

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y  
ECOTURISMO**

**“ZONIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PELIGROS POR GEODINAMICA  
EXTERNA EN LA CUENCA DEL RIO PICHARI, DISTRITO DE PICHARI,  
LA CONVENCION-CUSCO”**

**TESIS PARA OPTAR  
TÍTULO PROFESIONAL INGENIERO GEÓGRAFO**

**AUTOR**

**SÁNCHEZ SALAZAR MARCO ANTONIO**

**ASESOR**

**ZAMORA TALAVERANO NOÉ SABINO JORGE**

**JURADO**

**DR. ARGUEDAS MADRID CESAR JORGE**

**MG. ZUÑIGA DÍAZ WALTER BENJAMIN**

**MG. GÓMEZ ESCRIBA BENIGNO PAULO**

**ING. ROJAS LEÓN GLADYS**

**LIMA - PERU**

**2018**

**Hoy es el primer día del  
resto de tu vida**

**Dedicado a los que nunca se bajaron del  
barco, a pesar de las tempestades que se  
presentaron en el camino y a los que ya  
no están, pero siempre están**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Federico Villarreal a la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo, por recibirme en sus instalaciones, lugar donde aprendí los conocimientos y obtuve las herramientas básicas para ser un buen profesional y contribuir con el desarrollo del Perú.

A mi asesor, Doctor Noé Zamora Talaverano por sus sugerencias y recomendaciones, a quien guardo un profundo respeto y agradecimiento por sus recomendaciones en la elaboración de esta tesis.

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

A los profesores de Pre-grado de la escuela de Ingeniería Geográfica, por la transmisión de sus valiosos conocimientos.

A las autoridades de la municipalidad Distrital de Pichari y a su equipo técnico por facilitarme los datos y estudios realizados en Pichari.

Finalmente a los dirigentes de las comunidades Nativas Ashánincas de Sankiroshi y a los pobladores del centro poblado de Pichari Capital por acompañarme en el levantamiento de datos *insitu* y a todas aquellas personas que contribuyeron a que este trabajo se haga realidad, mi agradecimiento infinito.

## **RESUMEN**

El objetivo general de la tesis es elaborar el mapa de zonificación de peligros geodinámicos externos en la Cuenca del río Pichari.

El distrito de Pichari está ubicado al Noroeste del Cusco en el valle formado por el río Apurímac.

Los objetivos específicos de la tesis son: Identificar los peligros de geodinámica externa a los cuales están propensos las comunidades ubicadas en la cuenca del río Pichari.; Zonificar según sea el grado de susceptibilidad a fenómenos de geodinámica externa y brindar una herramienta de soporte y elemento de decisión a las autoridades para la prevención y mitigación de desastres naturales.

El método utilizado para la realización de esta tesis fue el método descriptivo.

Se llegó a la conclusión en el mapa de zonificación de la susceptibilidad a la ocurrencia de peligros geodinámicos externos en la cuenca del río Pichari que el área de la cuenca con Muy alta susceptibilidad es de 3,12 km<sup>2</sup>, Alta susceptibilidad 1,32 km<sup>2</sup>; Mediana susceptibilidad 15,30 km<sup>2</sup>; Baja susceptibilidad 43,65 km<sup>2</sup> y Muy baja susceptibilidad 41,23 km<sup>2</sup>.

## **PALABRAS CLAVES**

Peligro – Susceptibilidad – Vulnerabilidad - Fenómenos de Remoción en Masa – Pichari - VRAE

## **ABSTRACT**

The main objective of the thesis is to elaborate the map of the zonification of geodynamic hazards in the basin of the Pichari river.

The district of Pichari is located in the northwest of Cusco in the valley formed by the Apurimac River.

The specific objectives of the thesis are: To identify the hazards of external geodynamics to which they are prone to the communities located in the Pichari river basin. Zoning according to the degree of susceptibility to phenomena of external geodynamics and provide a tool of support and decision to the authorities for the prevention and mitigation of natural disasters.

The method used to carry out this thesis was the descriptive method.

It was concluded in the zoning map of susceptibility to the pressure of geodynamic hazards in the Pichari river basin that the area of the basin with high sensitivity is 3.17 km<sup>2</sup>, high susceptibility 1.32 km<sup>2</sup>; Median susceptibility 15,30 km<sup>2</sup>; Low susceptibility 43.65 km<sup>2</sup> and Very low susceptibility 41.23 km<sup>2</sup>.

## **KEYWORDS**

Danger – Susceptibility – Vulnerability – Phenomena of mass wasting – Pichari – VRAE

## ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I: ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	6
1.2.2.1 PROBLEMA PRINCIPAL .....	7
1.2.2.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS .....	7
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	7
1.4 HIPOTESIS .....	7
1.5 VARIABLES .....	7
1.6 JUSTIFICACIÓN .....	8
CAPITULO II: MARCO TEORICO .....	9
2.1 BASES TEÓRICAS.....	9
2.2 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS .....	11
2.3 MARCO LEGAL.....	13
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 MATERIALES .....	15
3.2 MÉTODO. ....	16
3.2.1.- MUESTRA. ....	16
3.2.2.- MÉTODO .....	16
3.2.3.- METODOLOGÍA .....	16

Fase I: Trabajo de precampo.....	16
Fase II: Trabajo de Campo .....	17
Fase III: Trabajo de Gabinete .....	17
<b>CAPITULO IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>19</b>
4.1 AMBITO DE ESTUDIO.....	19
4.2 UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA.....	19
4.2.1 UBICACIÓN POLÍTICA .....	19
4.2.2 LOCALIZACION GEOGRÁFICA .....	19
• 4.2.3 LIMITES.....	20
4.3 ACCESIBILIDAD .....	20
4.4 ASPECTOS SOCIALES .....	20
4.4.1 DEMOGRAFÍA .....	20
4.4.2 EDUCACIÓN .....	24
4.4.3 VIVIENDA.....	24
4.4.4 ACTIVIDAD ECONOMICA .....	27
4.4.5 SALUD .....	29
4.5 ASPECTOS CLIMATICOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO PICHARI .....	30
4.5.1 FACTORES ATMOSFERICOS .....	30
4.5.2 HIDROGRAFÍA.....	31
4.6 PARAMETROS LITOLÓGICOS Y FISIAGRÁFICOS .....	32
4.6.1 LITOLOGIA .....	32
4.6.2 FISIOGRAFIA .....	40
4.6.3 GEOMORFOLOGÍA .....	42
4.6.4 PENDIENTE.....	47
4.6.5 USO ACTUAL DE SUELOS.....	49

CAPITULO V: RESULTADOS.....	52
5.1 PELIGROS GEODINÁMICOS INTERNOS .....	52
5.2 PELIGROS GEODINAMICOS EXTERNOS .....	53
5.2.1 FENOMENOS DE REMOCIÓN DE MASAS .....	53
5.2.2 FENOMENOS HIDROMETEREOLÓGICOS .....	64
5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE GEODINÁMICA EXTERNA.....	73
5.4 ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD .....	74
5.4.1 METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD .....	75
5.4.2 CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD .....	82
CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	85
6.1 IDENTIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE GEODINÁMICA EXTERNA.....	88
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	91
7.1 CONCLUSIONES .....	91
7.2 RECOMENDACIONES .....	92
BIBLIOGRAFIA.....	94

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto N° 1: La unidad familiar asháninca de Kitemontinkiari .....	22
Foto N° 2: Producto de la caza silvestre se tiene los peces y animales terrestres, los cuales son preparados por las mujeres de la comunidad para ser compartidos con todos los miembros de la comunidad.....	23
Foto N° 3: La mayoría de las viviendas en las comunidades nativas ashánincas y campesinas están construidas por madera o carrizo en las paredes y techo de calamina, mientras que el piso es tierra aplanada. ....	26
Foto N° 4: En las laderas de pendientes moderadas de los cerros de la cuenca baja del río Pichari se siembra “Piña”.....	27
Foto N° 5: En las comunidades ashánincas, desde pequeños ayudan en la cosecha de la yuca, el cual es el principal alimento para ellos. ....	28
Foto N° 6: En la parte baja del valle están ubicados 5 pozos sépticos, donde las aguas hervidas (desagüe) reposan para ser drenadas posteriormente al río Apurímac. Estos pozos son posibles focos infecciosos de insectos, gérmenes y olores nauseabundos los cuales contaminan y causan enfermedades. ....	29
Foto N° 7: Se observa el río Pichari a la altura de la comunidad nativa Sankiroshi. .	31
Foto N° 8: Macizo rocoso del complejo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, localizado en el camino vecinal rumbo a la comunidad nativa de Sankiroshi. En la muestra de roca se observan cristales de granates de 0.2 a 1 cm de longitud. ....	33
Foto N° 9: Muestras de rocas de granulitas del complejo metamórfico Pichari – cielo punku. La primera es una roca intacta .....	33
Foto N° 10: roca alterada que contiene cuarzo, piroxenos, plagioclasas y biotitas. ..	34
Foto N° 11: Afloramiento en el que se observan pizarras del grupo San José, este afloramiento presenta múltiples fracturas y con ello se generan constantemente caídas de rocas hacia la carretera en la vía rumbo a la localidad de Vista Alegre....	34
Foto N° 12: Fósiles encontrados en rocas de pizarras del grupo San José, localidad de Vista Alegre. ....	35
Foto N° 13: Fósiles encontrados en rocas de pizarras del grupo San José, localidad de Vista Alegre. ....	35

Foto N° 14: Afloramiento en el que se observan pizarras deleznales del grupo San José, este afloramiento presenta múltiples fracturas y con ello se generan derrumbes del talud hacia la carretera en la vía rumbo a la localidad de Nueva Esperanza. ....	36
Foto N° 15: Las pizarras deleznales del grupo San José presentan oxidación como resultado del intemperismo en el afloramiento rocoso. Localidad de Nueva Esperanza. ....	36
Foto N° 16: Afloramiento de cuarcitas competentes y duras, Formación Sandia (Ordovícico). Localizado en la comunidad de Vista Alegre. ....	37
Foto N° 17: Muestra de cuarcitas alteradas a limos del afloramiento de la fotografía anterior de la Formación Sandia (Ordovícico). Localizado en la comunidad de Vista Alegre. ....	38
Foto N° 18: En la parte superior de la fotografía se observa el contacto entre el afloramiento de cuarcitas competentes de la Formación Sandia (Ordovícico) y las lutitas de la Formación Ananea, las cuales están intersectadas por una falla normal regional. ....	38
Foto N° 19: Afloramiento de cuarcitas competentes de la Formación Sandia (Ordovícico), se caracteriza por la erosión escalonada de los estratos. Localizado rumbo a la comunidad de Vista alegre. ....	39
Foto N° 20: En la fotografía se observan lutitas de la Formación Ananea. Localizado en las colinas en Pichari Capital. ....	40
Foto N° 21: Se observan montañas precámbricas constituidas por rocas granulíticas, a la derecha de la fotografía se observa las montañas paleozoicas constituidas por pizarras, lutitas e intercalación de estas del Grupo San José. En el valle se cultiva cacao y fruta .....	45
Foto N° 22: Las áreas destinadas al uso exclusivo de conservación para las comunidades nativas ashánincas se ven afectadas por usos irregulares como es la tala de bosques los cuales terminan siendo áreas para el cultivo de la hoja de coca. ....	50
Foto N° 23: En los cortes de carreteras la estabilidad depende de la inclinación del talud. Se observa que la compactación de las lutitas ha influido a que no se produzcan caídas de rocas a pesar del talud elevado. C. Nueva Esperanza .....	55
Foto N° 24: Debido a la elevada inclinación del talud en el corte de carretera se producen contantemente caídas de rocas, las cuales se fragmentan al caer debido a que son muy deleznales. Carretera rumbo a la comunidad de Nueva Esperanza. ...	56

Foto N° 25: En enero del año 2016, por una de las quebradas cercana a la comunidad de Marontuari pasó un flujo de detritos el cual arruino la trocha carrozable (camino), depositando rocas del complejo Pichari Cielo Punku. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari) .....	57
Foto N° 26: En enero del año 2016, la vía quedo destruida, y se formó cauces de agua a lo largo de la carretera. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari) .....	58
Foto N° 27: En enero del año 2016, el flujo de detritos arrastro todo el material que encontró a su paso, malogrando la carretera en la comunidad nativa de Marontuari. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari) .....	58
Foto N° 28: En el año 2010, se produjo un flujo de detritos en las laderas de la montaña metamórfica paleozoica de pizarras y lutitas deleznable. Rumbo a la comunidad nativa de Sankiroshi. ....	59
Foto N° 29: En el año 2010, flujo de detritos depositado en forma cónica en la desembocadura de la quebrada. Rumbo a la comunidad nativa de Sankiroshi. (Fuente: Municipalidad distrital d Pichari).....	60
Foto N° 30: La erosión de ladera es producto de la tala y quema de bosques que dejan al descubierto los suelos y es erosionado por las precipitaciones, dejando detritos sueltos que son un peligro ante precipitaciones fuertes. Se observa la capa de suelo formado por la erosión .....	61
Foto N° 31: En las laderas de los cerros se talan y queman bosques que dejan al descubierto la superficie del terreno de tal manera que es más factible la erosión del suelo por las precipitaciones y aguas superficiales. La erosión del suelo ha dejado la casa sin cimientos.....	61
Foto N° 32: A lo largo de la carretera rumbo a la comunidad de Nueva Esperanza, debido a las lutitas y pizarras deleznable que conforman el suelo ocurren deslizamientos. ....	62
Foto N° 33: Deslizamiento en la carretera rumbo a la comunidad de Vista Alegre. .	63
Foto N° 34: Deslizamiento en la carretera rumbo a la comunidad de Vista Alegre. .	63
Foto N° 35: Partes de un deslizamiento clásico en la cuenca baja del río Pichari. ....	64
Foto N° 36: Las precipitaciones en la cuenca provocaron que las aguas de escorrentía erosionen los bordes de la carretera provocando deslizamientos, derrumbes y roturas en la infraestructura vial. ....	65

Foto N° 37: Derrumbe en la carretera, el cual afecto la infraestructura de drenaje de agua en la cuenca. ....	65
Foto N° 38: Derrumbe en los taludes de la carretera, el cual afecto los muros de contención que sostienen parte de la carretera .....	66
Foto N° 39: Inundación en el mes de enero del año 2016, provoco el aislamiento de los pobladores. La flecha amarilla indica la dirección del río Pichari. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari).....	67
Foto N° 40: Daños ocasionados en las viviendas y en las pertenencias de los pobladores.....	67
Foto N° 41: En épocas de precipitaciones excepcionales el caudal del río Pichari aumenta y con ello es latente el peligro de desborde. Para evitar la erosión lateral del río, la municipalidad distrital de Pichari ha realizado la construcción de defensas riverañas.....	68
Foto N° 42: Las fuertes precipitaciones en la región durante el año 2010 provocaron que el río Apurímac se desbordara y con ello erosionara sus laderas provocando daños en la infraestructura que se había colocado para evitar el desborde. Fuente: M.D. de Pichari (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari).....	68
Foto N° 43: En febrero del año 2015 el río Pichari erosiono la margen izquierda de su talud, dejando sin sostenimiento el estribo del puente que une Pichari con la comunidad de San Juan de la Frontera. Fuente: Municipalidad distrital de Pichari. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari) .....	69
Foto N° 44: Para solucionar el problema anterior, se procedió a rellenar con tierra el material que fue erosionado. Fuente: Municipalidad distrital de Pichari. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari).....	69
Foto N° 45: Inundación de la comunidad San Juan de la Frontera debido al desborde del río Apurímac durante el año 2010. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari).	70
Foto N° 46: En la desembocadura del río Pichari el relieve es llano y por ende el talud del río disminuye por lo que en épocas de precipitaciones este se desborda constantemente, para evitar este problema se aumentó el talud del río con rocas y tierra. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari) .....	70
Foto N° 47: Desborde del río Apurímac, el que afecto la infraestructura de las viviendas, cultivos y vías.....	71

Foto N° 48: las viviendas de madera que se encontraban en la ribera del río Apurímac quedaron totalmente destruidas. ....	71
Foto N° 49: Destrucción total de la comunidad de Ccatunrumi provocado por las fuertes precipitaciones y desborde del río Apurímac. Fuente: Municipalidad distrital de Pichari, Enero del año 2011. ....	72
Foto N° 50: Defensa ribereña destruida por el río Apurímac en la comunidad de Ccatunrumi, la única solución radica es la construcción del enrocado. ....	72
Foto N° 51: la comunidad de Ccatunrumi quedo totalmente destruida y paso a reubicarse en la comunidad de San Juan de la Frontera. ....	72

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Coordenadas UTM que delimitan el cuadrante de la distribución de la cuenca.....	19
Cuadro N° 2: Población por centro poblado del distrito de Pichari .....	21
Cuadro N° 3: Área de las unidades litológicas en la cuenca baja del río Pichari .....	42
Cuadro N° 4: Área de las unidades geomorfológicas en la cuenca baja del río Pichari .....	46
Cuadro N° 5: Área de las unidades de pendiente en la cuenca baja del río Pichari ...	48
Cuadro N° 6: Área de las unidades de uso actual del suelo en la cuenca baja del río Pichari .....	51
Cuadro N° 7: Registro de datos sísmicos en la zona de estudio .....	53
Cuadro N° 8: Porcentaje en área de ocurrencia de distribución de zonas de geodinámica externa en la Cuenca baja del río Pichari .....	73
Cuadro N° 9: Porcentaje en área por unidad cartográfica en la Cuenca baja del río Pichari .....	76
Cuadro N° 10: Porcentaje en área de fenómenos geodinámicos externos por unidad cartográfica en la Cuenca baja del río Pichari.....	77
Cuadro N° 11: Pesos de Susceptibilidad de las unidades cartográficas a los fenómenos geodinámicos externos.....	78
Cuadro N° 12: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del parámetro litológico en la cuenca baja del río Pichari.....	79
Cuadro N° 13: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del parámetro pendiente en la cuenca baja del río Pichari .....	79
Cuadro N° 14: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del parámetro geomorfológico en la cuenca baja del río Pichari.....	79
Cuadro N° 15: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del parámetro uso del suelo en la cuenca baja del río Pichari.....	79
Cuadro N° 16: Valores de susceptibilidad de los mapas parámetros a los fenómenos geodinámicos externos y reclasificación.....	81

Cuadro N° 17: Susceptibilidad a los fenómenos geodinámicos externos en la cuenca baja del río Pichari.....	84
Cuadro N° 18: Áreas afectadas por caída de rocas en la cuenca baja del río Pichari	89
Cuadro N° 19: Áreas afectadas por flujos de detritos en la cuenca baja del río Pichari .....	90

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1: Lengua Materna de las Comunidades Ashánincas .....	23
Gráfico N° 2: Grado de instrucción de las comunidades nativas ashánincas.....	24
Gráfico N° 3: Material de las paredes de la vivienda.....	25
Gráfico N° 4: Material del techo de las viviendas en las comunidades .....	25
Gráfico N° 5: Material del piso de las viviendas en las comunidades .....	26
Gráfico N° 6: Ocupación principal de los habitantes:.....	27
Gráfico N° 7: Ingreso familiar de las comunidades nativas ashánincas .....	29
Gráfico N° 8: Porcentaje en área de la litología en la cuenca baja del río Pichari.....	41
Gráfico N° 9: Porcentaje en área de las unidades geomorfológicas en la cuenca baja del río Pichari.....	46
Gráfico N° 10: Porcentaje en área de las unidades de pendiente en la cuenca baja del río Pichari.....	48
Gráfico N° 11: Porcentaje en área de las zonas de uso actual en la cuenca baja del río Pichari .....	50
Gráfico N° 12: Porcentaje en área de la ocurrencia de los distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari .....	74
Gráfico N° 13: Porcentaje Susceptibilidad a los fenómenos geodinámicos externos en la cuenca baja del río Pichari .....	84
Captura. N° 1: Features creados de cada parámetro respecto a cada tipo de fenómeno geodinámico estudiado. ....	80

## INDICE DE MAPAS

Mapa base de la cuenca baja del río Pichari.....	Lámina N° 01
Mapa de ubicación de la cuenca baja del río Pichari.....	Lámina N° 02
Mapa geológico de la cuenca baja del río Pichari.....	Lámina N° 03
Mapa geomorfológico de la cuenca baja del río Pichari.....	Lámina N° 04
Mapa de pendientes de la cuenca baja del río Pichari.....	Lámina N° 05
Mapa uso actual del suelo de la cuenca baja del río Pichari.....	Lámina N° 06
Mapa de peligros geodinámicos externos de la cuenca baja del río Pichari.....	Lámina N° 07
Mapa de fotos peligros geodinámicos externos de la cuenca baja del río Pichari ...	Lámina N° 08
Mapa de susceptibilidad a fenómenos geodinámicos externos de la cuenca baja del río Pichari.....	Lámina N° 09



# INTRODUCCIÓN

Nuestro país, Perú, por sus características geográficas, su diversidad fisiográfica, climática, topográfica y litológica, desarrolla con frecuencia fenómenos geodinámicos externos como la remoción de masas (flujos de detritos, deslizamientos, caídas de rocas, derrumbes, erosión de los suelos, volcamientos y movimientos complejos), eventos hidrometeorológicos como inundaciones causadas por las precipitaciones excepcionales así como desbordes de ríos. El Perú se ubica en el Cinturón de Fuego del Pacífico y en sus costas se manifiesta el fenómeno de subducción de las placas tectónicas, de las más importantes del mundo, al que estamos expuestos ya que genera eventos sísmicos y actividad volcánica.

