTICAS O DE MAYOR SUSCEPTIBILIDAD FRENTE A FRM

Después de realizar y analizar el Mapa de Fenómenos de Remoción en Masas y de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa en la Cuenca del rio Omaya, se procede a realizar el análisis de las “Zonas Críticas” o “Zonas Problemáticas” las que cuentan con características geomorfológicas, geológicas, pendiente, suelos y uso del uso, que ante precipitaciones intensas (lluvias extraordinarias) propician la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa causando daños en los centros poblados, vías de comunicación y en el sector económicos de la zona de estudio (centro recreacional “Catarata” y agricultura).

Las zonas problemáticas o críticas son aquellas donde hay mayor susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masas y se han clasificado de acuerdo al tipo de peligro al que son susceptibles:

- Zonas problemáticas frente a Fenómenos de Remoción en Masas: Áreas afectadas por caída de rocas, Áreas afectadas por deslizamientos, Áreas afectadas por erosión de laderas y flujos de detritos (huaycos).
- Zonas problemáticas frente a Fenómenos Hidrometeorológicos: Áreas afectadas por Inundaciones y erosión fluvial.

Como medida de prevención se plantean algunas recomendaciones para disminuir en lo posible las consecuencias de los FRM. Las medidas son sugeridas de acuerdo a las características, y al grado de susceptibilidad de la zona, teniendo en consideración a los cascos urbanos ubicados en áreas de inundación y quebradas (cauce de huaycos).

A continuación se presentan los cuadros en donde se describe cada zona problemática por sector, características y posibles soluciones.

- En el complejo turístico Cataratas, se desarrollan mayormente las caídas de rocas debido al intemperismo físico que sufren las rocas, para lo cual se recomienda el desquinchamiento de las rocas más fracturadas para evitar

accidentes a los turistas. En la ladera de las carreteras también se producen caídas de rocas lo que se puede manejar con la construcción de muros.

Cuadro Nº 43: Áreas afectadas por caída de rocas en la cuenca del rio Omaya.

CAIDA DE ROCAS				
COORDENADAS UTM		DESCRIPCIÓN	DAÑOS OCASIONADOS	MEDIDAS A TOMAR
X	Y			
633640.022	8614090.927	La caída de rocas se da en la parte alta de la cuenca, formada por afloramientos rocosos de granulitas, las que se encuentran meteorizadas y principalmente fracturadas. Estas rocas son arrancadas en pendientes mayores a 35º, la mayor parte de este peligro se desarrolla en el complejo turístico Catarata, así como en algunos cortes de carretera donde se han formado canchales.	Ante un sismo de gran magnitud muchas de las caídas de rocas podrían activarse. Las rocas que caen pueden causar daño a las personas que se encuentra visitando las cataratas del lugar.	Desquinchar los bloques sueltos en las laderas, esto implica un bajo costo y puede prevenir accidentes. Construir muros de contención para evitar que las rocas que caen hacia la carretera produzcan accidentes.
633763.3266	8614048.358			
633315.7359	8614067.892			
634713.3026	8614370.432			
634907.4724	8614508.159			
631596.3844	8614509.184			

Cuadro Nº 44: Áreas afectadas por deslizamientos en la cuenca del rio Omaya.

DESLIZAMIENTOS				
COORDENADAS UTM		DESCRIPCIÓN	DAÑOS	MEDIDAS A TOMAR
X	Y			
634554.718	8612580.592	Los deslizamientos se dan en cortes de laderas para la construcción de carreteras. Este problema es más frecuente en el Grupo San José, el que presenta pizarras deleznables así como lutitas las cuales al humedecerse con las precipitaciones generan deslizamientos superficiales. Las pendientes van de 20º a más. Este peligro es más frecuente en la carretera de Catarata hacia Nueva Alianza.	Al ocurrir un deslizamiento, la comunidad de Nueva Alianza se queda aislada debido al bloqueo de la carretera por los deslizamientos en épocas de lluvias.	Los deslizamientos superficiales se dan por ser alterado el talud de la ladera. Se deben realizar los estudios convenientes a cada obra para que el talud sea el más adecuado en el corte de carretera.
634734.356	8612798.270			
634344.730	8612080.453			
633370.760	8613332.807			
632830.395	8616371.640			
632245.372	8612318.985			
635010.009	8613418.982			
630012.247	8611086.348			
632476.630	8617471.689			
632186.854	8617853.784			
632139.543	8613744.345			

- Para disminuir el daño que puede causar un flujo de detritos, como medida preventiva se recomienda la construcción de andenes de forma escalonada para impedir que el flujo se desarrolle de manera violenta. Los cauces por donde discurren los flujos deben ser limpiados constantemente.

Cuadro Nº 45: Áreas afectadas por flujos en la cuenca del rio Omaya.