Uno de los problemas frecuentes que pueden identificarse en las comunidades del país, es la falta de planificación urbana, dentro del proceso de creación de los centros poblados, las poblaciones asentadas en estos espacios sólo se ven el beneficio de contar con un terreno para asentarse y desarrollar sus actividades cotidianas sin tomar en cuenta aspectos de localización, accesibilidad a servicios básicos de salud, educación, sistemas de alcantarillado, agua potable y peligros a los que se exponen las poblaciones. Dados los antecedentes mencionados, en el Perú se viene desarrollando el Proceso de Ordenamiento Territorial a través de los gobiernos regionales y distritales.

Pichari es un distrito relativamente joven asentado en el valle formado por el río Apurímac. Su población está conformada por migrantes de la zona alto andina de Ayacucho, Junín, Huancayo y Cusco que llegaron al VRAE durante los años 70, en busca de terrenos agrícolas y mejoras económicas; a su vez también llegaron a esta zona las comunidades nativas ashánincas quienes se desplazaron desde de la selva central alejándose de la globalización muchas décadas antes de la llegada de los colonos.

En el distrito de Pichari, cuenca baja del río Pichari, usando el método bivariante, se han determinado la distribución de zonas de geodinámica externa que se originan por parámetros condicionantes tales como los litológicos, geomorfológicos, pendiente, que son desencadenados por las intensas precipitaciones características en la selva del Perú.

# CAPITULO I: ASPECTOS METODOLÓGICOS

## 1.1 ANTECEDENTES

- <sup>1</sup>VÁSQUEZ ACUÑA, Jenny (2009), realizó la tesis “Movimientos en masa en la quebrada Canto Grande, Lima”, con el objetivo de determinar las condiciones ingeniero geológicas de la Quebrada Canto Grande e inventariar las áreas afectadas por los movimientos en masa, para apoyar la gestión de riesgos dentro de la planificación, el ordenamiento territorial, y el desarrollo socioeconómico de la zona.

El estudio concluye con el inventario y cartografiado de 205 peligros, diferenciados en cinco tipos: caídas de rocas en laderas de cerros, flujos de detritos que se manifiestan periódicamente relacionados a precipitaciones excepcionales, erosión de laderas en rocas intrusivas como volcánicas, en el caso de vuelcos y erosión fluvial se registran en menor cantidad, sin embargo se deben tomar en cuenta porque podrían afectar de manera significativa a zonas urbanas en caso de sismos o precipitaciones de gran magnitud.

- <sup>2</sup>VALENZUELA ORTIZ, German (2003), desarrolló la para optar el grado de maestro en ciencias con mención en minería y medio ambiente “La Geología ambiental en la zonificación de amenazas naturales” cuyo objetivo es diagnosticar en forma preliminar los eventos geológicos y antropogénicos que afectan el ambiente de la región en estudio, así como zonificar áreas susceptibles a experimentar en mayor o menor grado los efectos de la ocurrencia de un fenómeno natural y posibles zonas de expansión urbana.

---

<sup>1</sup> VÁSQUEZ ACUÑA, J. (2009): “*Movimientos en masa en la quebrada Canto Grande*” Universidad Nacional Mayor de San Marcos FIGMMG.

<sup>2</sup> VALENZUELA ORTIZ, G. (2003): “*La geología ambiental en la zonificación de amenazas naturales*”. Universidad Nacional de Ingeniería (Tesis de Maestría)

- <sup>3</sup>DOMINGUEZ CUESTA, María José (Oviedo, 2003), realizó la tesis doctoral “Geomorfología e inestabilidad de laderas en la Cuenca Carbonífera central (Valle del Nalón, Asturias). Análisis de la susceptibilidad ligada a los movimientos superficiales del terreno”. El objetivo es diseñar un método de susceptibilidad de las laderas frente a la inestabilidad, el cual será reflejado en un mapa de susceptibilidad que clasifique el territorio en distintas clases en función de su mayor o menor susceptibilidad a sufrir los procesos que crean situaciones de riesgo.

Se concluye que en las laderas se producen distintos tipos de inestabilidad debido a la acción de la gravedad. Los movimientos están relacionados al comportamiento mecánico de las distintas litologías sobre las que se desarrollan y varían entre caídas de rocas y avalanchas rocosas en los escarpes de la zona oriental y los flujos en el resto del área. Los flujos dan como resultado los depósitos de coluvión. Los flujos rápidos varían de coladas de barro a flujos de derrubios. Los análisis estadísticos realizados para establecer el modelo de susceptibilidad se han desarrollado utilizando el software SPSS, el modelo generado en dicho paquete estadístico mediante regresión logística se introduce en el SIG para elaborar mapas finales de susceptibilidad.

- <sup>4</sup>VILLA CORTA, Sandra (Lima, 2007), desarrolló el artículo “Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera en la cuenca baja del río Llaminchán (Cajamarca, Perú). El objetivo de este artículo es presentar los resultados del análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera en la cuenca Llaminchán.

Se concluye este artículo con el inventariado de 91 movimientos de ladera, de los cuales, un mayor porcentaje pertenece a movimientos con fase terrestre y corresponden a deslizamientos (36%), siguiendo en importancia movimientos con fase aérea con un porcentaje de 29% correspondiente a caídas. En menor

---

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> 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.

porcentaje se tiene otros procesos como los flujos (20%), reptación (10%) y movimientos complejos (5%). De acuerdo a los aspectos morfométricos (pendientes), se observó un mayor porcentaje de movimientos de ladera en pendientes medias (entre 20 y 40°), seguidas de pendientes bajas (10 a 20°), altas (40 a 60°) y muy altas (> 60°); siendo mucho menos abundantes en pendientes muy bajas (0 a 10°).

- <sup>5</sup>VILCHEZ MATA, Manuel (2008), desarrolló la tesis de maestría “Evaluación de la susceptibilidad a los movimientos en masa en las áreas de Chachapoyas y Luya”, el cual tiene como objetivos elaborar un mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa para las zonas de Chachapoyas y Luya mediante la utilización de las herramientas SIG, determinar las zonas de alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (Zonas críticas), mejorar el conocimiento sobre las causas que originan los movimientos en masa, así como la vulnerabilidad de centros poblados e infraestructura de desarrollo socioeconómico presentes dentro de la zona de estudio.

Se concluyó finalmente que los SIG permiten una rápida obtención del mapa de pendientes a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE), así como también rapidez en el análisis y de los cálculos necesarios para la obtención del mapa de susceptibilidad final y de su reclasificación en rangos de susceptibilidad. El método bivariante, que utiliza el análisis estadístico de densidad de movimientos en masa presentes en cada unidad diferenciada dentro de cada uno de los mapas de parámetros condicionantes, reduce el factor subjetivo que se tiene cuando el experto que realiza el análisis de susceptibilidad adjudica los valores de pesos a las unidades de los mapas de parámetros, de acuerdo a su experiencia y conocimiento de la zona estudiada. El método bivariante, permite también la reproducibilidad del mapa de susceptibilidad.

---

<sup>5</sup> 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

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Por las características geográficas del Perú, así como por su diversidad fisiográfica, climática, topográfica, litológica, etc. en nuestro país se desarrolla frecuentemente movimientos geodinámicos externos como la remoción de masas (flujos de detritos, deslizamientos, caídas de rocas, derrumbes, erosión de los suelos, volcamientos y movimientos complejos), fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones a causa de precipitaciones excepcionales, que se desatan en desbordes de ríos y en algunos casos lagunas.

La carencia de planificación urbana, en el proceso de creación de los Centros Poblados, es un problema que se presenta muy a menudo en la gran mayoría de las comunidades del país, donde generalmente las poblaciones solo ven el beneficio de contar con un terreno que les permita realizar sus actividades, esto sin tener en cuenta los aspectos de localización, accesibilidad a servicios de salud, educación, sistemas de alcantarillado, agua potable y peligros a los que podrían estar expuestos.

En nuestro país, se viene desarrollando el Proceso de Ordenamiento Territorial a través de las municipalidades regionales y distritales como consecuencia de esta expansión urbana y rural. La zona en estudio no es ajena a este problema.

Es importante identificar y zonificar la distribución de espacios geográficos donde se producen eventos significativos de geodinámica externa y plasmarlos en un documento que luego podrá ser usados como herramienta de decisión para las autoridades del gobierno regional y local que realicen y ejecuten proyectos de inversión pública, al ubicar centros poblados e infraestructuras tales como las vías de acceso, represas, proyectos mineros o de otra índole. A partir de la zonificación de los peligros se pueden crear proyectos de prevención, reducción y mitigación de peligros geodinámicos.

Pichari es un distrito joven asentado en el valle, formado por el río Apurímac, así como en las laderas que encierran este valle. Su población está conformada por colonos (migrantes de la zona alto andina central de Ayacucho, Junín, Huancayo, Huancavelica y Cusco que llegaron al VRAE durante los años 70 en busca de terrenos agrícolas y mejoras económicas) y por comunidades nativas ashánincas que se desplazaron desde de la selva central alejándose de la globalización muchas

décadas antes de la llegada de los colonos y estas poblaciones ha ido creciendo con el pasar de los años.

En las comunidades ashánincas, cuando los hijos varones se hacen adultos salen de la comunidad y se llevan consigo a sus esposas es hijos y vuelven a poblar otros espacios, expandiéndose de manera desordenada.

Los eventos geodinámicos con mayor influencia en la Cuenca baja del río Pichari son los originados por los fenómenos de remoción de masas desencadenados por las constantes precipitaciones en la cuenca baja del río Pichari.

Se ha identificado un factor más que aporta en la presencia de estos eventos de geodinámica externa que es la deforestación, que es consecuencia de la actividad de la tala ilegal de árboles, operada a través de mafias clandestinas que depredan los bosques de la reserva natural asháninca para la venta de madera.

Las características orográficas, topográficas, climáticas, litológicas y tectónicas en la zona son factores que condicionan los fenómenos tales como deslizamientos, desprendimientos y flujos.

## **1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La cuenca baja del río Pichari se encuentra a una cota mínima de 650 msnm. Y pertenece a la región natural Selva Alta, así como todos los distritos ubicados en el Valle del río Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM). Este trabajo consiste en identificar zonas de peligro por movimientos de geodinámica externa, para posteriormente zonificarlos según el grado de susceptibilidad mediante el método bivariante, además de zonificar la presencia de estos fenómenos de geodinámica externa, presentes en las comunidades de Pichari.

El espacio geográfico en que se desarrollará la presente tesis pertenece administrativamente al distrito de Pichari, Provincia de La Convención, en el departamento de Cusco. El acceso a la cuenca baja del río Pichari, donde ubica el distrito, es por la carretera Ayacucho – San Francisco – Pichari principalmente, a 5 horas de la ciudad de Huamanga. Pichari está ubicado al Noroeste del departamento de Cusco, en la margen derecha del río Apurímac.

### **1.2.2.1 PROBLEMA PRINCIPAL**

Cuál es la distribución en el espacio de la actividad geodinámica externa dentro de la cuenca baja del río Pichari, distrito Pichari.

### **1.2.2.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS**

¿Por qué es importante realizar la zonificación de la distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca de Pichari?

¿En qué consiste la identificación de la distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la distribución de zonas de peligros por movimientos de geodinámica externa en la Cuenca baja del río Pichari.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar y zonificar los fenómenos de geodinámica externa a los cuales están expuestas las comunidades ubicadas en el ámbito de la cuenca baja del río Pichari.
- Zonificar, según el grado de susceptibilidad, usando el método bivariante, la presencia de fenómenos de geodinámica externa.

## **1.4 HIPOTESIS**

Identificando los eventos de geodinámica externa, que puedan afectar a las poblaciones asentadas en el distrito de Pichari, ubicado en la cuenca baja del río, se podría realizar la zonificación de estos movimientos, restringiendo posteriormente que las comunidades se asienten en estas zonas con alta susceptibilidad a la ocurrencia de los eventos geodinámicos identificados.

## **1.5 VARIABLES**

Las variables son los parámetros que van a ser medidos en nuestro estudio:

- **Variables Independientes:** la litología, la pendiente, la geomorfología, el uso actual de los suelos, precipitación y cobertura vegetal.
- **Variables Dependientes:** los fenómenos de geodinámica externa (caída de rocas, flujo de detritos, deslizamientos, erosión de laderas e inundaciones).

## 1.6 JUSTIFICACIÓN

El estudio puede ser usado para la toma de decisiones de los gestores a nivel territorial de los diferentes sectores involucrados regional, provincial, municipal y de las comunidades que se encuentran ubicadas en el distrito de Pichari y que están expuestas a movimientos de geodinámica externa.

Socialmente está dirigido a mejorar la calidad de vida proyectada a un futuro cercano de los pobladores, los cuales conocerán las zonas peligrosas tomando conciencia y evitando asentarse en ellas, así también las autoridades locales, provinciales y regionales evitaran ejecutar obras civiles que expongan a las poblaciones. Pichari es un distrito que goza del Canon Gasífero de Camisea, en los últimos años la población va en aumento debido a la llegada de migrantes de Ayacucho, Junín y Cusco principalmente, este proceso de migración a generado que las comunidades nativas ashánincas en su afán de alejarse de la civilización se asienten en pequeñas explanadas, quebradas y laderas de cerros y en este desplazamiento no tienen en cuenta los peligros geodinámicos a los que se exponen. Por ende esta tesis se justifica territorialmente para determinar áreas con menor probabilidad a la ocurrencia de eventos geodinámicos externos.

Además se busca prevenir, reducir y controlar factores que desencadenan la actividad de geodinámica externa en la cuenca y servirá para las proyecciones de desarrollo del Gobierno Regional del Cusco y Gobierno Local de Pichari quienes llegan a las comunidades a través de programas sociales e infraestructura (carreteras, puentes, proyectos de irrigación agrícola, colegios, centros médicos, etc); siendo una referencia de zonificación e identificación de actividad de geodinámica externa para luego proponer una zona de expansión urbana con menor probabilidad a la ocurrencia de peligros, mitigando las pérdidas humanas y económicas.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1 BASES TEÓRICAS

Existen diversos métodos de evaluación y zonificación de la susceptibilidad a los peligros de geodinámica externa. Para generar el mapa de susceptibilidad total, se hace uso del mapa de inventario de distribución de zonas de geodinámica externa y se realiza a través de los siguientes métodos: El Método de Combinación de Mapas de Factores, el Método de Matriz de Susceptibilidad y por último el Método Bivariado.

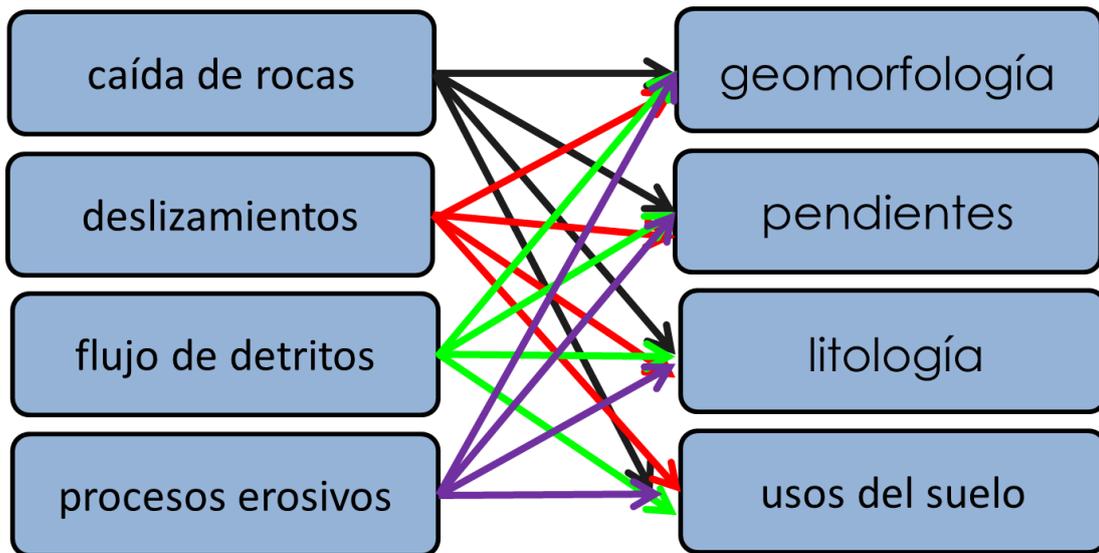
<sup>6</sup>**Combinación de Mapas de Factores:** El método consiste en el analizar individualmente los factores más influyentes en la ocurrencia de fenómenos geodinámicos externos. Se procede a mezclar la totalidad de distribución de zonas de geodinámica externa (caída de rocas, deslizamientos, flujo de detritos) y procesos erosivos que ocurren en la zona de estudio con las capas o mapas parámetros (geomorfología, pendiente, litología y usos del suelo) de esta manera se determinará la influencia de cada unidad en forma individual, con lo cual se determinará cuantitativamente el “peso” de cada unidad diferenciada sea en geomorfología, pendientes, litología y usos del suelo, en base a la experiencia y criterio del evaluador. La susceptibilidad es valorizada en 5 rangos: Muy Alta (4-5), Alta (3-4), Moderada (2-3), Baja (1-2) y nula (0-1). Este método es usado por el INGEMMET y CENEPRED

<sup>7</sup>**Método de Matriz de Susceptibilidad:** El primer paso de este método consiste en construir una matriz de susceptibilidad entre los mapas parámetros (litología vs pendiente). Dicha matriz se utiliza para localizar las combinaciones posibles entre litología y pendiente, de tal manera que se les pueda dar una ponderación.

---

<sup>6</sup> VALENZUELA ORTIZ, G. (2003):“*La geología ambiental en la zonificación de amenazas naturales*”. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (Tesis de Maestría)

<sup>7</sup> VILLACORTA, S. (2007). “*Análisis de la susceptibilidad de los Movimientos de Ladera en la Cuenca del río Llamínchan*”. Cajamarca-Perú. Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos minerales.



Se consigna valores enteros que identifiquen las diferentes litologías y a los rangos de las pendientes. Cada “Dígito” del número entero nos ubica dentro de la clase y la subclase de pendiente y litología, entonces se pueden sumar sin que se vea alterado el significado de cada uno de ellos.

Para identificar a las diferentes litologías se ha usado centenas y unidades, de esta manera si se quiere ubicar la unidad litológica “X” su número identificador es 101, la unidad “Y” es 102 y así sucesivamente. Para las pendientes se realiza el mismo procedimiento pero con el millar y las decenas, de tal modo que si se quiere ubicar una pendiente muy baja el número identificador sería 1010. De esta forma se asegura una determinada posición de la matriz asociada a un único valor de suma entre pendiente y litología, por ejemplo si se considera la unidad “X” (101) y la pendiente muy baja (1010), la suma de ambas resulta 1111.

Los valores de la matriz suma de factores sirven para identificar las ponderaciones de pendiente y litología correspondientes.