FLUJO DE DETRITOS				
COORDENADAS UTM		DESCRIPCIÓN	DAÑOS OCASIONADOS	MEDIDAS A TOMAR
X	Y			
631948.3716	8614765.948	Estos flujos se originan en las quebradas de la cuenca y se alimentan de los materiales que encuentra en su cauce así como de deslizamientos. El flujo forma un abanico de deyección en la parte baja de la quebrada en donde deposita bloques irregulares de granulitas, pizarras y cuarcitas con matriz arcillosa.	El Niño en el año 1982 produjo lluvias excepcionales en la cuenca lo que provoco flujos de detritos de gran magnitud en la quebrada Tarancato. Lo que provoco pérdidas económicas (cultivos y viviendas).	Se recomienda limpiar el cauce de las quebradas, realizar planes de evacuación ante el desastre en la comunidad de Tarancato, no permitir la expansión urbana en esta área y realizar estudios de estabilidad de taludes y suelo.
630645.6531	8612832.671			
631706.5571	8612398.206			
633346.1571	8612703.839			
632149.4264	8613061.768			
633754.4168	8613658.189			

- La erosión de laderas es el FRM que se da en mayor proporción en la cuenca del rio Omaya, se debe a la agricultura que se desarrolla en la zona. Esta actividad se realiza sin contar con infraestructura de regadío adecuada, además los bosques han sido erradicados para ganar terreno para el cultivo de la hoja de coca, lo que permite la erosión del suelo producida por las lluvias excepcionales. Como medida se recomienda construir un sistema de regadío para controlar el agua de escorrentía por medio de zanjas impermeabilizadas y desagües adecuados; reforestación en las zonas vulnerables para así aminorar la erosión.
- La erosión fluvial se da en la zona del valle de la cuenca, para lo que se recomienda la limpieza del cauce del rio, construcción de espigones, terrazas

escalonadas donde los taludes sean altos. Las estructuras que se construirán no deben interrumpir el cauce natural del rio.

Cuadro Nº 46: Áreas afectadas por erosión fluvial en la cuenca del rio Omaya.

EROSIÓN FLUVIAL				
COORDENADAS UTM		DESCRIPCIÓN	DAÑOS OCASIONADOS	MEDIDAS A TOMAR
X	Y			
629484.576	8611254.869	Esta zona problemática se caracteriza por la erosión fluvial en ambas márgenes del rio Omaya. El caudal del rio erosiona (socava) los depósitos cuaternario del valle. Pendiente menor a 5 º	La erosión fluvial afecta las carreteras, las cuales quedan partidas literalmente.	Se puede utilizar de manera provisional especies vegetales como el bambú o permanente como diques enmallados, los que cumplirán la función de proteger a los taludes del rio de la erosión y disminuir el impacto de las aguas en la ribera.
631506.772	8612817.909			
631618.755	8613907.475			
629867.727	8611934.594			
630269.776	8612398.129			
632175.923	8613582.288			
631069.680	8612894.109	Un problema común en diferentes lugares es la erosión del material de relleno en los estribos de los puentes. Pendiente menor a 5 º	Los estribos de los puentes quedan al aire y la vía destruida.	
630361.297	8612557.286			

Cuadro Nº 47: Áreas afectadas por Inundaciones en la cuenca del rio Omaya.

INUNDACIONES				
COORDENADAS UTM		DESCRIPCIÓN	DAÑOS OCASIONADOS	MEDIDAS A TOMAR
X	Y			
629607.046	8611311.006	Se da en las comunidades de Omaya, Catarata y Buenos Aires en época de lluvias excepcionales. Durante los meses de verano las lluvias torrenciales dejan inundada las comunidades.	Se genera pérdidas económicas y daños en viviendas cercanas.	Se coloca sacos de polietileno u otro material resistente al agua, llenos de tierra o arena apilados como barrera para bloquear el ingreso de agua a las viviendas.
632461.992	8613467.019			
630351.307	8612633.906			

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1) De acuerdo con la litología observada en campo, la zona de estudio está conformada por rocas del complejo metamórfico Pichari – Cielo Punku (granulitas), Grupo San José (pizarras y lutitas), Formación Sandia (cuarcitas) y Formación Ananea (lutitas).
2) La zona de estudio pertenece al Dominio Estructural del Paleozoico Superior cuya Unidad Estructural es el Anticlinorio de Vilcabamba, de alineación NO-SE.
3) Las condiciones geológicas, geomorfológicas, estructurales (falla regional) condicionan la zona a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.
4) En la Formación Sandia se encuentra una falla regional de rumbo NW – SE y dirección de buzamiento SW, en donde se producen caída de rocas, deslizamientos y erosión de laderas.
5) Los sismos y las lluvias excepcionales en la zona pueden ser detonantes para que ocurran FRM.
6) De acuerdo al catálogo sísmico extraído de la página Web Science For a Changing World (USGS). La geodinámica interna se manifiesta mediante sismos de magnitud 4 a 4.3 en alrededores de la cuenca.
7) Mediante el inventario de peligros de remoción en masas en la cuenca del rio Omaya, se ha cartografiado 4 tipos de remoción en masas: Caídas de rocas, Flujos de detritos, Deslizamiento y Erosión de laderas.
8) Las caídas de rocas se localizan principalmente en el circuito turístico de Catara, debido al intemperismo (meteorización) y altas pendientes en la quebrada. En los cerros donde yace la Formación Sandia constituidos por rocas cuarciticas también se producen caídas de rocas.
9) Los deslizamientos se presentan en el Grupo San José formado por pizarras y lutitas deleznables, aquí la susceptibilidad es moderada a baja. Cuando se altera el equilibrio del talud de la ladera, se producen los deslizamientos aprovechando el plano de estratificación, hasta encontrar nuevamente su estabilidad.
10) La erosión de laderas se localiza tanto en rocas metamórficas como en sedimentarias, de pendientes altas a bajas. Teniendo en cuenta que en la

cuenca llueve durante todo el año y se producen lluvias excepcionales en verano y durante el Fenómeno de El Niño, el agua que precipita escurre como torrenteras acarreando agua y materiales a la parte baja de la cuenca (al valle).