**<sup>8</sup>Método Bivariado:** En los análisis estadísticos de amenaza por movimientos en masa se combinan factores que han generado los movimientos en masa en el pasado y que se pueden determinar de forma estadística. De esta manera se hacen predicciones cuantitativas para áreas libres de movimientos en masa donde existen

<sup>8</sup> VILCHEZ MATA, Manuel (2008). “Evaluación de la susceptibilidad a los movimientos en masa en las áreas de Chachapoyas y Luya”. Tesis de maestría.

condiciones similares. En el análisis estadístico bivariado de cada factor condicionante en la ocurrencia de movimientos geodinámicos externos, se combina con la frecuencia de los movimientos en masa y se calculan valores ponderados de densidades de movimientos en masa para cada clase, por lo tanto, en menor área acumulada de susceptibilidad se encuentra un mayor porcentaje de movimientos en masa. Para este método, específicamente denominado método de proporción de la frecuencia (frequency ratio method), método del índice estadístico (The statistical index method) o de información ponderada, la evaluación de la susceptibilidad involucra tres pasos: (a) el inventario de movimientos en masa. (b) El mapeo de los parámetros más significativos (factores condicionantes) en la distribución espacial de los movimientos y su análisis (c) la definición de los pesos relativos a cada factor asociado a la localización de movimientos en masa. Este método asigna un valor de peso determinado a cada clase de parámetro.

## 2.2 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS

- **Amenaza:** Probabilidad de ocurrencia de un proceso de una intensidad determinada dentro de un periodo de tiempo y dentro de un área específica (Varnes, 1984).
- **Factores Detonantes:** Aquellos factores que provocan o disparan un evento (Valenzuela 2003).
- **Fenómenos de Remoción en Masa (FRM):** Los movimientos en masa se clasifican en Caídas, Volcamientos, Deslizamientos, Flujos y Movimientos Complejos (VARNES, 1978).
- **Ordenamiento territorial:** El Ordenamiento Territorial es una política de Estado, un proceso político y técnico administrativo de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, la regulación y promoción de la localización y desarrollo sostenible de los asentamientos humanos; de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial sobre la base de la identificación de potenciales y limitaciones, considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos. (RM. N° 026 - 2010 – MINAM)

- **Peligro:** Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos. (Reglamento de la ley N° 29664, ley que crea el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres, SINAGERD 2011).
- **Remoción de masa:** Son procesos de transporte de material definidos como procesos de 'movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores' (HAUSER,. 1993).
- **Riesgo:** Situación de peligro, pérdida o daño, social o económico, en razón de la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural u económico resultantes de la acción humana o no (AUGUSTO FILHO et al., 1990).
- **SIG:** Sistemas de Información Geográfica.
- **Susceptibilidad:** Grado de predisposición que posee un lugar a que se genere un determinado fenómeno natural (Valenzuela 2003)
- **Vulnerabilidad:** Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. (Reglamento de la ley N° 29664, ley que crea el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres, SINAGERD 2011).
- **Flujo de detritos:** Se denominan así a los materiales que se movilizan como si fueran fluidos. Pueden clasificarse de acuerdo al tipo de material y otros parámetros como la presencia de agua. Por ejemplo es común escuchar entre los geólogos los términos: flujo de detritos, flujo de lodo, etc. referidos al material involucrado. Pueden ser violentos, rápidos y hasta lentos, pero implican el movimiento de un considerable volumen de material. Algunos términos específicos relacionados a este tipo de procesos, son conocidos y usados inadecuadamente, como aluvión, alud y huayco (INGEMET).
- **Erosión de laderas:** No es una entidad, sino un fenómeno concreto y muy diversificado en sus modalidades (Viers, 1974). La erosión, es entendida como la remoción, transporte y deposición de partículas de suelo, materia orgánica y nutriente soluble (SENAMHI).

- **Geodinámica externa:** La geodinámica externa estudia la acción de los agentes atmosféricos externos: viento, aguas continentales, mares, océanos, hielos, glaciares y gravedad, sobre la capa superficial de la Tierra; fenómenos éstos que van originando una lenta destrucción y modelación del paisaje rocoso y del relieve, y en cuya actividad se desprenden materiales que una vez depositados forman las rocas sedimentarias (INDECI).

### 2.3 MARCO LEGAL

El Ministerio del Ambiente a través de la Dirección General de Ordenamiento Territorial viene desarrollando el proceso de zonificación como política de estado y una herramienta de gestión del territorio, presentado en sus informes sectoriales (Ordenamiento Territorial (OT) en el Perú 2011- 2015) publicado en abril del 2016, cuyo fin es de orientar y ordenar de la mejor manera los espacios usados actualmente, busca contribuir a un mejor conocimiento de sus potencialidades y limitaciones de los componentes Físicos, Biológicos, Socio- Económicos, Ambientales través del estudio de los peligros geodinámicos del área de estudio. En este contexto es que se ha desarrollado la tesis: Zonificación y Evaluación de Geodinámica Externa En La Cuenca baja del río Pichari, distrito de Pichari, La Convención - Cusco, para el cual se desarrollaran una serie de trabajos de mapeos y acopio de información secundaria de los estudios antes realizados, con el fin de construir una base de datos geoespacial (mapas – Base de datos alfanumérica) del distrito, para lo cual es necesario y de suma importancia desarrollar el estudio de los Aspectos físicos que engloban a la cuenca.

Según el DS N° 087-2004/PCM del Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE), establece que es necesario elaborar y difundir información sobre los procedimientos y metodologías para la elaboración de la ZEE.

La RM. N° 026 - 2010 – MINAM contempla que: “El Ordenamiento Territorial es una política de Estado, un proceso político y técnico administrativo de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, la regulación y promoción de la localización y desarrollo sostenible de los

asentamientos humanos; de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial sobre la base de la identificación de potenciales y limitaciones, considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos”.

Podemos ver en la ley N° 29664 – Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de desastres, en su “Artículo 6° Componentes y procesos de la Política Nacional de Gestión del riesgo de desastres Numeral 6 inciso a. Gestión prospectiva: es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el fin de evitar y prevenir la conformación del riesgo futuro que podría originarse con el desarrollo de nuevas inversiones y proyectos en el territorio”.

El propósito de esta tesis se ajusta a este aspecto al identificar en el campo los peligros geodinámicos en la cuenca baja del río Pichari así como el grado de susceptibilidad en el espacio, plasmando lo ya mencionado en mapas temáticos.

## CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 MATERIALES

#### **Materiales:**

- Libreta de campo, utilizada para realizar apuntes de los datos tomados en campo.
- Lápices y colores, se usaron para colorear los mapas al realizar el mapeo litológico, geomorfológico, uso actual de suelos e inventario de peligros geodinámicos.
- Picota, sirve para sacar muestras de rocas.
- Machete o chafle, se utiliza para cortar la maleza y abrir camino durante el trabajo realizado en campo.

#### **Cartografía:**

- Carta base con escala 1:25,000, se utilizó en el mapa base para realizar los mapeos litológico, geomorfológico, uso actual de suelos e inventario de peligros geodinámicos.
- Mapa geológico del Perú escala 1/1'000,000, se utilizó como base para el mapeo litológico.
- Mapa geológico de los cuadrángulos de Llochegua (25 O) y San Francisco (26 O) a escala de 1/100,000 se utilizó como base para el mapeo litológico, geomorfológico y ubicación de estructuras.
- Imágenes Multiespectrales RapidEye a 5 metros de resolución. Imagen satelital utilizada para la identificación de zonas inaccesibles en campo.
- Mapa de suelos 1:50000 elaborado por el INGEMET

#### **Equipos:**

- Laptop Toshiba Core I7. Procesamiento de datos tomados en campo y mapas.
- GPS Garmin MONTANA 680. Toma de datos y georreferenciación de los peligros geodinámicos, etc.

- Cámara fotográfica Canon Powershot D30. Toma de fotografías.
- Eclímetro para calcular porcentaje de pendientes.
- Huincha de 50 metros

**Software:**

- ArcGIS 10.3. Procesamiento de datos tomados en campo y digitalización de mapas.
- Microsoft office. Procesamiento de datos y realización de informe

## **3.2 MÉTODO.**

### **3.2.1.- MUESTRA.**

- Universo: Cuencas hidrográficas del territorio peruano.
- Espacio espacial: Cuenca baja del río Pichari.
- Espacio temporal: Año 2016 - 2018.
- Unidad de análisis: Cuenca baja del río Pichari.
- Población: Inventario de peligros geodinámicos en la cuenca baja del río Pichari.

### **3.2.2.- MÉTODO**

El método utilizado en esta investigación es el denominado “**método descriptivo**”, el cual consiste en la descripción de datos y características de la población (inventario de peligros geodinámicos en la cuenca baja del río Pichari). El objetivo de utilizar este método es poder adquirir datos objetivos, precisos y sistemáticos que serán utilizados en los análisis y cálculos estadísticos, mediante promedios, frecuencias, etc.

### **3.2.3.- METODOLOGÍA**

El trabajo se desarrolló en tres fases:

#### **Fase I: Trabajo de precampo**

En la primera etapa del estudio 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
- Imágenes Multiespectrales RapidEye a 5 metros de resolución.
- Mapa topográfico escala 1/25,000
- 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 geodinámica externa.
- Preparación de información básica para los trabajos de campo. Elaboración de mapas preliminares (mapa base, geológico, topográfico y plano de ubicación, etc.)

## **Fase II: Trabajo de Campo**

- Cartografía e inventario de movimientos de remoción en masa in situ a escala 1:25,000.
- Cartografiado y descripción litológica a escala 1:25,000.
- Cartografiado y descripción de unidades geomorfológicas a escala 1:25,000.
- Cartografiado y descripción de unidades de uso de suelo a escala 1:25,000.
- Identificación de procesos morfodinámicos acontecidos en la cuenca baja del río Pichari.
- Toma de fotografías digitales de las áreas afectadas por fenómenos de geodinámica externa
- Descripción de las zonas donde se observan los depósitos de flujo de detritos, caída de rocas recientes, deslizamientos y erosión de laderas ocurridos en la cuenca.

## **Fase III: Trabajo de Gabinete**

- Procesamientos de los datos recogidos en campo.
- Análisis de la información litológica de la cuenca baja del río Pichari.

- Análisis de la información geomorfológica, uso actual de la cuenca baja del río Pichari.
- Evaluación de zonas peligrosas.
- Elaboración de los mapas: topográfico, de pendientes, litológico, de distribución de zonas de geodinámica externa y de susceptibilidad a los fenómenos geodinámicos externos.
- Preparación de tablas estadísticas, figuras y gráficos.
- Redacción de la tesis.

# CAPITULO IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

## 4.1 AMBITO DE ESTUDIO

El ámbito de estudio de la tesis, abarca la **cuenca baja del río Pichari** en el distrito de Pichari y la zonificación de los peligros geodinámicos corresponde a un nivel de escala de 1:25000.

El distrito de Pichari se encuentra ubicado en el extremo Oeste de la provincia de La Convención, Departamento de Cusco, con una extensión aproximada de 81286.12 ha (SIG), el cual es ocupado por Comunidades Nativas Ashánincas y Comunidades Colonas. Mientras que la cuenca baja del río Pichari abarca 183.642 km<sup>2</sup>

## 4.2 UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA

### 4.2.1 UBICACIÓN POLÍTICA

Pichari es uno de los 9 distritos que pertenecen a la Provincia de La Convención, ubicada en el Departamento de Cusco.

### 4.2.2 LOCALIZACION GEOGRÁFICA

Pichari está ubicado en ceja de selva alta, en la margen derecha del río Apurímac entre los departamentos de cusco, Junín y Ayacucho, al noroeste de la Provincia de La Convención, Cusco. Su ámbito territorial está comprendida entre 600 a 3,500 msnm; la Capital del Distrito esta aprox. a 614 msnm.

**Cuadro N° 1: Coordenadas UTM que delimitan el cuadrante de la distribución de la cuenca.**

COORDENADAS UTM	
N	E
8614359.3	626059.8
8635996.8	626059.8
8635996.8	647421.4
8614359.3	647421.4

### **4.2.3 LIMITES**

El distrito de Pichari tiene los siguientes límites según el INEI:

- Por el Norte y Noreste con el Distrito de río Tambo, Provincia de Satipo, Departamento de Junín.
- Por el Sur con el Distrito de Ayna, Provincia de Huanta, cuenca baja del río Omayá.
- Por el Este con el Distrito de Kimbiri, Provincia de La Convención, Departamento de Cusco.
- Por el Oeste con el río Apurímac, Distritos de Sivia y Llochegua, Provincia de Huanta, Departamento de Ayacucho.

### **4.3 ACCESIBILIDAD**

Para llegar al distrito de Pichari desde la ciudad de Lima se puede optar por: Vía aérea, desde el aeropuerto Internacional Jorge Chávez hasta el aeropuerto Alfredo Mendivil Duarte de la ciudad de Huamanga en Ayacucho, con un tiempo aproximado de viaje de 35 minutos; también se puede llegar por vía terrestre a través de la carretera Panamericana Sur y la carretera los Libertadores, en un tiempo promedio de ocho horas de Lima a Ayacucho. Existen además tres rutas a través de la cual se puede llegar al distrito de Pichari desde:

- Ayacucho – San Francisco – Kimbiri – Pichari; (5 horas de viaje).
- Cusco – Quillabamba – Kepashiato – Kimbiri - Pichari, (10 horas de viaje en vehículo).
- Puerto Chata (San Martín de Pangoa) – Valle esmeralda (Río Tambo) – Puerto Embarcadero (Pichari), (Vía fluvial surcando el río Apurímac durante 7 horas).

### **4.4 ASPECTOS SOCIALES**

#### **4.4.1 DEMOGRAFÍA**

La población total del ámbito del distrito según datos estadísticos del Censo Nacional 2007: XI de población y VI de Vivienda, registró a 15807 habitantes. La población urbana es de 6931 habitantes que representa el 43.85% y la población rural

es de 8876 habitantes que representa el 56.15% del total. Según reportes del INEI, la población proyectada al 20/07/2015 es de 20316.

De acuerdo a la Gerencia de Desarrollo Social – MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI – LA CONVENCIÓN – CUSCO, la población del distrito de Pichari es de 17,580 habitantes para el año 2011. Los centros poblados incluyen Comunidades Nativas Ashánincas.

**Cuadro N° 2: Población por centro poblado del distrito de Pichari**

N°	NOMBRE DE CENTROS POBLADOS	HABITANTES	%
1	CENTRO POBLADO DE NATIVIDAD	2172	12.35
2	CENTRO POBLADO DE TAMBO DEL ENE	650	3.70
3	CENTRO POBLADO DE MANTARO	2755	15.67
4	CENTRO POBLADO DE PUERTO MAYO	3247	18.47
5	CENTRO POBLADO DE CCATUN RUMI	2349	13.36
6	CENTRO POBLADO DE OMA YA	735	4.18
7	CENTRO POBLADO DE CATARATA	346	1.97
8	PICHARI CAPITAL Y CERCADO	5326	30.30
<b>TOTAL DE POBLACIÓN DEL DISTRITO DE PICHARI</b>		<b>17580</b>	<b>100.00</b>

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

Para nuestro estudio nos centraremos en las comunidades que se encuentran en la cuenca baja del río: “Pichari Capital y Cercado” con 5326 habitantes, el cual corresponde a un 30.30 % del total de habitantes del distrito según el censo de la Municipalidad distrital de Pichari en el año 2011.

En la cuenca baja del río Pichari se encuentran las comunidades nativas de Sankiroshi, Kitemontinkiari, Marontuari y Kinkori, y las comunidades colonas de Paraíso, Amargura, Libertad y Pichari Capital.

## COMUNIDADES NATIVAS ASHANINCAS

<sup>9</sup>Las comunidades nativas ashánincas son aquellos pueblos originarios del lugar que en el presente son sectores no dominantes de la sociedad y están determinados para preservar, desarrollar y transmitir a las generaciones futuras sus territorios ancestrales y su identidad étnica como pueblo de acuerdo con sus propios patrones culturales, instituciones sociales y sistemas legales.

Son grupos vulnerables, especialmente marginados de los servicios más elementales que brinda el Estado, con pocas posibilidades de insertarse en los modelos de desarrollo y con un constante dilema entre incorporarse al mundo globalizado o quedarse al margen del proceso y mantener su identidad.

En total en la cuenca baja del río Pichari encontramos 4 comunidades nativas Ashánincas.

Los bosques brindan plantas medicinales y alimentos que han nutrido a los ashánincas y les provee de fibras, tintes y maderas. Cuando una empresa pone los ojos en este imperio verde, ve tan solo las riquezas naturales para explotar oro, petróleo, finas maderas, etc. Esta visión de negocio ha llevado a la contaminación y pérdida de miles de hectáreas de bosque original. Problemas como el terrorismo y la violencia del narcotráfico hace que las poblaciones nativas vean su mundo sucumbir y sean desplazadas.

*Foto N° 1: La unidad familiar asháninca de Kitemontinkiari*



**Fuente:** Municipalidad Distrital De Pichari.

<sup>9</sup> Análisis Etnosociodemográfico de las Comunidades Nativas de la Amazonía, INEI, 1993 – 2007

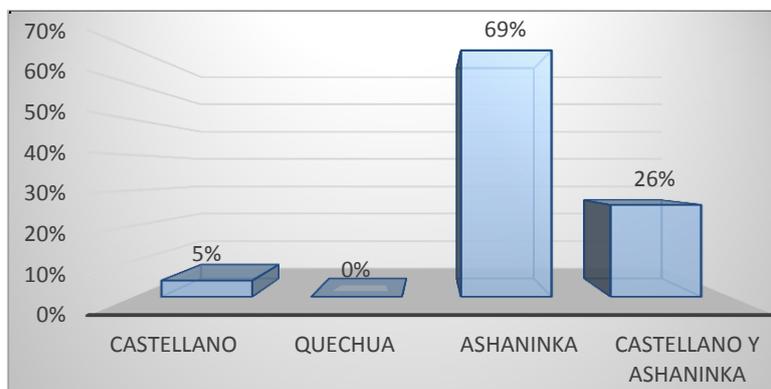
**Foto N° 2:** Producto de la caza silvestre se tiene los peces y animales terrestres, los cuales son preparados por las mujeres de la comunidad para ser compartidos con todos los miembros de la comunidad.



**Fuente:** Municipalidad Distrital De Pichari.

De acuerdo a la lengua materna en las Comunidades Nativas Ashánincas el 69% de los habitantes se comunican en su lengua originaria que es el asháninka, el 26% hablan dos lenguas (castellano y asháninka) y el 5% hablan el idioma castellano.

**Gráfico N° 1: Lengua Materna de las Comunidades Ashánincas**



**Fuente:** Oficina de Formulación de Proyectos de la Municipalidad Distrital De Pichari.

## COLONOS ANDINOS

Los grupos de colonos andinos presentes en el ámbito de estudio predominantemente provienen de la zona alto andina del país, estos inmigrantes tratan de adaptarse al medio en donde se asientan, generando cambios positivos y/o

negativos en el territorio. El idioma con el cual se comunican en su mayoría es el español y el quechua en sus diferentes dialectos.

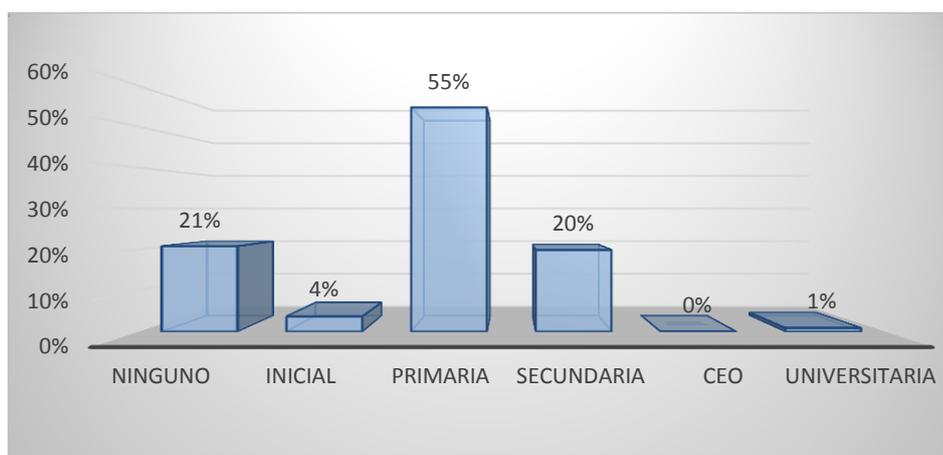
Este grupo de habitantes son quienes al asentarse y lograr su crecimiento poblacional crea nuevos centros poblados y posteriormente logran su distritalización. Es así como surgieron los distritos de Pichari, Kimbiri y otros.

En general estos grupos en la intensión de ganar espacios territoriales se encuentran en conflicto con las comunidades nativas originarias de esta parte del territorio peruano.

#### 4.4.2 EDUCACIÓN

El 21% de la población asháninca no tiene ningún nivel de estudio, el 4% solo cuenta con educación inicial, el 54% tienen educación primaria, el 20% tienen educación secundaria y 1% cuenta con estudios de educación superior universitario.

**Gráfico N° 2: Grado de instrucción de las comunidades nativas ashánincas.**

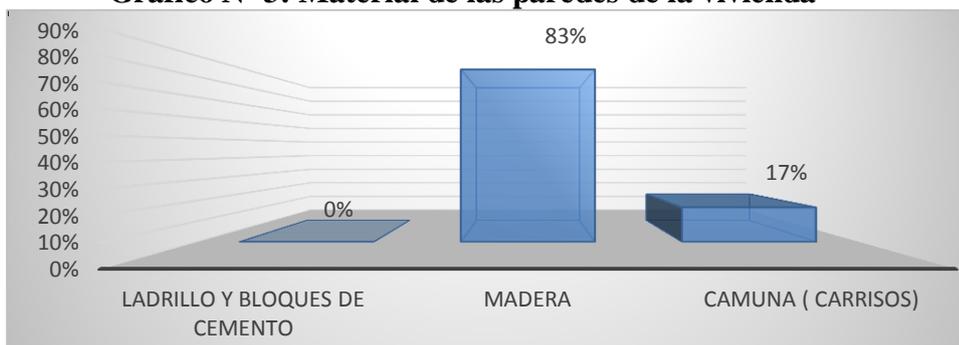


**Fuente:** Encuesta realizada por la Oficina Formuladora de Proyectos de la Municipalidad distrital de Pichari, Agosto 2015

#### 4.4.3 VIVIENDA

En las comunidades nativas ashánincas el terreno de las viviendas es de propiedad de la comunidad. El 83% de las paredes de la vivienda es de madera, el 17% de las casas está a base de Camuna (carrizos).

**Gráfico N° 3: Material de las paredes de la vivienda**



**Fuente:** Encuesta realizada por la Oficina Formuladora de Proyectos de la Municipalidad Distrital de Pichari, Agosto 2015

Así mismo hemos podido observar que en el 62.5% de los techos de las viviendas predominan las planchas de Calamina, el 37.5% están con techos de paja, palmera y otros.

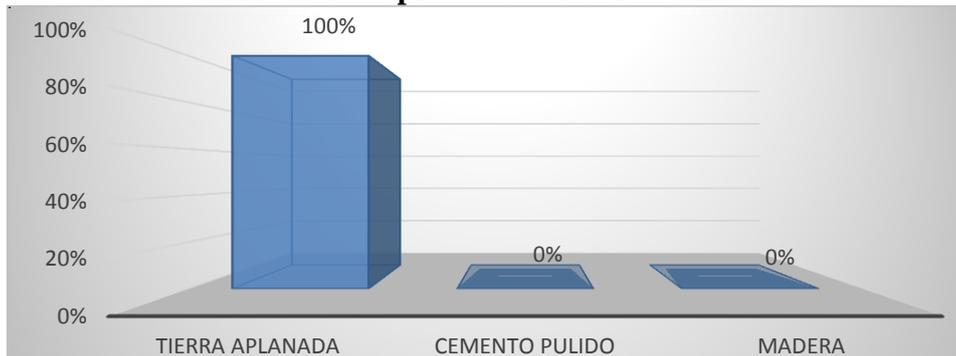
**Gráfico N° 4: Material del techo de las viviendas en las comunidades**



**Fuente:** Encuesta realizada por la Oficina Formuladora de Proyectos de la Municipalidad Distrital de Pichari, Agosto 2015

En las comunidades campesinas y nativas el 100% de las viviendas cuentan con pisos de tierra.

**Gráfico N° 5: Material del piso de las viviendas en las comunidades**



**Fuente:** Encuesta realizada por la Oficina Formuladora de Proyectos de la Municipalidad Distrital de Pichari, Agosto 2015

Del total de las viviendas el 75% cuentan con una habitación utilizándolo para cocina, dormitorio y para guardar sus herramientas de trabajo (Agricultura), el 5% tienen 2 habitaciones.

*Foto N° 3: La mayoría de las viviendas en las comunidades nativas ashánincas y campesinas están construidas por madera o carrizo en las paredes y techo de calamina, mientras que el piso es tierra aplanada.*



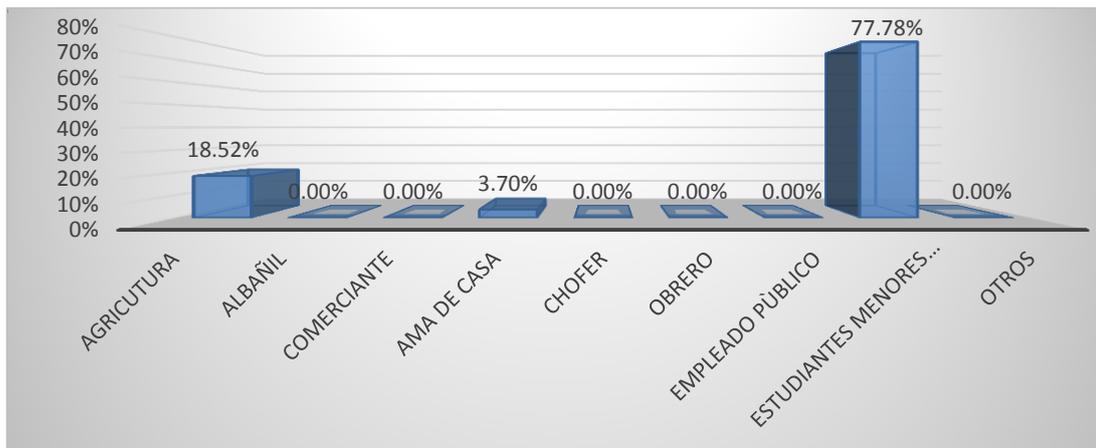
**Fuente:** Municipalidad Distrital De Pichari.

En la ciudad de “Pichari Capital” las viviendas son de material noble, y actualmente existe un auge inmobiliario en el distrito.

#### 4.4.4 ACTIVIDAD ECONOMICA

El 18.52% de los habitantes de las comunidades nativas y campesinas se dedican a la agricultura, el 3.70% son amas de casa pero a la vez apoyan en las labores del cónyuge, el 77.78% son estudiantes y/o menores de edad (menores de 13 años) que no trabajan pero ayudan en las labores de su hogar y en el campo.

**Gráfico N° 6: Ocupación principal de los habitantes:**



**Fuente:** Encuesta realizada por la Oficina Formuladora de Proyectos de la Municipalidad Distrital de Pichari, Agosto 2015.

*Foto N° 4: En las laderas de pendientes moderadas de los cerros de la cuenca baja del río Pichari se siembra "Piña".*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar - 2017

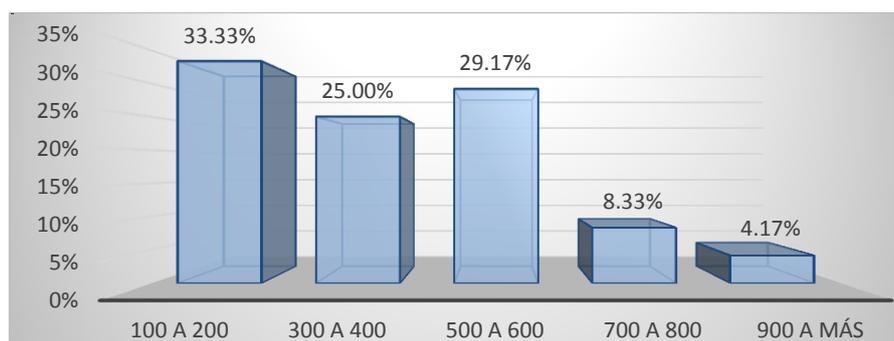
*Foto N° 5: En las comunidades ashánincas, desde pequeños ayudan en la cosecha de la yuca, el cual es el principal alimento para ellos.*



**Fuente:** Municipalidad Distrital De Pichari.

Respecto a los ingresos económicos de los jefes de hogar en las comunidades nativas ashánincas, el 33% tiene un ingreso promedio de 100 a 200 nuevo soles, el 25% tiene un ingreso de 300 a 400 nuevo soles, el 29% tiene un ingreso de 500 a 600 nuevo soles, el 8% tiene un promedio de 900 a 1000 nuevo soles, y el 4% tiene un ingreso de 900 nuevos soles.

**Gráfico N° 7: Ingreso familiar de las comunidades nativas ashánincas**



**Fuente:** Encuesta realizada por la Oficina Formuladora de Proyectos de la Municipalidad Distrital de Pichari, Agosto 2015.

En los sectores de Pichari Capital en su mayoría realizan el comercio de ropa, alimentos, venta y crianza de animales como: gallinas, patos, chanchos, cuyes, etc. En las zonas aledañas a la ciudad de Pichari se producen cacao, yuca, plátano, árboles frutales y productos para venta y autoconsumo.

#### 4.4.5 SALUD

Los pobladores de Pichari Capital, actualmente cuentan con un centro de salud, el cual presenta ambientes inapropiados, con áreas de trabajo desproporcionado e insuficiente y no cuentan con el mantenimiento debido de sus instalaciones.

*Foto N° 6: En la parte baja del valle están ubicados 5 pozos sépticos, donde las aguas hervidas (desagiüe) reposan para ser drenadas posteriormente al río Apurímac. Estos pozos son posibles focos infecciosos de insectos, gérmenes y olores nauseabundos los cuales contaminan y causan enfermedades.*



**Fuente:** Municipalidad Distrital De Pichari.

## **4.5 ASPECTOS CLIMATICOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO PICHARI**

### **4.5.1 FACTORES ATMOSFERICOS**

<sup>10</sup>Las estaciones meteorológicas más cercanas son tres, ubicadas en el Distrito de Pichari, estando solo una de ellas operativa, pero sin datos disponibles.

El clima en la Cuenca baja del río Pichari, como en la mayor parte de la Selva Alta o Ceja de Selva del Valle del río Apurímac, se caracteriza por su alternancia de estaciones la cual va de seca durante los meses de abril a noviembre y lluviosa de diciembre a marzo; la cantidad de las precipitaciones varía según la posición geográfica y altimétrica, generando una marcada variación en el clima y la vegetación en diferentes sectores de la cuenca.

En la cota más altas 895 msnm se tiene un clima cálido, caluroso por el día, pero disminuye la temperatura por la noche. En la cota más baja de la cuenca a 595 msnm se caracterizan por la presencia constante del sol, las mañanas suelen ser calurosas, las tardes con viento y las noches frescas.

### **TEMPERATURA**

Durante el verano se registra temperaturas altas con un promedio de 28°C y las mínimas se tienen en el invierno con un promedio de 15°C. La temperatura está en función inversa a la altitud, de manera que a mayor altitud la temperatura es menor.

### **HUMEDAD RELATIVA**

La humedad relativa promedio en el entorno de la Cuenca baja del río Pichari alcanza el 85%.

### **EVAPORACIÓN**

La radiación solar tiene un promedio diario que fluctúa entre 280 cal/gr./cm<sup>2</sup> y 450 cal/gr./cm<sup>2</sup> y la evaporación resultante es del orden de 700 – 1,400 mm/año.

---

<sup>10</sup> Datos de los factores atmosféricos extraídos del server – WMS – SENAMHI.

## PRECIPITACIÓN

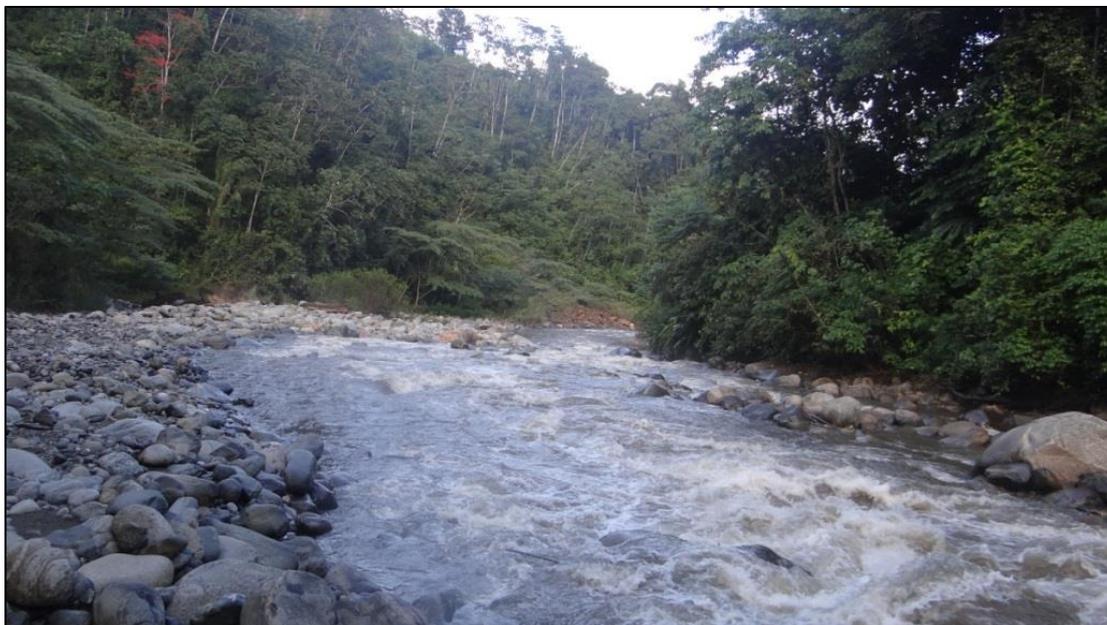
La precipitación promedio anual en el área evaluada es de alrededor de 2,350 mm. Durante los meses de Diciembre a Abril las precipitaciones máximas llegan a 700 mm/mes y las mínimas se dan durante los meses de junio y julio que son los más secos de 50 a 100mm/mes.

### 4.5.2 HIDROGRAFÍA

Hidrográficamente la cuenca baja del río Pichari está relacionada a colectores mayores, de tal manera que estamos frente a la gran cuenca del río Apurímac, el patrón de drenaje es principalmente dendrítico.

En la jurisdicción del distrito de Pichari se encuentran seis cuencas principales; la cuenca del río Pichari, cuenca del río Otári, cuenca del río Quisto, cuenca del río Quinquiviri, cuenca del río Teresa, cuenca del río Quempiri que son afluentes del río Apurímac, el cual se une al río Mantaro formando posteriormente el río Ene.

*Foto N° 7: Se observa el río Pichari a la altura de la comunidad nativa Sankiroshi.*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar - 2017.

## 4.6 PARAMETROS LITOLÓGICOS Y FISIAGRÁFICOS

### 4.6.1 LITOLOGIA

<sup>11</sup>Las rocas que afloran en un lugar según sea su naturaleza, composición mineral o propiedad física y química tendrán un determinado comportamiento, de tal manera que darán como resultado materiales de carga que posteriormente serán removidos (Medina, 1991).

La litología en la Cuenca baja del río Pichari comprende unidades del Precámbrico hasta el reciente. La secuencia Neoproterozoica está representada por el Complejo Metamórfico la cual está compuesta por Granulitas, Gneis e intrusivos. 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 lutitas. El cuaternario está conformado por depósitos aluviales, coluviales, fluviales y eluviales.

El desarrollo morfológico de la cuenca es el resultado de numerosos procesos degradacionales y agradacionales ocurridos sucesivamente a lo largo del tiempo, bajo condiciones estructurales (fallas y pliegues), tectónicas y climáticas particulares.

El mapa litológico muestra la distribución espacial de las unidades litológicas. El mapa fue elaborado en dos etapas, la primera consistió en la interpretación de Imágenes Multiespectrales RapidEye (5m resolución), fotografías aéreas. La segunda etapa consistió en el cartografiado de las unidades y toma de datos en el campo.

### COMPLEJO METAMÓRFICO (Neo proterozoico)

Esta unidad está conformada por rocas metamórficas denominadas “granulitas” por la forma de granos que presentan sus minerales como: cuarzos, feldspatos, plagioclasas y en menor cantidad presencia de minerales de granate, biotita, ortopiroxenos y otros.

El Complejo Metamórfico se encuentra distribuido en la parte alta de la Cuenca baja del río Pichari con una orientación NW-SE, sobre la cual se encuentran

---

<sup>11</sup> MONGE R., SANCHEZ J., VALENCIA M. (1998). “Geología de los cuadrángulos de Llohegua, río Picha y San Francisco”, *boletín 120 A*, 253 p. *INGEMMET*.

ubicadas las comunidades nativas ashánincas de Sankiroshi, Marontuari, Kitemontinkiari, Kinkori y Amargura.

El macizo rocoso de esta unidad se caracteriza por presentar deformación plástica, pliegues pequeños y múltiples fracturas.

*Foto N° 8: Macizo rocoso del complejo metamórfico de Pichari – Cielo Punku, localizado en el camino vecinal rumbo a la comunidad nativa de Sankiroshi. En la muestra de roca se observan cristales de granates de 0.2 a 1 cm de longitud.*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar - 2016

*Foto N° 9: Muestras de rocas de granulitas del complejo metamórfico Pichari – cielo punku. La primera es una roca intacta*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar - 2016

*Foto N° 10: roca alterada que contiene cuarzo, piroxenos, plagioclasas y biotitas.*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar - 2016

### **GRUPO SAN JOSÉ (Paleozoico – Ordovícico)**

Litológicamente esta unidad está conformada por rocas metamórficas denominadas “pizarras”, las que se caracterizan principalmente por presentar patinas de óxido de hierro en su miembro inferior debido a la pirita diseminada que presenta. El miembro superior está constituida de una secuencia de pizarras con presencia de fósiles, también se observa mayor presencia de pirita en las lutitas pizarrosas. En la cuenca esta unidad aflora en dirección NW-SE.

Las pizarras suprayacen a las granulitas del complejo metamórfico y sobre estas rocas se ubican las comunidades campesinas de Libertad y Paraíso.

*Foto N° 11: Afloramiento en el que se observan pizarras del grupo San José, este afloramiento presenta múltiples fracturas y con ello se generan constantemente caídas de rocas hacia la carretera en la vía rumbo a la localidad de Vista Alegre.*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2016

**Foto N° 12:** Fósiles encontrados en rocas de pizarras del grupo San José, localidad de Vista Alegre.



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2016

**Foto N° 13:** Fósiles encontrados en rocas de pizarras del grupo San José, localidad de Vista Alegre.



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2016

**Foto N° 14:** Afloramiento en el que se observan pizarras deleznales del grupo San José, este afloramiento presenta múltiples fracturas y con ello se generan derrumbes del talud hacia la carretera en la vía rumbo a la localidad de Nueva Esperanza.



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2017

**Foto N° 15:** Las pizarras deleznales del grupo San José presentan oxidación como resultado del intemperismo en el afloramiento rocoso. Localidad de Nueva Esperanza.



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2017

## **FORMACIÓN SANDIA (Paleozoico – Ordovícico)**

Esta formación consiste en una secuencia de cuarcitas competentes de color gris claro a blanquecinas en capas gruesas, resistente a la erosión y aflora en la parte central de la cuenca baja del río Pichari. Debido a su competencia se le considera como un nivel guía en las interpretaciones de imágenes del satélite, fotografías aéreas y en trabajos de campo.

Esta secuencia infrayace a la formación Ananea, en el área de estudio esta secuencia de cuarcitas afloran cerca de la ciudad de Pichari. Entre el contacto de estas formaciones se presenta una falla de carácter regional. En el área de estudio la formación Sandia tiene una dirección NW-SE.

*Foto N° 16: Afloramiento de cuarcitas competentes y duras, Formación Sandia (Ordovícico). Localizado en la comunidad de Vista Alegre.*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2017

**Foto N° 17:** Muestra de cuarcitas alteradas a limos del afloramiento de la fotografía anterior de la Formación Sandia (Ordovícico). Localizado en la comunidad de Vista Alegre.