11) Los flujos de detritos (Huaycos), ocurren principalmente cuando se presenta el fenómeno meteorológico de El Niño, acarreando el material que encuentra a su paso para depositarse en la parte baja de las quebradas formando conos de deyección. El área más afectada ante la ocurrencia de este fenómeno es la comunidad de Tarancato.

12) Para realizar un mapa de susceptibilidad es básico emplear: mapas geológicos (lito-estructurales), geomorfológicos, de pendiente; y para un mejor análisis es necesario complementar con mapas de suelo, uso actual del suelo, vegetación, etc.

13) En el mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa se tiene en mayor porcentaje la susceptibilidad moderada a FRM.

14) El Mapa de Zonificación de la Susceptibilidad a los Fenómenos de Remoción en Masa en la Cuenca del Rio Omaya se debe tener en cuenta en los trabajos de planeamiento de la expansión urbana de los centros poblados, así como en el desarrollo de obras de infraestructura como vías de comunicación, centros educativos, presas, líneas de transmisión, puentes, etc.

15) En las zonas identificadas como problemáticas se deben adoptar medidas de estabilización como: Reforestación con árboles nativos, otros que se adapten a las condiciones climáticas y edafológicas del área, plantación de especies vegetales en las laderas, construcción de muros de contención, estabilización de bloques rocosos, desquinchamientos, enmallados, canalización de aguas de escurrimiento en los centros poblados.

16) Se debe realizar la señalización correspondiente para la evacuación en caso de producirse un FRM en los centros poblados y en el circuito turístico “Catara”.

17) Los dirigentes y líderes de la zona deben ser entrenados para guiar a la población a zonas seguras ante el evento de FRM.

18) Para realizar el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masas existen diferentes métodos, algunos subjetivos que dependerán de la

experiencia del evaluador y otros más objetivos que dependerán de la cartografía de los peligros. El método bivariado consiste en evaluar la densidad de los fenómenos de remoción en masa mediante el porcentaje en áreas del FRM y la unidad cartográfica para dar valoración (pesos) a cada parámetro respecto a un determinado FRM y por ultimo hallar la susceptibilidad total del terreno a los FRM.

19) El ArcGIS 10.2 es un Sistema de Información Geográfica que nos permite un fácil análisis y manejo de datos georreferenciados para obtener el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masas.
20) El desarrollo socioeconómico basado en la agricultura y el turismo en la zona mejorarían con la construcción de vías asfaltadas en toda la cuenca.
21) Se recomienda que la Municipalidad Distrital de Pichari a través de su Secretaría Técnica de Defensa Civil debe ser responsable de una constante evaluación, en cumplimiento a las normas de Defensa Civil y como medida de prevención ante la ocurrencia de cualquier fenómeno de remoción en masa.
22) La autoridad local deberá exigir y la población deberá ceñirse estrictamente a las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en cuanto al diseño de estructuras de acuerdo al tipo de suelo en la zona de estudio.
23) Se recomienda la construcción de las viviendas, teniendo en cuenta las normas técnicas para el diseño de instalación de los servicios de saneamiento básico.
24) Se recomienda considerar los sistemas de drenajes, ya que el área en estudio presenta lluvias inusuales, además se observa una deficiencia en las instalaciones de su entorno.
25) Las obras de infraestructura futuras, deben de seguir Normas de Arquitectura: A.010 (Condiciones generales de diseño) y A.130 (Requisitos de seguridad) del Reglamento Nacional de Edificaciones. Además de contar con un Informe de "Estimación del Riesgo", con la finalidad de garantizar su operatividad.
26) Se deberá realizar estudios Hidráulico-hidrológico y de suelos, para determinar los parámetros de diseño de las estructuras de cimentación a considerar en la zona.

27) Se recomienda realizar lozas de cemento pulido en el piso de las viviendas, para evitar el desarrollo de focos infecciosos de los diferentes mosquitos de la zona.

28) Se recomienda respetar la Norma Técnica de Salud “Infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud del primer nivel de atención”, la cual nos dice que los terrenos para establecimientos de salud no deben ubicarse a una distancia no menor a 300 m lineales al borde de ríos, lagos o lagunas ni a 1 km del litoral.

X. BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, L. (2010). "*Potencialidades Socioeconómicas", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú*

ÁLVAREZ, J. (1986). "*Estudio Geomorfológico de la Amazonía Peruana" (Términos de referencia). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.*

AQUINO, R. Y TORRES, M. (2010). "*Fauna", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac – VRA. Iquitos – Perú.*

AYALA-CARCEDO, F. J. (2002). *"Una reflexión sobre los mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera, su naturaleza, funciones, problemática y límites".*

AYALA-CARCEDO Y J. COROMINAS. *"Mapas de Susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG". Fundamentos y Aplicaciones en España, Instituto Geológico y Minero de España.*

BARRETO CARO, J. (2005) *"Estimación de un índice relativo de riesgo múltiple en áreas urbanas*". *Universidad de Colima: Tesis maestro en ciencias de la tierra.*

BIODAMAZ (2007). "*Sinopsis Explicativa del Mapa Litoestratigráfico de la Geología en la Amazonía Peruana", Esc. 1:1'000,000. Ingemmet, IIAP.*

CARDONA, O. (2005). "*Sistema de indicadores para la gestión del riesgo de desastres" Programa para américa latina y el caribe. Universidad nacional de Colombia, Manizales.*

CENEPRED PERU (2014). *Dirección de Gestión de Procesos. "Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales" – 2da Versión.*

CENAPRED MEXICO (2001). "*Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México". Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana.*

DALMAYRAC, B.; LAUBACHER, G. & MAROCCO, R. (1988). Traducción por Dávila Burga, J. "Caracteres generales de la evolución geológica de los andes peruanos. Ingemmet".

DALMAYRAC, B. (1986). "Estudio Geológico de la Cordillera Oriental, Región Huánuco". Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, Boletín, serie D: Es. Esp., 11, 150p.

DOMINGUEZ CUESTA, M. (2003) "*Geomorfología e inestabilidad de laderas en la cuenca carbonífera central (valle del Nalon, Asturias). Análisis de la susceptibilidad ligada a los movimientos superficiales del terreno". Tesis doctoral, Universidad de Oviedo.*

FARFÁN, J. Y GARCÍA, A. (2010). "*Caracterización Social y Antropológica", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú*

FERNÁNDEZ, D.; LUTZ, (2003) "*Procesos de remoción en masa y erosión fluvial en la quebrada del río Los* Sosa". Revista de la Asociación Geológica Argentina. Nº 58. Buenos Aires Argentina

GEISSERT, D. (2000)."*Geomorfología al conocimiento y a la prevención de desastres naturales". Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. (Artículo científico).*

GONZÁLES, A. (2005). "*Evaluación de amenaza por fenómenos de remoción en masa. En III curso Latinoamericano de movimientos en masa – memorias". Bogotá.*

GUTIERREZ, M, (2008) "*Geomorfología" Editorial Pearson. Madrid, España.*

HARRISON, J. V. (1951). "*Geología de los Andes Orientales del Perú Central". Bol. Soc. Geol. Perú, (21): 3-97.*

INDECI, CUSCO (2011). "*Programa de ciudades sostenibles: Mapa de peligros y medidas de mitigación ante desastres, ciudad de Anta – Izcuchaca".*

INEI (2008): *Censo Nacional 2007; XI de población y VI de vivienda. "Perú crecimiento y distribución de la población".*

INEI (2008): *Censo Nacional 2007; XI de población y VI de vivienda.* "*Resultados definitivos de comunidades indígenas". Tomo Nº 3*

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA AMAZONÍA PERUANA. (2008). "Estudio Climático de la Provincia de Satipo". Iquitos. 115 p.

IIAP. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA. "*Zonificación ecológica y económica para el desarrollo sostenible del ámbito del vale del rio Apurímac".*

KOSAKA, R; ARIAS, H. FARFAN, E. MINAYA, A. TICONA, J. CAMPANO, J. (2001). *"Estudio geodinámico y evaluación de peligros del valle de Majes (Aplao, Huancarqui, Cosos). Convenio UNSA – INDECI.*

KOSAKA, R; ARIAS, H. FARFAN, E. MINAYA, A. TICONA, J. CAMPANO, J. (2002). *"Estudio geodinámico y evaluación de peligros de las localidades de Viraco, Machahuay y Pampacolca". Convenio UNSA – INDECI*

LARA CASTILLO, M. (2007) *"Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramón, Santiago oriente, Región Metropolitana". Tesis para optar al grado de magister en ciencias con mención en geología. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*

MANRIQUE, H. (1991). "*Estudio de la Alta Presión de Bolivia y su Influencia en el Comportamiento de las Precipitaciones en el Territorio Peruano".*

MARTÍNEZ, P. (2010). "*Forestal". Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú*

MEDINA RENGIFO, J. (1991). "*Fenómenos geodinámicos: estudios y medidas de tratamiento".*

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, (2007). *"Plan de desarrollo urbano del distrito de Pichari, la convención – cusco".*

MINAM. (*2014*). "*Ordenamiento Territorial en el Perú". Diálogos ambientales.*

MONGE R., SANCHEZ J., VALENCIA M. (1998). "Geología de los cuadrángulos de Llochegua, Río *Picha y San Francisco", boletín 120 A, 253 p. INGEMMET.*