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2016

**Foto N° 18:** En la parte superior de la fotografía se observa el contacto entre el afloramiento de cuarcitas competentes de la Formación Sandia (Ordovícico) y las lutitas de la Formación Ananea, las cuales están intersectadas por una falla normal regional.



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2016

*Foto N° 19: Afloramiento de cuarcitas competentes de la Formación Sandia (Ordovícico), se caracteriza por la erosión escalonada de los estratos. Localizado rumbo a la comunidad de Vista alegre.*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2016

## **FORMACIÓN ANANEA (Paleozoico – Silúrico)**

Esta formación suprayace a la formación Sandia, aflorando en la parte inferior de la cuenca sobre la cual se asienta la comunidad de Pichari Alta. 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.

Por las propiedades de las lutitas, la erosión sobre esta unidad ha dado como resultado un relieve de colinas onduladas en la parte inferior de la cuenca, el cual es atravesado y erosionado por el río Pichari.

*Foto N° 20: En la fotografía se observan lutitas de la Formación Ananea. Localizado en las colinas en Pichari Capital.*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2016

## **4.6.2 FISIOGRAFIA**

### **DEPÓSITO CUATERNARIOS O RECIENTE**

Los depósitos cuaternarios son denominados “depósitos de cobertura” por ser resultado de la acumulación constante de materiales provenientes de las formaciones (Complejo Metamórfico, San José, Sandía y Ananea) aledañas que rodean la Cuenca baja del río Pichari.

Estos suelos abarcan extensas áreas en el valle del río Pichari, cubren zonas de pendiente moderada a bajas, como también lechos de las quebradas y riachuelos, estos suelos están compuestos por materiales heterogéneos en composición y granulometría. Sobre estos suelos se desarrolla la mayor parte de la actividad agrícola.

### **Depósitos Residuales**

Son producto de la meteorización química debido a las precipitaciones en la zona; las rocas al no haber sufrido dispersión por los agentes de acarreo, son depositados sobre la roca madre formando los suelos residuales que cubren las laderas de los cerros.

## Depósitos Coluviales

Son suelos que han sido depositados por la acción de la gravedad, formando conos de derrumbes, se acumulan en las laderas de los cerros y son más frecuentes donde se ha realizado cortes de carreteras. Se presentan sueltos si son recientes y muy compactos si son antiguos.

## Depósitos Aluviales

Se considera como material aluvial los depósitos abandonados por los riachuelos y quebradas y los materiales transportados se encuentran constituidos por bloques, cantos rodados y guijarros con arena y limo. También forman parte de la zona de inundación del río Pichari, así como de las terrazas de pendientes suaves a moderadas las que se consideran como las mejores áreas de cultivo.

Las caídas de rocas se registraron en el 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 la formación Ananea y en rocas metamórficas del Grupo San José.

Gráfico N° 8: Porcentaje en área de la litología en la cuenca baja del río Pichari



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos tomados en campo y procesados en SIG.

En la cuenca baja del río Pichari, las granulitas del complejo metamórfico cubren un área de 70,47 km<sup>2</sup> (67,33% del área total de la cuenca), las pizarras del grupo San José cubren un área de 15,52 km<sup>2</sup> (16,74%), las cuarcitas de la formación Sandia se expanden en 3,9 km<sup>2</sup> (3,72%), las lutitas de la formación Ananea cubren el 1,91 km<sup>2</sup> (1,82%) y por último los depósitos cuaternarios cubren 10,88 km<sup>2</sup> (10,39%).

**Cuadro N° 3: Área de las unidades litológicas en la cuenca baja del río Pichari**

Unidad cartográfica	Área Km <sup>2</sup>	Área %
Complejo Metamórfico	70,47	67,33
San José (Pizarras)	17,52	16,74
Sandia (Cuarcitas)	3,90	3,72
Ananea (Lutitas)	1,91	1,82
Cuaternario	10,88	10,39

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos tomados en campo y procesados en SIG.

### 4.6.3 GEOMORFOLOGÍA

<sup>12</sup>Geomorfológicamente el relieve del área de estudio esta interceptada por el río Pichari, así como por múltiples quebradas que al desembocar en el valle forma abanicos proluviales. En el valle predominan terrenos de baja pendiente, mientras que en la parte alta de la cuenca predominan los relieves montañosos de alta a elevada pendiente, las montañas son parte de la Cordillera Oriental. Las altitudes varían entre los 575 y 3250 msnm.

### MONTAÑAS METAMÓRFICAS PRECAMBRICAS

Forma una unidad alargada de dirección NW - SE, se caracteriza por presentar un relieve abrupto con picos de cerros elevados (3250 msnm) y laderas muy empinadas. Constituye el *divortium acuarium* entre las cuencas de los ríos Pichari, Omayá y Otári.

<sup>12</sup> QUINTANA, I. (2010). "Geomorfología", Informe temático. Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible del Valle del río Apurímac – VRA". Iquitos – Perú.

La erosión fluvial es el principal proceso que ha modelado estas montañas como lo atestiguan valles tipo V en la cuenca. Litológicamente está constituida por granulitas del Complejo Metamórfico.

## **MONTAÑAS METAMÓRFICAS PALEOZOICAS**

Se distribuye en el sector medio a inferior de la cuenca del río Pichari con dirección NW-SE. Las montañas metamórficas Paleozoicas dentro del dominio oriental, son el resultado del modelado de litofacies en la cuenca. Estas montañas están constituidas por rocas metamórficas como pizarras y cuarcitas. Sus formas son conspicuas de pendientes moderadas que varían entre los 15° a 30°.

En esta parte de la cuenca se dan procesos geodinámicos externos como soliflucción, caída de rocas, deslizamientos, etc.

## **LADERAS ESCARPADAS**

Son superficies planas muy inclinadas, se encuentran limitando las laderas de las montañas metamórficas precámbricas. En las laderas se desarrollan procesos erosivos debido a las precipitaciones en donde se generan caídas de rocas, y derrumbes.

## **COLINAS DENUDADAS**

Son pequeñas geoformas de relieve ondulado con pendientes suaves. Se encuentran en la parte inferior del área de estudio y comprende alineamientos de colinas de altitud moderada, la cual es atravesada por el valle formado por el río Pichari.

Las colinas se han desarrollado sobre rocas sedimentarias de la formación Ananea compuesta por la intercalación de areniscas con lutitas y pizarras. En estas estructuras se desarrollan actividades agrícolas de productos frutales como la piña.

## **VERTIENTE DE DETRITOS**

Son depósitos constituidos por material reciente inconsolidados, se encuentran acumulados al pie de las laderas de las montañas, los detritos son de origen coluvial

y deluvial que descienden hacia los valles principales, quebradas tributarias o se depositan en terrenos bajos y planos.

Litológicamente el depósito es homogéneo, sin embargo es heterogéneo respecto a su granulometría, conformado por fragmentos angulosos. Se asocian a procesos de flujos de detritos, erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos superficiales.

### **ABANICOS PROLUVIALES**

Se caracterizan por ser depósitos canalizados de flujos de detritos y forman abanicos en la parte final o en la desembocadura de las quebradas o de un río principal. Esta unidad tiene pendientes bajas de 0°-15°.

En la cuenca los abanicos proluviales los encontramos en la desembocadura de las quebradas hacia el valle principal del río Pichari que vistos de manera ortogonal presentan formas cónicas.

Los abanicos proluviales están asociados a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos) periódicos y excepcionales.

### **VALLE**

Se caracteriza por su sección transversal tipo V en la cabecera de la cuenca y se va anchando conforme llega el río Pichari a desembocar hacia el río Apurímac. Presenta pendientes bajas de fondo plano. Rellenados con depósitos fluviales de gravas, arenas y presencia de terrazas.

Se han originado a consecuencia de una fuerte erosión que produce la red de drenaje sobre el relieve.

### **PLANICIES EROSIVAS**

Superficie plana de material no consolidado, el agua de escorrentía fluye agrietando el camino.

### **LLANURA NO INUNDABLE**

Ubicada en la desembocadura de del río Pichari hacia el río Apurímac, esta zona es de baja pendiente, en el cual se asentó la capital del distrito "Pichari".

## LLANURA DE INUNDACIÓN FLUVIAL

Zona de muy baja pendiente, el cual es constantemente erosionado e inundado por el río Apurímac.

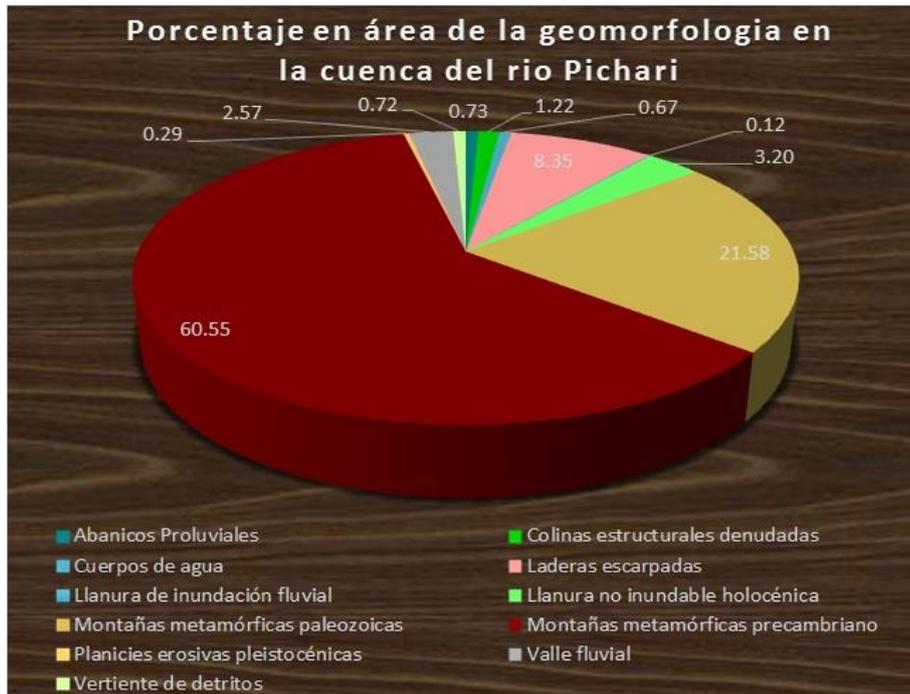
*Foto N° 21: Se observan montañas precámbricas constituidas por rocas granulíticas, a la derecha de la fotografía se observa las montañas paleozoicas constituidas por pizarras, lutitas e intercalación de estas del Grupo San José. En el valle se cultiva cacao y fruta*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2017

En la cuenca baja del río Pichari, las montañas metamórficas precámbricas cubren un área de  $63,38 \text{ km}^2$  (60,55% del área total de la cuenca), las montañas metamórficas paleozoicas cubren un área de  $22,58 \text{ km}^2$  (21,58%), Abanicos Proluviales se expanden en  $0,76 \text{ km}^2$  (0,73%), Colinas estructurales denudadas de  $1,27 \text{ km}^2$  (1,22%), Laderas escarpadas de  $8,73 \text{ km}^2$  (8,35%), Llanura de inundación fluvial de  $0,13 \text{ km}^2$  (0,12%), Llanura no inundable  $3,34 \text{ km}^2$  (3,20%), Planicies erosivas pleistocenas  $0,30 \text{ km}^2$  (0,29%), Valle fluvial  $2,68 \text{ km}^2$  (2,57%), y por último la Vertiente de detritos cubren  $0,75 \text{ km}^2$  (0,72%).

**Gráfico N° 9: Porcentaje en área de las unidades geomorfológicas en la cuenca baja del río Pichari**



**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos tomados en campo y procesados en SIG.

**Cuadro N° 4: Área de las unidades geomorfológicas en la cuenca baja del río Pichari**

Unidad cartográfica	Área km <sup>2</sup>	Área %
Abanicos Proluviales	0,76	0,73
Colinas estructurales denudadas	1,27	1,22
Cuerpos de agua	0,70	0,67
Laderas escarpadas	8,73	8,35
Llanura de inundación fluvial	0,13	0,12
Llanura no inundable holocénica	3,34	3,20
Montañas metamórficas paleozoicas	22,58	21,58
Montañas metamórficas precámbricas	63,38	66,55
Planicies erosivas pleistocenas	0,30	0,29
Valle fluvial	2,68	2,57
Vertiente de detritos	0,75	0,72

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos tomados en campo y procesados en SIG.

#### 4.6.4 PENDIENTE

La pendiente en la cuenca baja del río Pichari nos indica la estabilidad del suelo y materiales que constituyen el relieve. La pendiente está muy diferenciada en la cuenca, por lo que algunos procesos tienden a tener mayor importancia en las laderas de las montañas en la zona de estudio.

Cuando tratamos con fenómenos geodinámicos externos (remoción de masas) en los que la gravedad se ve involucrada, es importante tener en cuenta las pendientes del relieve en la zona de estudio.

<sup>13</sup>En el mapa de pendientes de la cuenca baja del río Pichari se han clasificado 6 grupos.

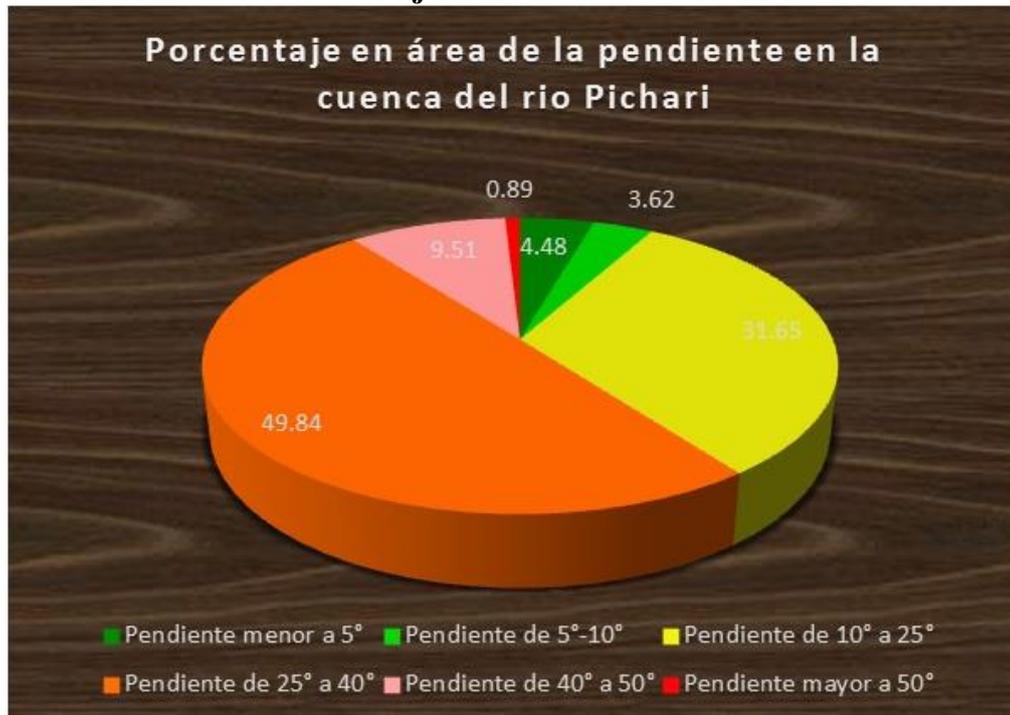
- Muy Baja: pendiente menor a 5°, predominan en el valle del río Pichari.
- Baja: Pendiente de 5° a 10°, predominan en las laderas del valle del río Pichari y en las colinas.
- Moderada: Pendiente de 10° a 25°, predomina en las laderas de las montañas paleozoicas.
- Mediana: Pendiente de 25° a 40°, predomina en las montañas precámbricas de granulitas.
- Alta: Pendiente de 40° a 50°, predominan en las laderas de las montañas precámbricas.
- Muy Fuerte: Pendiente mayor a 50° en las montañas precámbricas.

En el sector de estudio predominan las pendientes moderadas 52,17 km<sup>2</sup> (49,84%) en la cabecera de la cuenca en el valle, las pendientes medianas abarcan 33,13 km<sup>2</sup> (31,65%) predominando en las montañas paleozoicas, las pendientes bajas cubren una superficie 3,79 km<sup>2</sup> (3,62%) predominando en las colinas, las pendientes muy bajas predominan en el valle con 4,69 km<sup>2</sup> (4,48%), por lo contrario las pendientes altas cubren un área de 9,95 km<sup>2</sup> (9,51%) y muy altas con 0,93 km<sup>2</sup> (0,89%) predominan en las montañas precámbricas. Los fenómenos geodinámicos externos de remoción de masas se dan en pendientes superiores a 25°.

---

<sup>13</sup> Elaborado a partir de las curvas de nivel a escala 1:25000 (IGN)

**Gráfico N° 10: Porcentaje en área de las unidades de pendiente en la cuenca baja del río Pichari**



**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos tomados en campo y procesados en SIG.

**Cuadro N° 5: Área de las unidades de pendiente en la cuenca baja del río Pichari**

Pendiente	Área Km <sup>2</sup>
Pendiente menor a 5°	4,7
Pendiente de 5°-10°	3,8
Pendiente de 10° a 25°	33,1
Pendiente de 25° a 40°	52,2
Pendiente de 40° a 50°	9,9
Pendiente mayor a 50°	0,9

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos tomados en campo y procesados en SIG.

#### 4.6.5 USO ACTUAL DE SUELOS

<sup>14</sup>Los suelos de la cuenca del río Pichari tienen 7 usos principales:

- a) Tierras con derecho de uso legal para explotación y exploración de hidrocarburos (cabe señalar que en la cuenca y en el distrito de Pichari en la actualidad solo se realizan estudios de exploración para la búsqueda de recursos de hidrocarburos).
- b) Tierras con uso agropecuario con predominio del cultivo de hoja de coca. Esta actividad se realiza generalmente en laderas de las montañas y produce una gran contaminación en la cuenca por la gran cantidad de fertilizantes e insecticidas que se usan en su cultivo.
- c) Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos tropicales en valles intermontañosos. Esta actividad se realiza en las laderas de montañas paleozoicas, colinas y valle, donde se cultivan productos como “plátano”, “cacao”, “café”, “cítricos” (“limón”, “mandarina”, “naranja”, “toronja”), “piña” y “hortalizas”.
- d) Tierras de uso agropecuario con predominio de cultivos de subsistencia alto andina y ganadería, se siembra principalmente yuca, papa y se crían animales para consumo local.
- e) Tierras de conservación para las Comunidades Nativas Ashánincas, destinada al uso exclusivo de conservación y protección con fines ambientales.
- f) Tierras de uso urbano, en donde se asienta la población Picharina.
- g) Otros usos, en estos lugares se realizan actividades ilegales como la tala indiscriminada de árboles maderables.

Las áreas destinadas a la Conservación de Comunidades Nativas abarca 60,1 km<sup>2</sup> (57,39%) en la cabecera de la cuenca en el valle, el área de Uso agropecuario con predominio del cultivo de coca es de 9,18 km<sup>2</sup> (8,78%) predominando en las montañas paleozoicas, el área donde se realiza actividades agropecuarias de cultivos tropicales en valles intermontañosos es de 9,03 km<sup>2</sup> (8,62%), el área con Uso legal para la exploración de hidrocarburos es de 1,23 km<sup>2</sup> (1,18%), Uso

---

<sup>14</sup> 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.

agropecuario de cultivos de subsistencia alto andina y ganadería es de 0,35 km<sup>2</sup> (0,34%), y Tierras de uso urbano 3,41 km<sup>2</sup> (3,26%).

**Foto N° 22:** Las áreas destinadas al uso exclusivo de conservación para las comunidades nativas ashánincas se ven afectadas por usos irregulares como es la tala de bosques los cuales terminan siendo áreas para el cultivo de la hoja de coca.



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2017

**Gráfico N° 11: Porcentaje en área de las zonas de uso actual en la cuenca baja del río Pichari**



**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos tomados en campo y procesados en SIG.

**Cuadro N° 6: Área de las unidades de uso actual del suelo en la cuenca baja del río Pichari**

<b>Uso Actual del Suelo</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>Área %</b>
Conservación de Comunidades Nativas	60,1	57,39
Uso agropecuario con predominio del cultivo de coca	9,2	8,78
Uso agropecuario de cultivos tropicales en valles intermontañosos	9,0	8,62
Uso legal para exploración y explotación de hidrocarburos	1,2	1,18
Uso agropecuario de cultivos de subsistencia alto andina y ganadería	0,4	0,34
Tierras de uso urbano	3,4	3,26
Cuerpos de agua	0,7	0,64
Otros usos	20,7	19,79

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos tomados en campo y procesados en SIG.

## **CAPITULO V: RESULTADOS**

En el marco del proceso de Ordenamiento Territorial por el cual atraviesa el Perú, la geología ambiental ha cobrado importancia al encargarse del estudio de los peligros de origen natural que podrían ocasionar algún tipo de riesgo sobre la población, infraestructura y recursos naturales.

Debido al clima tropical lluvioso, características litológicas, geomorfológicas y pendientes que existen en la Cuenca baja del río Pichari, en la zona de estudio se producen fenómenos geodinámicos externos que constituyen peligros en la cuenca y por ello es necesario el estudio de estos.

Se ha podido identificar que las comunidades nativas ashánincas de Sankiroshi, Kitemontinkiari, Kinkori y Marontuari se encuentran ubicadas en laderas de cerros. La comunidad campesina de Amargura se encuentra asentada en el curso de una quebrada estacional y la ciudad de Pichari así como las comunidades de Paraíso, Pichari Alta y Ccatunrumi están ubicadas en el valle del río Pichari y Apurímac. Estos lugares se encuentran en peligro por estar sujetos a la ocurrencia de fenómenos geodinámicos e hidrometeorológicos.

### **5.1 PELIGROS GEODINÁMICOS INTERNOS**

Los peligros geodinámicos internos están relacionados directamente a los eventos sísmicos. En nuestro caso nos interesa el peligro sísmico al que se exponen los pobladores en la cuenca baja del río Pichari.

Los sismos generaran deformación en las rocas de la cuenca baja del río Pichari y con ello inestabilidad debida a la energía liberaran, lo que produce remoción de masas en la superficie terrestre. Como consecuencia de los sismos podría haber caídas de rocas, deslizamientos, etc.

Según el mapa de zonificación sísmica y de acuerdo a las Normas Sismo-Resistentes E-030 del reglamento Nacional de Edificaciones, la cuenca baja del río Pichari se encuentra comprendida en la zona 2 y le corresponde una sismicidad de intensidad media. La sismicidad es un factor detonante para los fenómenos de remoción en masa.

**Cuadro N° 7: Registro de datos sísmicos en 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

Fuente: Datos obtenidos del Instituto Geofísico del Perú

## **5.2 PELIGROS GEODINAMICOS EXTERNOS**

Los distribución de zonas de geodinámica externa están relacionados directamente a las características litológicas, geomorfológicas y de pendiente que existen en la Cuenca baja del río Pichari y conjuntamente con las precipitaciones excepcionales en la cuenca darán condiciones particulares para que en mayor o menor intensidad se produzcan fenómenos geodinámicos externos como caída de rocas, derrumbes, deslizamientos, erosión de suelos, flujos de detritos, etc.

En la Cuenca del río Pichari, los procesos geodinámicos externos se evidencian en las características físicas de los bloques rocosos y depósitos recientes que se hallan a lo largo de la cuenca.

En la cabecera de la cuenca, a lo largo del río Pichari y de las quebradas tributarias; debido al relieve muy agreste y pendientes elevadas que presenta los cerros del complejo metamórfico, se producen procesos de erosión y como consecuencia el fracturamiento y desprendimientos de rocas. Las rocas desprendidas del afloramiento rocoso son transportadas por flujos de agua hacia la parte inferior de la cuenca.

### **5.2.1 FENOMENOS DE REMOCIÓN DE MASAS**

Los fenómenos de remoción en masa son procesos de movilización lenta o rápida según el factor desencadenantes que lo produzca, estos movimientos van pendiente abajo e involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad.

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).

En la Cuenca baja del río Pichari, se observan fenómenos de remoción de masas ocurridos recientemente así como algunos antiguos, un alto porcentaje de estos movimientos se desencadenaron por precipitaciones excepcionales en la cuenca como consecuencia al clima tropical de la zona y la deforestación de la vegetación. La remoción de masas se da en las laderas de los cerros y en relieves de pendientes abruptas. Existen diversas causas que producen estos fenómenos y como parámetros condicionantes se tiene la litología, geomorfología, la pendiente y el uso de los suelos, mientras que la gravedad, precipitación, actividades antrópicas y los movimientos sísmicos se comportan como detonantes a la ocurrencia de peligros geodinámicos.

Según sea la naturaleza de las rocas tendrán un comportamiento diferente ante un esfuerzo o variación en su medio ambiente. La pendiente del terreno le dará estabilidad a las rocas y cuando este se ve alterado se producen los fenómenos de remoción de masas.

El factor detonante más importante en la cuenca es la precipitación intensa, la cual genera deslizamientos de terrenos, flujos de detritos, etc. Aunque los sismos no son constantes en la zona, ante un evento de estos se detonarían varios de estos fenómenos.

## **CAIDA DE ROCAS**

Es cuando una masa rocosa (heterogénea en tamaño, se desprende de un talud o relieve de pendiente alta y desciende generalmente por caída libre, saltos, rodando, etc. El tamaño de las rocas es heterogéneo, la cual depende de su litología y del parámetro detonante que lo genere. Los movimientos son muy rápidos a extremadamente rápidos y pueden estar precedidos por movimientos menores que separan gradualmente las rocas en forma de cuñas hasta separarse de la formación rocosa a la cual pertenece.

Los bloques desprendidos impactan sobre la ladera de la unidad donde se desprende, partiéndose en fragmentos de menores dimensiones. En la cuenca baja del río Pichari la caída de rocas se genera frecuentemente en la cabecera de la cuenca, sobre rocas metamórficas precámbricas de granulitas. El desprendimiento de las rocas se da debido al fracturamiento que existen en las granulitas y otras rocas

metamórficas de la zona. Al desprenderse las rocas caen en caída libre por la pendiente elevada de sus laderas, luego rebotan partiéndose en fragmentos de menores dimensiones y finalmente ruedan sobre la superficie hasta incorporarse a un flujo de agua.

Donde se han realizado cortes de carretera con taludes altos se generan con frecuencia la caída de rocas.

*Foto N° 23: En los cortes de carreteras la estabilidad depende de la inclinación del talud. Se observa que la compactación de las lutitas ha influido a que no se produzcan caídas de rocas a pesar del talud elevado. C. Nueva Esperanza*



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar – 2017

**Foto N° 24:** Debido a la elevada inclinación del talud en el corte de carretera se producen constantemente caídas de rocas, las cuales se fragmentan al caer debido a que son muy deleznable. Carretera rumbo a la comunidad de Nueva Esperanza.



Fuente: Marco Antonio Sánchez Salazar – 2017

## **FLUJO DE DETRITOS**

Los flujos de detritos son movimiento en masa que se caracterizan por comportarse como un fluido, este flujo puede trasladarse a gran velocidad y dependerá de la saturación de agua que tenga. Se pueden originar a partir de otros tipos de movimientos en masa como deslizamientos superficiales de detritos en la cabecera de la cuenca, puede producirse por la inestabilidad de las laderas. Este fenómeno consiste en una gran proporción de material heterogéneo en tamaño y composición, está constituido por una mezcla de arenas y limos.

Las zonas que alimentan de material al flujo de detritos frecuentemente están asociadas a quebradas escarpadas, los depósitos de flujo de detritos generalmente se identifican por la presencia de abanicos cónicos en las desembocaduras de las quebradas.

Los flujos de detritos en la cuenca baja del río Pichari pertenecen a flujos ocurridos durante el Cuaternario y en los últimos años con los cambios climáticos debido al calentamiento global que se produce en el planeta se han desarrollado con mayor frecuencia. Durante el año 1982 debido a las precipitaciones excepcionales

que se suscitaron en la cuenca debido al fenómeno de El Niño, en la cuenca baja del río Pichari así como en todo el Valle del río Apurímac y Ene (VRAE), se generaron fenómenos geodinámicos externos de remoción de masas como flujo de detritos, (huaycos); el material transportado se depositó formando conos en la desembocadura de las quebradas. Parte de este flujo se unió al río Pichari, el cual transporto material acarreado hasta depositarlo en la parte baja de la cuenca predominando granulitas heterogéneas en tamaño que se depositaron en la margen derecha del río Pichari (comunidad de Pichari Baja) y destrozando el cultivo de la época.

La deforestación de los bosques por la tala indiscriminada o quema de la vegetación, desnudan las laderas y aumentan la posibilidad de generarse flujos de detritos.

*Foto N° 25: En enero del año 2016, por una de las quebradas cercana a la comunidad de Marontuari pasó un flujo de detritos el cual arruino la trocha carrozable (camino), depositando rocas del complejo Pichari Cielo Punku. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 26:** En enero del año 2016, la vía quedó destruida, y se formó cauces de agua a lo largo de la carretera. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 27:** En enero del año 2016, el flujo de detritos arrastró todo el material que encontró a su paso, malogrando la carretera en la comunidad nativa de Marontuari. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

*Foto N° 28: En el año 2010, se produjo un flujo de detritos en las laderas de la montaña metamórfica paleozoica de pizarras y lutitas deleznales. Rumbo a la comunidad nativa de Sankiroshi.*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 29:** En el año 2010, flujo de detritos depositado en forma cónica en la desembocadura de la quebrada. Rumbo a la comunidad nativa de Sankiroshi. (Fuente: Municipalidad distrital d Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

## **EROSIÓN DE LADERAS**

Se trata del desgaste y traslado de materiales superficiales de suelo y fragmentos de rocas que se producen por aguas de escorrentía superficial (precipitaciones) que degradan la superficie del terreno. La erosión de laderas se presenta como procesos poco desarrollados (erosión laminar), erosión pronunciada (en surcos o en cárcavas). En la zona de estudio la deforestación por tala de bosques y quema de vegetación, remoción de tierras en obras civiles y erosión inducida es una costumbre del día a día para los pobladores.

Las zonas principales donde mayormente afecta la erosión de laderas son las colinas por la actividad agrícola que se desarrolla y en las montañas paleozoicas debido a la pendiente de sus laderas, fuertes precipitaciones pluviales, alta escorrentía superficial y la actividad irracional deforestación de los bosques.

**Foto N° 30:** La erosión de ladera es producto de la tala y quema de bosques que dejan al descubierto los suelos y es erosionado por las precipitaciones, dejando detritos sueltos que son un peligro ante precipitaciones fuertes. Se observa la capa de suelo formado por la erosión



**Fuente:** Marco Antonio Sánchez Salazar - 2017

**Foto N° 31:** En las laderas de los cerros se talan y queman bosques que dejan al descubierto la superficie del terreno de tal manera que es más factible la erosión del suelo por las precipitaciones y aguas superficiales. La erosión del suelo ha dejado la casa sin cimientos



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

## DESLIZAMIENTOS

Son descensos masivos o relativamente rápidos, a veces de carácter catastrófico. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamientos, que facilita la acción de la gravedad.

Su movimiento consiste en la deformación por corte y desplazamiento a lo largo de una o varias superficies visibles o inferidas. La rotura del plano no siempre es simultánea en todos los puntos de la superficie de falla, sino que puede propagarse desde una zona de falla local. La masa de terreno que se desliza puede avanzar más allá de la superficie de ruptura original sobre el terreno natural. (Vílchez, 2005)

Otros deslizamientos se originaron por inestabilidades de laderas creadas al modificar los taludes naturales al construir cortes de carreteras y/o también por mal uso de aguas de riego, reactivando algunos antiguos deslizamientos o creando nuevas zonas inestables. La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización.

*Foto N° 32: A lo largo de la carretera rumbo a la comunidad de Nueva Esperanza, debido a las lutitas y pizarras deleznables que conforman el suelo ocurren deslizamientos.*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

*Foto N° 33: Deslizamiento en la carretera rumbo a la comunidad de Vista Alegre.*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

*Foto N° 34: Deslizamiento en la carretera rumbo a la comunidad de Vista Alegre.*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

*Foto N° 35: Partes de un deslizamiento clásico en la cuenca baja del río Pichari.*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

## **5.2.2 FENOMENOS HIDROMETEREOLÓGICOS**

### **PRECIPITACIONES PLUVIALES**

Anualmente se producen precipitaciones de duración larga que dan origen a la formación de escorrentías y probables inundaciones, que causan problemas en la población dejando afectados y damnificados con pérdidas económicas e infraestructura.

Las inundaciones se presentan frecuentemente con magnitudes ligeras a moderadas, ante la presencia de precipitaciones.

Los huaycos e inundaciones se presentan súbitamente en zonas altas como resultado de precipitaciones torrenciales, cuyas precipitaciones sobrepasan la capacidad de la cuenca por donde discurre normalmente el agua en su curso de evacuación.

*Foto N° 36: Las precipitaciones en la cuenca provocaron que las aguas de escorrentía erosionen los bordes de la carretera provocando deslizamientos, derrumbes y roturas en la infraestructura vial.*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

*Foto N° 37: Derrumbe en la carretera, el cual afecto la infraestructura de drenaje de agua en la cuenca.*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

*Foto N° 38: Derrumbe en los taludes de la carretera, el cual afecto los muros de contención que sostienen parte de la carretera*



*Fuente: Municipalidad distrital de Pichari*

## **INUNDACIONES**

Durante la época de mayor precipitación, producto de las fuertes precipitaciones, el agua cubre las partes bajas de la cuenca, formando zonas de inundación que van creciendo conforme se va acumulando el volumen de agua, produciendo muchas veces desborde de los ríos seguido de daños en la propiedad.

Las inundaciones ocasionan muchos daños, principalmente a los terrenos de cultivo, obras civiles, las viviendas de madera, quedando muy afectando las poblaciones, sumándose ello la proliferación de enfermedades como el zika, dengue, y chikungunya por el incremento de mosquitos.

Debido a las precipitaciones torrenciales en esta zona de la cuenca, la inundación es un peligro constante. En el área de estudio son frecuentes los desbordes de las aguas de los ríos Pichari y Apurímac.

Esto constituye el proceso geodinámico externo más importante en la zona estudiada, debido a la falta de infraestructura adecuada para el drenaje superficial de las aguas pluviales, generando el peligro de inundación, se debe mencionar que el terreno presenta pendientes menores al 25% . Las precipitaciones pluviales aumentan considerablemente durante los meses de noviembre a marzo.

**Foto N° 39:** Inundación en el mes de enero del año 2016, provocó el aislamiento de los pobladores. La flecha amarilla indica la dirección del río Pichari. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 40:** Daños ocasionados en las viviendas y en las pertenencias de los pobladores.



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 41:** En épocas de precipitaciones excepcionales el caudal del río Pichari aumenta y con ello es latente el peligro de desborde. Para evitar la erosión lateral del río, la municipalidad distrital de Pichari ha realizado la construcción de defensas rivereñas.



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 42:** Las fuertes precipitaciones en la región durante el año 2010 provocaron que el río Apurímac se desbordara y con ello erosionara sus laderas provocando daños en la infraestructura que se había colocado para evitar el desborde. Fuente: M.D. de Pichari (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 43:** En febrero del año 2015 el río Pichari erosiono la margen izquierda de su talud, dejando sin sostenimiento el estribo del puente que une Pichari con la comunidad de San Juan de la Frontera. Fuente: Municipalidad distrital de Pichari. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 44:** Para solucionar el problema anterior, se procedió a rellenar con tierra el material que fue erosionado. Fuente: Municipalidad distrital de Pichari. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 45:** Inundación de la comunidad San Juan de la Frontera debido al desborde del río Apurímac durante el año 2010. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 46:** En la desembocadura del río Pichari el relieve es llano y por ende el talud del río disminuye por lo que en épocas de precipitaciones este se desborda constantemente, para evitar este problema se aumentó el talud del río con rocas y tierra. (Fuente: Municipalidad distrital de Pichari)



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

*Foto N° 47: Desborde del río Apurímac, el que afecto la infraestructura de las viviendas, cultivos y vías.  
Enero del año 2011*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

*Foto N° 48: las viviendas de madera que se encontraban en la ribera del río Apurímac quedaron totalmente destruidas.*



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari, Enero del año 2011.

**Foto N° 49:** Destrucción total de la comunidad de Ccatunrumi provocado por las fuertes precipitaciones y desborde del río Apurímac.  
*Fuente: Municipalidad distrital de Pichari, Enero del año 2011.*



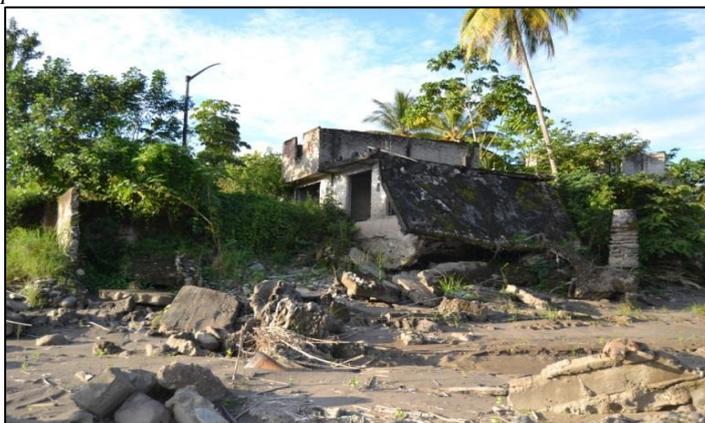
**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 50:** Defensa ribereña destruida por el río Apurímac en la comunidad de Ccatunrumi, la única solución radica es la construcción del enrocado.



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

**Foto N° 51:** la comunidad de Ccatunrumi quedo totalmente destruida y paso a reubicarse en la comunidad de San Juan de la Frontera.



**Fuente:** Municipalidad distrital de Pichari

### 5.3 ANALISIS ESTADISTICO DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE GEODINÁMICA EXTERNA

De los datos tomados en campo de peligros identificados, se realizó un análisis estadístico cuyo resultado se muestra en tablas y gráficos porcentuales del área que ocupa cada tipo de peligro geodinámico externo en la Cuenca baja del río Pichari, también se analiza la relación que guarda cada tipo de peligro con los parámetros de las unidades litológicas, geomorfológicas, pendiente, uso actual del suelo.

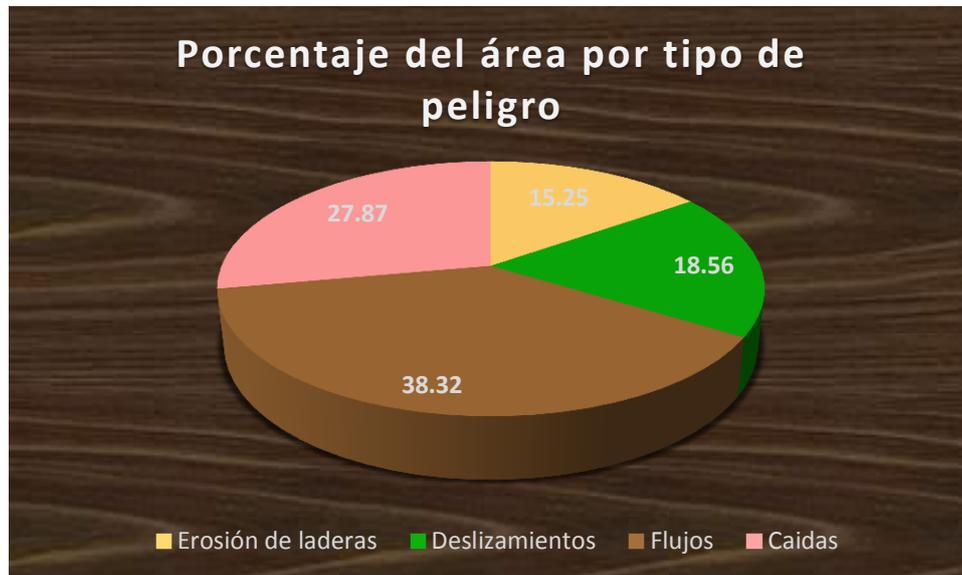
El análisis de los distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari indica los siguientes porcentajes: Los flujos de detritos presenta el mayor porcentaje de ocurrencia de los peligro (38.32%), seguido de los caídas de rocas (27.87%), deslizamientos (18.56%) y por último la erosión de laderas (15.25%). El área de los fenómenos de remoción en masas constituye el 9.51% del área de la cuenca baja del río Pichari. (Ver cuadro N° 8)

**Cuadro N° 8: Porcentaje del área de ocurrencia de distribución de zonas de geodinámica externa en la Cuenca baja del río Pichari**

TIPO DE PELIGRO	Área (km <sup>2</sup> )	Área %	Área total de la cuenca %
Erosión de laderas	1,52	15,25	9,51
Deslizamientos	1,85	18,56	
Flujos	3,82	38,32	
Caídas	2,78	27,87	
TOTAL	9,96	100	
Cuenca baja del río Pichari	104,6756 km		

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

**Gráfico N° 12: Porcentaje en área de la ocurrencia de distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari**



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

#### **5.4 ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD**

Se realizó la zonificación ya que los fenómenos geodinámicos se generan constantemente en el territorio donde vivimos, afectando nuestra vida, salud y/o economía.