PALMA, L. (2010). *"Socioeconomía", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú.*

PAREDES, P.; SALDAÑA, V. (2010). "*Hidrografía", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Selva de Huánuco, Iquitos – Perú.*

PESANTES, C. "*Evaluación y Zonificación de riesgos geodinámicos en el distrito minero de Zaruma y Portovelo". Ecuador.*

PLANAGER (2014), "*Plan nacional de gestión del riesgo de desastres". Aprobado por D.S. N^{O} 034 – 2014 – PCM del 12.0.14*

QUINTANA, I. (2010). *"Geomorfología", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac – VRA". Iquitos – Perú.*

RAMÍREZ, J. (2010). "*Uso Actual de la tierra", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú.*

RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN DE DESASTRES EN AMERICA LATINA. (1994/ No.3 /Año 2) *"Desastres y Sociedad. Especial: Desbordes, Inundaciones y Diluvios".*

RODRÍGUEZ, E. (2010). "*Clima", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú*

RODRIGUEZ, E. (1984). "*Las Precipitaciones y sus Causas Físicas en el Departamento de Arequipa". Tesis (Ingeniero meteorólogo). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria-La Molina, Facultad de Ciencias. 289 p.*

SUÁREZ, D. (2009). "*Ayacucho: análisis de situación en población".*

VILCHEZ MATA, M. (2008): "Evaluación de la susceptibilidad a los movimientos en masa en las áreas de Chachapoyas y Luya (Amazonas – Perú)". Red DESIR: Máster internacional aprovechamiento sostenible de los recursos minerales

VALENZUELA ORTIZ, G. (2003):*"La geología ambiental en la zonificación de amenazas naturales". Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (Tesis de Maestría)*

VARNES, D. (1984). "*Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Natural Hazards". nº 3. UNESCO, Paris.*

VÁSQUEZ ACUÑA, J. (2009): "*Movimientos en masa en la quebrada Canto Grande" Universidad Nacional Mayor de San marcos FIGMMG.*

VILLACORTA, S. (2007). "*Análisis de la susceptibilidad de los Movimientos de Ladera en la Cuenca del río Llaminchan". Cajamarca-Perú*. Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos minerales.

ZÁRATE, R. Y MORI, T. 2010. *"Vegetación", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del Río Apurímac - VRA. Iquitos – Perú*

630000 631000 632000 633000 634000 635000 636000 637000

8618000 8617000 8616000 8615000 8614000 8613000 8612000 8611000 8610000 8609000 8608000 8607000

N
W E
S

Union Tarancato

CUENCA OMAYA

DISTRITO
DE PICHARI

Tarancato

Catarata

Nueva Alianza

Omaya

DISTRITO DE KIMBIRI

RIO APURIMAC

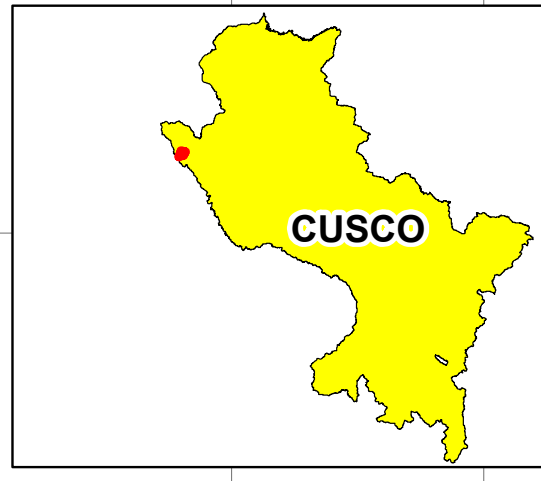
0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5
Km.

SIMBOLOGÍA

- Centro Poblado
- Anexo
- Via nacional
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- Red Hidrográfica
- Curvas maestras
- Curvas secundarias
- Cuenca del rio Omaya

MAPA DEL PERÚ





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA
E.A.P. ING. GEOLÓGICA

MAPA BASE
CUENCA DEL RIO OMAYA

Elaboración: Eva Victoria Aricochea Vasquez

Fuente: *Cartografia base IGN: Escala 1:25 000 Límites Distritales; INEI*

Escala: 1:30,000 *Febrero 2016*

630000 631000 632000 633000 634000 635000 636000 637000

8618000 8617000 8616000 8615000 8614000 8613000 8612000 8611000 8610000 8609000 8608000 8607000

N
W E
S

DISTRITO DE PICHARI

Union Tarancato

CUENCA OMAYA

Tarancato

Catarata

Nueva Alianza

DISTRITO DE KIMBIRI

Omaya

RIO APURIMAC

SIMBOLOGÍA

- rio
- quebrada
- Via nacional
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- *Curvas maestras*
- *Curvas secundarias*
- Centro Poblado
- Anexo

PENDIENTE EN LA CUENCA DEL RIO OMAYA

Muy baja	Pendiente menor a 5°, forma parte del fondo del valle del rio Omaya.
Baja	Pendiente de 5° a 15°, predominan en el valle del rio Omaya, en la quebrada Tarancato y en las colinas.
Moderada	Pendiente de 15° a 25°, predomina en las laderas de las montañas.
Mediana	Pendiente de 25° a 35°, predomina en la parte alta de la cuenca.
Fuerte	Pendiente de 35° a 50°, predominante en las laderas de las cataratas.
Muy fuerte	Pendiente mayor a 50° en las cataratas.
CUENCA RIO OMAYA	

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 Km.