La zonificación del territorio constituye una herramienta valiosa y necesaria para los fines de planificación territorial y mitigación de los desastres ocasionados por eventos naturales. El objetivo principal de realizar la zonificación de distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari es indicar las zonas con igual probabilidad de ocurrencia de un fenómeno geodinámico externo.

Para realizar el mapa de zonificación de susceptibilidad a los distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari en primer lugar se realizó la búsqueda de información preliminar, luego se obtuvo la base cartográfica para llevar a cabo un correcto mapeo de geológico, geomorfológico, uso actual de suelos y de distribución de zonas de geodinámica externa, con ésta información se pudo definir preliminarmente zonas de comportamiento homogéneo.

Para generar el mapa de susceptibilidad a los fenómenos geodinámicos externos, se requiere el uso del mapa de inventario de distribución de zonas de geodinámica externa; el método empleado en esta tesis consiste en mezclar la totalidad de estos

fenómenos geodinámicos externos con los mapas: Litológico, geomorfológicos, uso de suelo y de pendiente; de esta manera se determinará la influencia de cada fenómeno geodinámico sobre la unidad cartográfica en forma individual. Posteriormente para determinar los pesos de susceptibilidad se toma en cuenta dos métodos: El **método bivariado**, teniendo como referencia el estudio “Evaluación de la susceptibilidad a los movimientos en masa Chachapoyas y Luya” (Vílchez Mata, 2008) para determinar los pesos de cada tipo de fenómeno en una unidad cartográfica según la relación de los porcentajes de área del fenómeno sobre el de la unidad cartográfica y el método de combinación de mapa de factores empleado en el estudio “La Geología Ambiental en la Zonificación de Amenazas Naturales” (Valenzuela, 2003).

En éste trabajo se ha dividido la susceptibilidad a los fenómenos geodinámicos externos en Muy Alta (5), Alta (4), Moderada (3), Baja (2) y Muy Baja (1).

#### **5.4.1 METODOLOGIA PARA REALIZAR EL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD**

El procesamiento de los datos tomados en campo se realizó mediante el Software ARCGIS 10.2, con la digitalización de mapas, conversión de datos, cruce de mapas, análisis que han permitido la obtención del mapa de susceptibilidad a fenómenos geodinámicos externos. Inicialmente se digitalizan los mapas parámetros que se levantaron con datos tomados en campo, los cuales se utilizarán durante el análisis de la susceptibilidad (mapa geológico, geomorfológico, pendientes, uso actual de suelos e inventario de distribución de zonas de geodinámica externa). Cada mapa fue realizado a una escala de 1:25000.

Para determinar los pesos de susceptibilidad de una unidad cartográfica (litología, geomorfología, pendiente, uso de suelos) a cada fenómeno geodinámico externo utilizaremos el método bivariante para determinar los pesos por porcentaje de área. A partir de las tablas de atributos de los parámetros (litológico, geomorfológico, pendientes, uso actual de suelos) se determinan sus áreas respectivas en km<sup>2</sup> para determinar el porcentaje en área por unidad en la cuenca baja del río Pichari.

**Cuadro N° 9: Porcentaje en área por unidad cartográfica en la Cuenca baja del río Pichari**

UNIDADES CARTOGRÁFICAS		Área total por unidad km <sup>2</sup>	% de área por unidad
<b>LITOLOGIA</b>	Complejo Metamórfico	70,47	67,33
	San José (Pizarras)	17,51	16,74
	Sandia (Cuarцитas)	3,90	3,72
	Ananea (Lutitas)	1,91	1,82
	Cuaternario	10,88	10,40
	<b>TOTAL</b>	<b>104,68</b>	<b>100</b>
<b>PENDIENTE</b>	Pendiente menor a 5°	4,70	4,48
	Pendiente de 5°-10°	3,80	3,62
	Pendiente de 10° a 25°	33,13	31,65
	Pendiente de 25° a 40°	52,17	49,84
	Pendiente de 40° a 50°	9,95	9,51
	Pendiente mayor a 50°	0,93	0,89
	<b>TOTAL</b>	<b>104,67</b>	<b>100</b>
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Abanicos Proluviales	0,76	0,73
	Colinas estructurales denudadas	1,27	1,21
	Cuerpos de agua	0,70	0,67
	Laderas escarpadas	8,73	8,34
	Llanura de inundación fluvial	0,13	0,12
	Llanura no inundable	3,34	3,19
	Montañas metamórficas paleozoicas	22,58	21,57
	Montañas metamórficas precámbricas	63,38	60,55
	Planicies erosivas pleistocenas	0,30	0,29
	Valle fluvial	2,68	2,56
	Vertiente de detritos	0,75	0,72
	<b>TOTAL</b>	<b>104,67</b>	<b>100</b>
<b>USO ACTUAL DEL SUELO</b>	Conservación de Comunidades Nativas	60,07	57,39
	Uso agropecuario con predominio del cultivo de coca	9,18	8,77
	Uso agropecuario de cultivos tropicales en valles intermontañosos	9,02	8,62
	Uso legal para exploración de hidrocarburos	1,23	1,18
	Uso agropecuario de cultivos de subsistencia alto andina y ganadería	0,35	0,33
	Tierras de uso urbano	3,41	3,25
	Cuerpos de agua	0,67	0,64
	Otros usos	20,71	19,78
	<b>TOTAL</b>	<b>104,67</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración a partir del análisis SIG.

Para determinar el área acumulada de cada fenómeno geodinámico externo (caída, deslizamientos, flujos y erosión de laderas) en una determinada unidad cartográfica se debe realizar la intersección de las capas de los polígonos de los fenómenos geodinámicos externos con los mapas parámetros y determinar el área en km<sup>2</sup>.

**Cuadro N° 10: Porcentaje en área de fenómenos geodinámicos externos por unidad cartográfica en la Cuenca baja del río Pichari**

UNIDADES CARTOGRAFICAS		Caídas Km <sup>2</sup>	Deslizamiento Km <sup>2</sup>	Flujos Km <sup>2</sup>	Erosión laderas	Caídas %	Deslizamiento %	Flujos %	Erosión laderas %
<b>LITOLOGIA</b>	Complejo Metamórfico	2,721	1,460	0,009	0,037	98,059	79,034	0,239	2,442
	San José (Pizarras)	0,048	0,035	0,004	0,401	1,730	1,885	0,106	26,413
	Sandia (Cuarцитas)	0,000	0,038	0,000	0,257	0,000	2,065	0,000	16,903
	Ananea (Lutitas)	0,000	0,043	0,000	0,450	0,000	2,342	0,000	29,670
	Cuaternario	0,006	0,271	3,760	0,373	0,211	14,674	99,656	24,571
	<b>TOTAL</b>	<b>2,775</b>	<b>1,847</b>	<b>3,773</b>	<b>1,518</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>PENDIENTE</b>	Pendiente menor a 5°	0,000	0,001	2,852	0,090	0,000	0,032	78,519	5,931
	Pendiente de 5°-10°	0,000	0,020	0,201	0,364	0,000	1,059	5,544	24,001
	Pendiente de 10° a 25°	0,001	0,599	0,531	0,862	0,021	32,418	14,608	56,801
	Pendiente de 25° a 40°	0,235	1,039	0,048	0,201	8,470	56,261	1,329	13,267
	Pendiente de 40° a 50°	1,780	0,187	0,000	0,000	64,158	10,140	0,000	0,000
	Pendiente mayor a 50°	0,759	0,002	0,000	0,000	27,351	0,090	0,000	0,000
	<b>TOTAL</b>	<b>2,775</b>	<b>1,847</b>	<b>3,632</b>	<b>1,518</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Abanicos Proluviales	0,000	0,000	0,713	0,004	0,000	0,002	18,904	0,276
	Colinas denudadas	0,000	0,000	0,024	0,336	0,000	0,000	0,630	22,113
	Cuerpos de agua	0,000	0,000	0,273	0,000	0,000	0,000	7,240	0,000
	Laderas escarpadas	2,716	0,133	0,000		97,885	7,222	0,000	0,000
	Llanura de inundación	0,000	0,000	0,123		0,000	0,000	3,252	0,000
	Llanura no inundable	0,000	0,000	2,589	0,040	0,000	0,000	68,628	2,603
	Montañas paleozoicas	0,048	0,116	0,004	0,962	1,730	6,292	0,106	63,398
	Montañas precámbrico	0,011	1,375	0,004	0,039	0,385	74,458	0,105	2,539
	Planicies erosivas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Valle fluvial	0,000	0,000	0,011	0,044	0,000	0,007	0,286	2,926
	Vertiente de detritos	0,000	0,222	0,032	0,093	0,000	12,020	0,850	6,145
	<b>TOTAL</b>	<b>2,775</b>	<b>1,847</b>	<b>3,773</b>	<b>1,518</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>USO ACTUAL DEL SUELO</b>	Conservación de C.N.	1,617	0,699	0,332	0,011	58,158	37,838	8,795	0,730
	Uso agropecuario del cultivo de coca	0,006	0,301	0,062	0,218	0,200	16,310	1,644	14,361
	Uso agropecuario de cultivos tropicales		0,293	0,257	0,917	0,000	15,849	6,810	60,410
	Uso legal exploración de hidrocarburos	0,000	0,000	0,019	0,332	0,000	0,000	0,491	21,897
	Uso agropecuario de subsistencia andina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Tierras de uso urbano	0,000	0,000	2,712	0,040	0,000	0,000	71,880	2,603
	Cuerpos de agua	0,000	0,000	0,273	0,000	0,000	0,000	7,240	0,000
	Otros usos	1,158	0,554	0,119	0,000	41,642	30,003	3,142	0,000
	<b>TOTAL</b>	<b>2,780</b>	<b>1,847</b>	<b>3,773</b>	<b>1,518</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración a partir de análisis elaborado en hoja de cálculo Excel.

Se procede a realizar la división de los porcentajes de áreas de cada fenómeno geodinámico externo por unidad cartográfica (cuadro 10) sobre el porcentaje en área de las unidades cartográficas (cuadro 9) de los parámetros utilizados.

**Cuadro N° 11: Pesos de Susceptibilidad de las unidades cartográficas a los fenómenos geodinámicos externos**

Unidades Cartográficas		Caídas	Deslizamientos	Flujos	Erosión de laderas
<b>LITOLOGIA</b>	Complejo Metamórfico	1,46	1,17	0	0,03
	San Jose (Pizarras)	0,11	0,11	0	1,57
	Sandia (Cuarцитas)	0	0,55	0	4,54
	Ananea (Lutitas)	0	1,28	0	16,29
	Cuaternario	0,02	1,41	9,59	2,36
<b>PENDIENTE</b>	Pendiente menor a 5°	0	0	17,52	1,32
	Pendiente de 5°-10°	0	0,23	1,53	6,62
	Pendiente de 10° a 25°	0	1,02	0,46	1,79
	Pendiente de 25° a 40°	0,17	1,12	0,02	0,26
	Pendiente de 40° a 50°	6,75	1,06	0	0
	Pendiente mayor a 50°	30,67	0,12	0	0
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Abanicos Proluviales	0	0	25,87	0,37
	Colinas estructurales denudadas	0	0	0,51	18,16
	Cuerpos de agua	0	0	10,80	0
	Laderas escarpadas	11,73	0,86	0	0
	Llanura de inundación fluvial	0	0	26,16	0
	Llanura no inundable	0	0	21,46	0,81
	Montañas metamórficas paleozoicas	0,08	0,29	0	2,93
	Montañas metamórficas precámbricas	0	1,22	0	0,04
	Planicies erosivas pleistocenas	0	0	0	0
	Valle fluvial	0	0	0,11	1,13
	Vertiente de detritos	0	16,61	1,17	8,49
<b>USO ACTUAL DEL SUELO</b>	Conservación de Comunidades Nativas	1,01	0,66	0,15	0,01
	Uso agropecuario con predominio del cultivo de coca	0,02	1,86	0,19	1,63
	Uso agropecuario de cultivos tropicales en valles intermontañosos	0	1,83	0,79	7,00
	Uso legal para exploración y explotación de hidrocarburos	0	0	0,41	18,53
	Uso agropecuario de cultivos de subsistencia alto andina y ganadería	0	0	0	0
	Tierras de uso urbano	0	0	22,06	0,80
	Cuerpos de agua	0	0	11,23	0
	Otros usos	2,10	1,52	0,15	0

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis en hoja de cálculo Excel.

Estos pesos son reclasificados en función de 5 intervalos mediante el método bivariado, buscando la suma mínima de desviación estándar entre los intervalos. La nueva categorización será valorizada de 1 a 5.

**Cuadro N° 12: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del parámetro litológico en la cuenca baja del río Pichari**

<b>SUSCEPTIBILIDAD DE UNIDADES LITOLÓGICAS A LOS FENÓMENOS GEODINÁMICOS EXTERNOS</b>		
<b>VALOR</b>	<b>INTERVALOS</b>	
1	0,00	0,60
2	0,60	2,40
3	2,40	4,60
4	4,60	9,60
5	9,60	16,29

Fuente: Elaboración a partir de datos procesados y analizados – SIG

**Cuadro N° 13: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del parámetro pendiente en la cuenca baja del río Pichari**

<b>SUSCEPTIBILIDAD DE LAS UNIDADES PENDIENTE A LOS FENÓMENOS GEODINÁMICOS EXTERNOS</b>		
<b>VALOR</b>	<b>INTERVALOS</b>	
1	0,00	0,47
2	0,47	1,80
3	1,80	6,80
4	6,80	17,60
5	17,60	30,67

Fuente: Elaboración a partir de datos procesados y analizados – SIG

**Cuadro N° 14: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del parámetro geomorfológico en la cuenca baja del río Pichari**

<b>SUSCEPTIBILIDAD DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS A LOS FENÓMENOS GEODINÁMICOS EXTERNOS</b>		
<b>VALOR</b>	<b>INTERVALOS</b>	
1	0,00	3,00
2	3,00	11,73
3	11,73	18,17
4	18,17	21,47
5	21,47	26,16

Fuente: Elaboración a partir de datos procesados y analizados – SIG

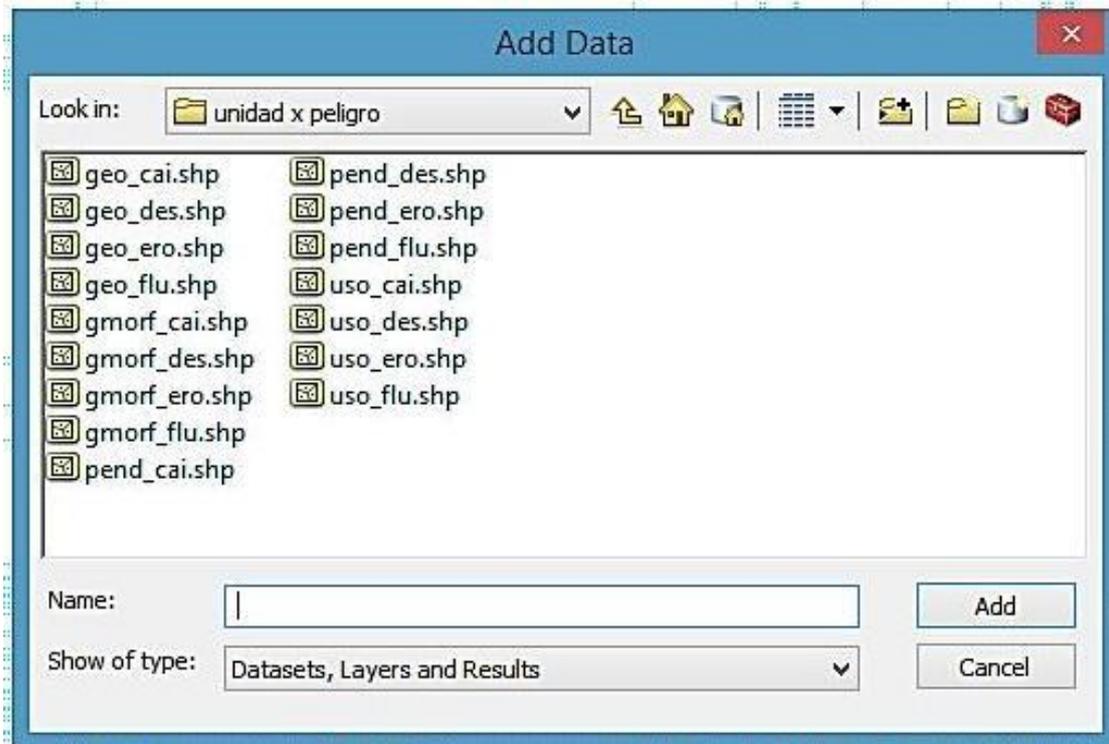
**Cuadro N° 15: Valores de susceptibilidad a los intervalos de reclasificación del parámetro uso del suelo en la cuenca baja del río Pichari**

<b>SUSCEPTIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE USO DEL SUELO A LOS FENÓMENOS GEODINÁMICOS EXTERNOS</b>		
<b>VALOR</b>	<b>INTERVALOS</b>	
1	0,00	0,80
2	0,80	2,11
3	2,11	7,10
4	7,10	11,24
5	11,24	22,05

Fuente: Elaboración a partir de datos procesados y analizados – SIG

La data de los parámetros (geología, geomorfología, pendiente, suelos y uso actual) se exportan y crean nuevos features en el SIG (ArcGIS). En sus tablas de

atributos se procede a ingresar los Pesos de Susceptibilidad de las unidades cartográficas a los fenómenos geodinámicos externos (cuadro N° 09).



Captura. N° 1: Features creados de cada parámetro respecto a cada tipo de fenómeno geodinámico estudiado.

Los features creados deberán ser rasterizados mediante su campo PESO para luego ser reclasificados con los Valores de susceptibilidad según los intervalos de reclasificación de los parámetros (Cuadro N° 10, 11, 12 y 13).

La suma de los Raster de los fenómenos geodinámicos externos que se producen en una determinada unidad cartográfica (litología, pendiente, geomorfología y uso del suelo) nos proporcionara la susceptibilidad de cada parámetro a la a la ocurrencia de fenómenos geodinámicos externos y finalmente la suma de la susceptibilidad de los parámetros nos dará la susceptibilidad total del terreno a los fenómenos geodinámicos externos.