MAPA DEL PERÚ

CUSCO

CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA
E.A.P. ING. GEOLÓGICA

MAPA DE PENDIENTES CUENCA DEL RIO OMAYA

Elaboración: Eva Victoria Aricochea Vasquez

Fuente: *Cartografia base IGN: Escala 1:25 000 Límites Distritales; INEI*

Escala: 1:30,000 *Febrero 2016*

630000 631000 632000 633000 634000 635000 636000 637000

8618000 8617000 8616000 8615000 8614000 8613000 8612000 8611000 8610000 8609000 8608000 8607000

N W E S

DISTRITO DE PICHARI

Union Tarancato

Pe-pi/gra,gn

Om-sj

CUENCA OMAYA

Om-sj

Tarancato

Os-s

Qh

Catarata

Om-sj

Nueva Alianza

SD-a

Os-s

DISTRITO DE KIMBIRI

SD-a

Omaya

RIO APURIMAC

SIMBOLOGÍA

- *Curvas maestras*
- *Curvas secundarias*
- rio
- quebrada
- Via nacional
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- Centro Poblado
- Anexo

LEYENDA

Qh	Dep. Cuaternarios	Formado por material heterogeneo de bolones, cantos y gravas redondeadas a subredondeadas incluso algunos angulosos, con una matriz arcillosa.
SD-a	Fm. Ananea	litológicamente en la cuenca predominan las secuencias de lutitas, las cuales en determinadas zonas se intercalan con secuencias de pizarras, limolitas y areniscas cuarzosas en capas delgadas.
Os-s	Fm. Sandia	Paquete competente de cuarcitas color gris claro a blanquecinas en capas gruesas resistente a la erosión.
Om-sj	Grupo San Jose	Litológicamente compuesta por pizarras y lutitas, se caracteríza por presentar fósiles y Pirita. Constituida por pizarras ampelíticas en capas delgadas y fuertemente facturados.
Pe-pi/gra,gn	Complejo Metamórfico	Formado por granulitas del complejo metamorfico Pichari - Cielo Punku. Conformado por Cuarzos, feldespatos, plagioclasas y en menor cantidad presencia de minerales de Granate, Biotita y ortopixenos. Morfología agrestes muy fracturadas y afloran en el centro poblado de Catarata,

FALLAS

Falla Regional

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 Km.

MAPA DEL PERÚ

CUSCO

CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA

E.A.P. ING. GEOLÓGICA

MAPA GEOLÓGICO CUENCA DEL RIO OMAYA

Elaboración: Eva Victoria Aricochea Vasquez

Fuente: *Cuadrángulo de Geologia de San Francisco Cartografia base IGN: Escala 1:25 000 Límites Distritales; INEI; Datos de campo*

Escala: 1:30,000 *Febrero 2016*

630000 631000 632000 633000 634000 635000 636000 637000

8618000 8617000 8616000 8615000 8614000 8613000 8612000 8611000 8610000 8609000 8608000 8607000

N
W E
S

Union Tarancato

DISTRITO
DE PICHARI

CUENCA OMAYA

Tarancato

Catarata

Nueva Alianza

DISTRITO DE KIMBIRI

Omaya

RIO APURIMAC

SIMBOLOGÍA

- *Curvas maestras*
- *Curvas secundarias*
- rio
- quebrada
- Via nacional
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- Centro Poblado
- Anexo

LEYENDA

Abanicos Proluviales	Depósitos de flujos de detritos canalizados, en forma de abanico, ubicados en la parte terminal o desembocadura de una quebrada o curso fluvial
Colinas denudadas	Colinas de baja pendiente, que han sido denudadas por procesos erosivos, la agricultura en la zona ayuda a la erosion superficial del suelo.
Laderas escarpadas	Superficie plana de alta pendiente, se encuentran limitando las laderas de montañas. Proceso erosivo por precipitación pluvial, deslizamientos y derrumbes.
Montañas metamórficas paleozoicas	Se distribuye en el centrol de la cuenca con dirección NW-SE. Constituido por pizarras, cuarcitas y lutitas. Los procesos erosivos diversos: caída de rocas, deslizamientos, etc
Montañas metamórficas precambriano	Se emplaza en el sector Noreste de la cuenca con dirección SE-NO, Conformada por granulitas de relieve abrupto con elevadas cadenas de cerros y picos altos y con pendientes escarpadas.
Planicies erosivas pleistocénicas	Superficie plana de material inconsolidado, el agua de escorrentía fluye por las debilidades del material agrietando el camino.
Valle Fluvialuvial	Zona baja pendiente. Se caracteriza por su sección transversal en V, pendientes moderadas y de fondo plano. Rellenados con depósitos fluviales de gravas, arenas y presencia de terrazas.
Cuenca del rio Omaya	

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 Km.

MAPA DEL PERÚ

CUSCO

CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA
E.A.P. ING. GEOLÓGICA

MAPA GEOMORFOLÓGICO
CUENCA DEL RIO OMAYA

Elaboración:
Eva Victoria
Aricochea Vasquez

Fuente: *Cuadrángulo de Geologia de San Francisco*
Cartografia base IGN: Escala 1:25 000
Límites Distritales; INEI; Datos de campo

Escala: 1:30,000

Marzo del 2016

630000 631000 632000 633000 634000 635000 636000 637000

8619000 8618000 8617000 8616000 8615000 8614000 8613000 8612000 8611000 8610000 8609000 8608000

N
W E
S

Union Tarancato

DISTRITO DE PICHARI

CUENCA OMAYA

Tarancato

Catarata

Nueva Alianza

Omaya

DISTRITO DE KIMBIRI

RIO APURIMAC

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5
Km.

SIMBOLOGÍA

- Centro Poblado
- Anexo
- Curvas maestras
- Curvas secundarias
- Via nacional
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- rio
- quebrada

SUELOS - TAXONOMIA

- Lithic Udorthents
- Typic Dystrudepts - Typic Dystrudepts
- Typic Udifluvents

MAPA DEL PERÚ

CUSCO

CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA
E.A.P. ING. GEOLÓGICA

MAPA DE SUELOS
CUENCA DEL RIO OMAYA

Elaboración: Eva Victoria Aricochea Vasquez

Fuente: *Cartografia base IGN: Escala 1:25 000 MZEE - VRA; Datos de campo*

Escala: 1:30,000 *Marzo 2016*

630000 631000 632000 633000 634000 635000 636000 637000

8618000 8617000 8616000 8615000 8614000 8613000 8612000 8611000 8610000 8609000 8608000 8607000

N
W E
S

DISTRITO DE PICHARI

Union Tarancato

CUENCA OMAYA

Tarancato

Catarata

Nueva Alianza

Omaya

DISTRITO DE KIMBIRI

RIO APURIMAC

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5
Km.

USO ACTUAL DEL SUELO

- Tierras con derecho de uso legal para exploración y explotación minera y otros materiales
- Tierras con uso Turistico y otros
- Tierras con uso agropecuario con predominio del cultivo de coca
- Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos de subsistencia alto andina y ganaderia
- Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos tropicales en valles intermontañosos

SIMBOLOGÍA

- Centro Poblado
- Anexo
- Curvas maestras
- Curvas secundarias
- Via nacional
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- rio
- quebrada

MAPA DEL PERÚ

CUSCO

CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA
E.A.P. ING. GEOLÓGICA

MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO
CUENCA DEL RIO OMAYA

Elaboración: Eva Victoria Aricochea Vasquez

Fuente: *Cartografia base IGN: Escala 1:25 000 MZEE - VRA; Datos de campo*

Escala: 1:30,000 *Marzo 2016*

630000 631000 632000 633000 634000 635000 636000 637000

8618000 8617000 8616000 8615000 8614000 8613000 8612000 8611000 8610000 8609000 8608000 8607000

N W E S

DISTRITO DE PICHARI

Union Tarancato

CUENCA OMAYA

Tarancato

Catarata

Nueva Alianza

Omaya

DISTRITO DE KIMBIRI

RIO APURIMAC

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 Km.

Fenómenos de Remoción en Masa Cuenca del rio Omaya.

- Caidas
- Flujo de detritos
- Erosión de laderas
- Deslizamientos

SIMBOLOGÍA

- Centro Poblado
- Anexo
- Via nacional
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- Curvas maestras
- Curvas secundarias
- rio
- quebrada
- Inundación

MAPA DEL PERÚ

CUSCO

CUSCO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA
E.A.P. ING. GEOLÓGICA

MAPA DE INVENTARIO DE FRM CUENCA DEL RIO OMAYA

Elaboración: Eva Victoria Aricochea Vasquez

Fuente: *Cartografia base IGN: Escala 1:25 000 Datos de campo*

Escala: 1:30,000 *Abril 2016*

630000 631000 632000 633000 634000 635000 636000 637000

8618000 8617000 8616000 8615000 8614000 8613000 8612000 8611000 8610000 8609000 8608000 8607000

N
W E
S

DISTRITO DE PICHARI

Union Tarancato

CUENCA OMAYA

Tarancato

Catarata

Nueva Alianza

Omaya

DISTRITO DE KIMBIRI

RIO APURIMAC

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 Km.

SUSCEPTIBILIDAD A FRM CUENCA DEL RIO OMAYA

- Muy Baja
- Baja
- Moderada
- Alta
- Muy Alta

SIMBOLOGÍA

- Centro Poblado
- Anexo
- Curvas maestras
- Curvas secundarias
- Via nacional
- Via vecinal
- Trocha carrozable
- rio
- quebrada

MAPA DEL PERÚ

CUSCO

CUSCO

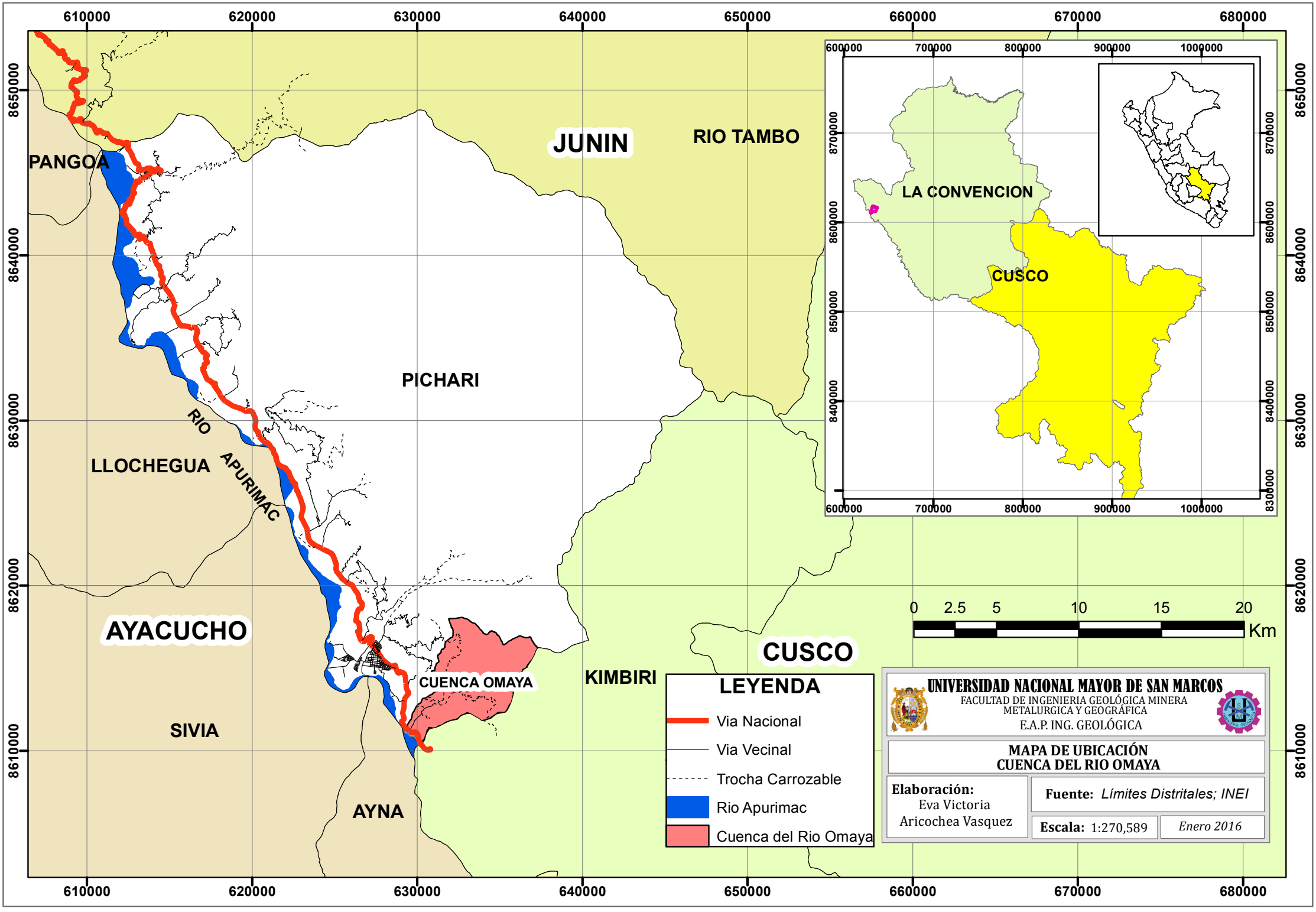
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA
E.A.P. ING. GEOLÓGICA

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A FRM CUENCA DEL RIO OMAYA

Elaboración: Eva Victoria Aricochea Vasquez

Fuente: *Cartografia base IGN: Escala 1:25 000 Datos de campo*

Escala: 1:30,000 *Abril 2016*


610000
620000
630000
640000
650000
660000
670000
680000
8650000
8640000
8630000
8620000
8610000
JUNIN
RIO TAMBO
PANGOA
PICHARI
RIO APURIMAC
LLOCHEGUA
AYACUCHO
CUSCO
KIMBIRI
SIVIA
AYNA
CUENCA OMAYA
600000
700000
800000
900000
1000000
8700000
8600000
8500000
8400000
8300000
LA CONVENCION
CUSCO
0 2.5 5 10 15 20
Km
LEYENDA
Via Nacional
Via Vecinal
Trocha Carrozable
Rio Apurimac
Cuenca del Rio Omaya
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA MINERA METALURGICA Y GEOGRÁFICA
E.A.P. ING. GEOLÓGICA
MAPA DE UBICACIÓN
CUENCA DEL RIO OMAYA
Elaboración:
Eva Victoria Aricochea Vasquez
Fuente: Límites Distritales; INEI
Escala: 1:270,589
Enero 2016