**Cuadro N° 16: Valores de susceptibilidad de los parámetros de los fenómenos geodinámicos externos y reclasificación**

	UNIDADES CARTOGRAFICAS GEOLOGICAS	FENÓMENOS GEODINÁMICOS EXTERNOS				VALOR DE SUSCEPTIBILIDAD DEL PARAMETRO	RECLASIFICACION
		Caídas	Deslizamiento	Flujos	Erosión de laderas		
LITOLOGÍA	Complejo Metamórfico	2	2	1	1	6	Baja (2)
	San José (Pizarras)	1	1	1	2	5	Baja (2)
	Sandia (Cuarцитas)	1	1	1	3	6	Baja (2)
	Ananea (Lutitas)	1	2	1	5	9	Muy Alta (5)
	Cuaternario	1	2	4	2	9	Muy Alta (5)
PENDIENTE	Pendiente menor a 5°	1	1	4	2	8	Alta (4)
	Pendiente de 5°-10°	1	1	2	3	7	Media (3)
	Pendiente de 10° a 25°	1	2	1	2	6	Baja (2)
	Pendiente de 25° a 40°	1	2	1	1	5	Baja (2)
	Pendiente de 40° a 50°	3	2	1	1	7	Media (3)
	Pendiente mayor a 50°	5	1	1	1	8	Alta (4)
GEOMORFOLOGÍA	Abanicos Proluviales	1	1	5	1	8	Alta (4)
	Colinas denudadas	1	1	1	3	6	Baja (2)
	Cuerpos de agua	1	1	2	1	5	Baja (2)
	Laderas escarpadas	2	1	1	1	5	Baja (2)
	Llanura de inundación	1	1	5	1	8	Alta (4)
	Llanura no inundable	1	1	4	1	7	Media (3)
	Montañas paleozoicas	1	1	1	1	4	Muy Baja (1)
	Montañas precámbricas	1	1	1	1	4	Muy Baja (1)
	Planicies erosivas	1	1	1	1	4	Muy Baja (1)
	Valle fluvial	1	1	1	1	4	Muy Baja (1)
	Vertiente de detritos	1	3	1	2	7	Media (3)
USO DEL SUELO	Conservación de C.N.	2	1	1	1	5	Baja (2)
	Uso de cultivo de coca	1	2	1	2	6	Baja (2)
	Uso cultivos tropicales	1	2	1	3	7	Media (3)
	Uso legal exploración de hidrocarburos	1	1	1	5	8	Alta (4)
	Uso cultivos alto andinos	1	1	1	1	4	Muy Baja (1)
	Tierras de uso urbano	1	1	5	1	8	Alta (4)
	Cuerpos de agua	1	1	4	0	6	Baja (2)
	Otros usos	2	2	1	1	6	Baja (2)

Fuente. Elaboración propia

Se procede a reclasificar la susceptibilidad de la cuenca a cada fenómeno de remoción en masa. La reclasificación se hace con 5 intervalos donde 1 es

Susceptibilidad Muy baja, 2 Baja, 3 Moderada, 4 Alta y 5 Muy Alta. Se tiene como resultado: suscep\_georec, suscep\_gmorfrec, suscep\_pendrec y suscep\_usorec.

Como penúltimo paso se suman todos los Raster reclasificados de la susceptibilidad mediante la herramienta Raster Calculator: suscep\_georec + suscep\_gmorfrec + suscep\_pendrec + suscep\_usorec = sus\_total

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 FENÓMENOS GEODINAMICOS EXTERNOS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO PICHARI.

## **5.4.2 CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD**

El Mapa de Susceptibilidad a Fenómenos Geodinámicos Externos de la Cuenca baja del río Pichari está dividido en 5 categorías.

### **MUY BAJA SUSCEPTIBILIDAD**

Esta categoría esta denominada con el valor “1”, presenta una topografía relativamente agreste con una pendiente que puede alcanzar hasta los 40°. Está formado por rocas del complejo metamórfico de granulitas que se caracterizan por su dureza. Geomorfológicamente pertenece a las montañas metamórficas precámbricas y paleozoicas. Los fenómenos geodinámicos externos se desarrollan en menor medida debido a que la vegetación que la cubre, evita que las rocas se meteoricen, sin embargo no significa que no se puedan producir debido a la acción erosiva de las aguas de escorrentía.

### **BAJA SUSCEPTIBILIDAD**

Estas áreas presentan una topografía moderada a agreste, con pendientes que varían entre 15° a 50°, el substrato está constituido por una intercalación de pizarras y lutitas en la zona central de la cuenca. Geomorfológicamente se encuentra en parte de las montañas metamórficas paleozoicas y precámbricas.

En la vía camino a la comunidad de Nueva Esperanza se tiene baja susceptibilidad, a pesar de esto se pueden producir fenómenos geodinámicos como

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

### **SUSCEPTIBILIDAD MEDIA**

La susceptibilidad media se presenta en la parte baja de la cuenca en las laderas de las colinas con pendiente bajas hasta los 15°. 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 precipitaciones excepcionales podrían producir deslizamientos. El uso del suelo para el cultivo de coca influye en la susceptibilidad del terreno a los fenómenos geodinámicos. En las laderas escarpadas de pendientes elevadas también se tiene susceptibilidad media, aquí se producen sobre todo la caída de rocas debido a las fracturas existentes debido al intemperismo de sus rocas.

El valle de la cuenca tiene susceptibilidad media debido a la erosión del río Pichari el cual remueve material en todo su curso, por aquí también se trasladan los flujos de detritos (huaycos) que son relativamente frecuentes en la zona.

### **SUSCEPTIBILIDAD ALTA**

Comprenden áreas con pendientes de 5 a 25°, se encuentran ocupando las laderas de las colinas desnudas, litológicamente compuesta por lutitas (arcillas) y se practica la agricultura. Los abanicos proluviales que están formados por depósitos de flujos de detritos tienen susceptibilidad alta ya que en épocas de precipitaciones constantemente se genera este fenómeno.

También existe en la zona susceptibilidad a la caída de rocas y deslizamientos.

### **SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA**

Se encuentra en menor porcentaje respecto al área de estudio. La pendiente de esta susceptibilidad es menor a 10°, se encuentran ocupando el valle principal, el cual fue formado por depósitos sucesivos de flujos de detritos. Esta zona es susceptible a fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones.

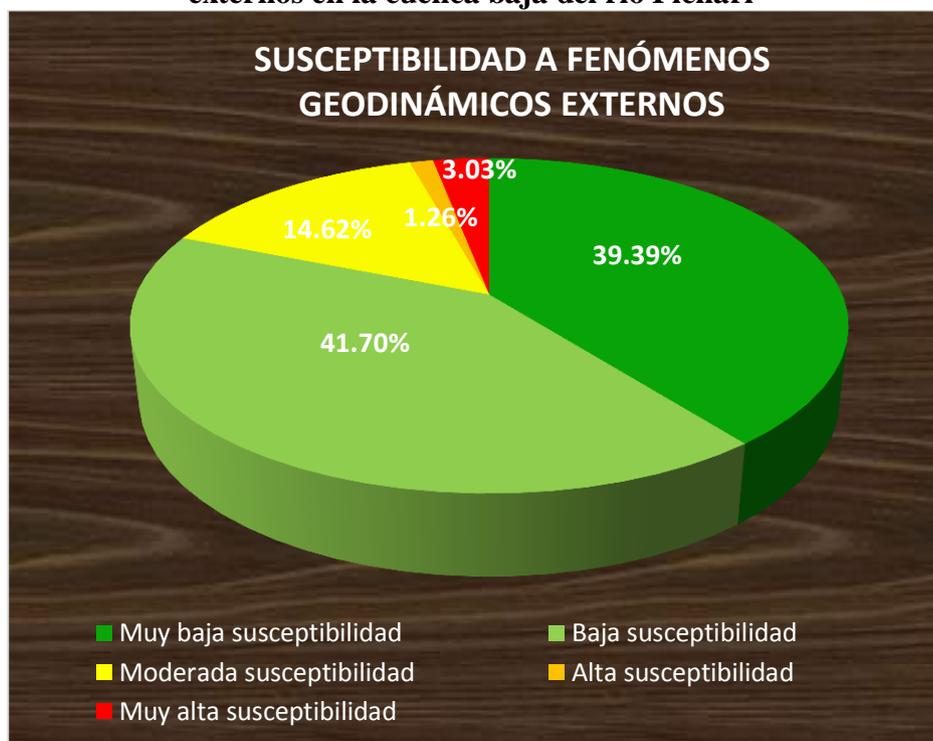
En la cuenca baja del río Pichari, la susceptibilidad baja tiene el mayor porcentaje con 41.70%, le sigue la susceptibilidad muy baja con 39.39%, en tercer lugar la susceptibilidad media con 14.62%. En menor porcentaje se tiene la susceptibilidad muy alta (3.03%), y susceptibilidad alta con 1.26%.

**Cuadro N° 17: Susceptibilidad a los fenómenos geodinámicos externos en la cuenca baja del río Pichari**

VALOR	SUSCEPTIBILIDAD	AREA km <sup>2</sup>	%
1	Muy baja susceptibilidad	41,23	39,39
2	Baja susceptibilidad	43,65	41,70
3	Mediana susceptibilidad	15,30	14,62
4	Alta susceptibilidad	1,32	1,26
5	Muy alta susceptibilidad	3,17	3,03
<b>TOTAL</b>		<b>104,68</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 13: Porcentaje Susceptibilidad a los fenómenos geodinámicos externos en la cuenca baja del río Pichari**



Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari se originan por parámetros condicionantes litológicos, geomorfológicos, pendiente y son desencadenados por las intensas precipitaciones características en la selva del Perú.

Para el desarrollo de la zonificación de peligros geodinámicos existen diversos métodos cualitativos y cuantitativos. Las tesis de maestrías de Valenzuela (2003), Vílchez (2008) y estudios realizados por CENEPRED – PERU utilizan una combinación de ambos métodos; a cada cualidad o característica se le denominara mediante un valor.

Esta investigación, al igual que la tesis de maestría de Vílchez (2008), Evaluación de la susceptibilidad a los movimientos en masa en las áreas de Chachapoyas y Luya (Amazonas – Perú); se desarrolló mediante el método bivariante que utiliza la densidad de los peligros geodinámicos presentes en cada unidad cartográfica del terreno. Esta densidad de peligros geodinámicos puede estar representado por el porcentaje del área que ocupa cada peligro geodinámico.

Vílchez hace hincapié en sus resultados, teniendo en cuenta que al utilizar el método bivariante esperaba obtener un mapa donde la zona con mayor número de movimientos de remoción en masa coincida con las zonas de alta susceptibilidad; sin embargo el mapa de susceptibilidad obtenido con el método bivariante para las comunidades de Chachapoyas y Luya, presenta una coincidencia del 80 %, entre el inventario de FRM y las zonas de alta y muy alta susceptibilidad, puesto que existen movimientos en masa, aunque en menor proporción, en zonas de media y baja susceptibilidad. Esta coincidencia parcial puede deberse a la combinación de mapas de susceptibilidad obtenidos para cada FRM, ya que una determinada área puede ser muy susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, aquí tiene un peso alto y por otro lado es poco susceptible a la ocurrencia de flujos, en este caso su peso en bajo; al ser sumados estas capas se produce un efecto de reducción del grado de susceptibilidad. En nuestro caso, en la cuenca baja del río Pichari; se obtiene alta susceptibilidad a

FRM en la parte baja de la cuenca, lo que es debido a los flujos de detritos que se han producido durante el cuaternario.

La escala de trabajo en ambos estudios fue de 1:25 000. Se consideraron como parámetros importantes para la evaluación y zonificación de la susceptibilidad a los FRM (caídas, deslizamientos, movimientos complejos, flujos, reptación de suelos y erosión en masas) en las áreas de Chachapoyas y Luya y (caídas de rocas, flujo de detritos, deslizamientos, y erosión de laderas) en la Cuenca baja del río Pichari.

Geomorfológicamente se han diferenciado geoformas fluvioaluviales, denudacionales y estructurales. De acuerdo a las características topográficas, Chachapoyas y Luya ha sido dividida en siete rangos de pendientes, las pendientes menores a 10° se consideran susceptibles a la ocurrencia de procesos de reptación de suelos y flujos de detritos, los cuales pueden depositar los materiales que transportan en estas zonas de baja pendiente. Pendientes entre los 10° y 35° se consideran muy susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa, pendientes entre 35° y 45° grados se consideran susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa siempre y cuando se presente suelo o el substrato rocoso este fracturado. Pendientes por encima de los 45° son susceptibles a la ocurrencia de caídas de rocas y derrumbes desde substratos rocosos fracturados; En la cuenca baja del río Pichari predominan las pendientes moderadas 52,17 km<sup>2</sup> (49,84%) en la cabecera de la cuenca en el valle, las pendientes medianas abarcan 33,13 km<sup>2</sup> (31,65%) predominando en las montañas paleozoicas, las pendientes bajas cubren una superficie 3,79 km<sup>2</sup> (3,62%) predominando en las colinas, las pendientes muy bajas predominan en el valle con 4,69 km<sup>2</sup> (4,48%), por lo contrario las pendientes altas cubren un área de 9,95 km<sup>2</sup> (9,51%) y muy altas con 0,93 km<sup>2</sup> (0,89%) predominan en las montañas precámbricas. Los fenómenos geodinámicos externos de remoción de masas se dan en pendientes superiores a 25°.

Las formaciones geológicas en Chachapoyas y Luya han sido agrupadas en unidades y sub-unidades litológicas, según similitud o diferencia de los tipos de rocas que las conforman, las unidades diferenciadas son, unidad I: depósitos inconsolidados (I1: depósitos aluviales, I2: coluviales, I3: coluvio-deluviales, I4: proluvio-aluviales, I5: proluviales y I6: conglomerados y areniscas); unidad V: rocas

sedimentarias (con sus sub-unidades V1: caliza, pocas arcillas y limoarcillitas, V2: calizas, margas y limoarcillitas, V3: areniscas, limoarcillitas y limolitas, V4: lodolitas, limolitas y areniscas, V5: conglomerados, V6: calizas y limoarcillitas, V7: calizas y V8: Areniscas, lodolitas y conglomerados) y por último la unidad VI: rocas metamórficas. ; De acuerdo con la litología observada en la cuenca baja del río Pichari, la zona de estudio está conformada por rocas del complejo metamórfico Pichari – Cielo Punku (granulitas) 70,48 km<sup>2</sup>, Grupo San José (pizarras y lutitas) 17,52 km<sup>2</sup>, Formación Sandia (cuarcitas) 3,9 km<sup>2</sup>, Formación Ananea (lutitas) 1,91 km<sup>2</sup> y depósitos cuaternarios 10,8785752 km<sup>2</sup>.

Del análisis realizado para Chachapoyas y Luya se obtuvo que el 1,42 % del área de la zona estudiada por Vílchez (2008) presenta muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa, 6,61 % alta susceptibilidad, 9,23 % moderada susceptibilidad, 53,99 % baja susceptibilidad y el 28,74 % muy baja susceptibilidad. En la cuenca baja del río Pichari se elaboró el mapa de zonificación de la susceptibilidad a la ocurrencia de distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari se han determinado 5 grados de susceptibilidad o zonas donde se tiene la probabilidad de que ocurra un peligro geodinámico. 3,18 km<sup>2</sup> del área de la cuenca tiene Muy alta susceptibilidad, 1,32 km<sup>2</sup> Alta susceptibilidad; 15,30 km<sup>2</sup> Mediana susceptibilidad; 43,64 km<sup>2</sup> Baja susceptibilidad; 41,23 km<sup>2</sup> Muy baja susceptibilidad.

El análisis de susceptibilidad de ambos estudios concuerda en que el principal factor intrínseco que influye en la susceptibilidad de los terrenos es la Litología, y dentro de estos los considerados como materiales superficiales poco o nada consolidados y blandos, son los más susceptibles.

En conclusión en toda la selva peruana así como en los lugares con abundantes precipitaciones (precipitaciones) se desarrollaran peligros geodinámicos (Caída de rocas, Flujo de detritos, Deslizamientos, etc). Litológicamente los lugares con presencia de rocas de pizarras deleznable del grupo San José son condicionantes para la ocurrencia de estos peligros. Geomorfológicamente las zonas con laderas escarpadas y con alta pendiente son condicionantes para la ocurrencia de caída de rocas.

## **6.1 IDENTIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE GEODINÁMICA EXTERNA**

Después de realizar y evaluar el Mapa de Inventario de Fenómenos Geodinámicos Externos y de Susceptibilidad a los Fenómenos Geodinámicos Externos en la Cuenca baja del río Pichari, se procede a realizar el análisis de las “Zonas Peligrosas” las que cuentan con características geomorfológicas, geológicas, pendiente y de uso del suelo, que ante precipitaciones intensas (precipitaciones extraordinarias) propician la ocurrencia de fenómenos geodinámicos externos causando daños en las comunidades, vías de comunicación, infraestructura y campos agrícolas.

Las zonas peligrosas 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: Áreas afectadas por caída de rocas, Áreas afectadas por deslizamientos, Áreas afectadas por erosión de laderas y flujos de detritos (huaycos). Además se han tomado en cuenta zonas peligrosas frente a Fenómenos Hidrometeorológicos: Áreas afectadas por Inundaciones y erosión fluvial.

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

En las laderas escarpadas, 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 que visitan las cataratas de la zona. En la ladera de las carreteras también se producen caídas de rocas lo que se puede manejar con la construcción de muros.

**Cuadro N° 18: Áreas afectadas por caída de rocas en la cuenca baja del río Pichari**

<b>CAIDA DE ROCAS</b>					
<b>COORDENADAS UTM</b>			<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DAÑOS OCASIONADOS</b>	<b>MEDIDAS A TOMAR</b>
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>AREA km<sup>2</sup></b>			
637533,28745	8620950,11080	4.9	Las caídas de rocas se dan en la parte alta de la cuenca, formada por afloramiento rocoso de granulitas, las que se encuentran meteorizadas y principalmente fracturadas en las laderas escarpadas. Estas rocas son arrancadas en pendientes mayores a 40o, la mayoría se encuentran en las laderas escarpadas de las quebradas a, 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 daños a las habitantes que se encuentran en alrededores de la zona.	Desquinchar los bloque 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 produzca accidentes.
638381,83855	8621256,23294	3.6			
636671,20959	8621441,22850	4.1			
637318,88496	8621932,53379	1.0			
637603,99828	8621873,79892	0.9			
637475,04780	8622286,17862	1.8			
636539,55424	8622206,89008	2.0			
636377,46838	8621911,27959	3.8			
637706,15735	8621541,94570	0.8			
636219,32771	8620871,77473	19.5			
635165,92791	8620754,92031	2.9			
634950,62472	8621458,94365	2.0			
632970,71668	8620516,91541	1.7			
632139,97440	8622007,08584	2.2			
630289,06479	8622260,57488	4.7			
629535,44092	8623481,68488	6.9			
629991,56412	8623450,78350	0.7			
630500,82066	8623452,67181	2.2			
631123,34997	8623365,28667	1.9			
631819,57566	8624034,15085	2.4			
632664,22412	8625170,29437	2.1			
632393,28944	8625358,75876	2.1			
633471,20949	8625153,21181	2.6			
632879,43176	8625101,16805	0.3			
633328,47678	8625376,92005	7.9			
635574,84431	8624550,25502	6.9			
635306,72654	8624388,17871	0.6			
635470,02351	8624117,61381	1.0			
635805,09405	8624399,62311	2.8			
636311,44755	8624545,41758	2.3			
636527,70516	8624401,77903	1.4			
636473,25879	8624769,73049	2.2			
634573,63557	8623484,95973	19.1			
635061,66439	8623842,18490	9.2			
635383,64357	8623574,70701	1.5			
636958,17022	8624169,77965	1.4			
636387,05405	8624056,14473	1.0			
633931,43432	8623265,29210	1.4			
633595,40099	8623042,80100	0.9			
633812,55685	8622998,29606	0.7			
630649,21526	8621606,42088	3.3			
630502,48817	8621924,78378	1.9			
633036,58167	8622514,06026	9.0			
632687,29759	8620706,53114	7.4			
633486,44961	8621158,76825	8.9			
634057,19856	8620765,49958	10.5			
636396,15275	8618608,47128	16.6			
638236,57233	8618931,84333	29.4			
638825,98992	8617652,00630	30.5			
637032,38002	8621723,57757	14.4			
635930,76433	8623756,22850	8.3			

Fuente: Elaboración a partir de datos Tomados en campo

Para disminuir el daño que pueden causar los flujos 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 N° 19: Áreas afectadas por flujos de detritos en la cuenca baja del río Pichari**

FLUJO DE DETRITOS					
COORDENADAS UTM		Área km <sup>2</sup>	DESCRIPCIÓN	DAÑOS OCASIONADOS	MEDIDAS A TOMAR
X	Y				
627275.3706	8615604.8689	3.0	Estos flujos se originan en las quebradas de la cuenca y se alimentan de los materiales sueltos que encuentran en su cauce así como deslizamientos, derrumbes que se dan en las paredes de las quebradas. El flujo forma un abanico proluvial tipo cono en la parte baja de la quebrada en donde deposita bloques irregulares.	En épocas de verano y durante el fenómeno de El Niño se producen fuertes precipitaciones en la cuenca lo que produce la generación de flujos de detritos que afectan la infraestructura de viviendas, centros educativos, vías y campos agrícolas provocando pérdidas económicas.	Se recomienda limpiar el cauce de las quebradas, realizar planes de evacuación ante el desastre en las comunidades de la cuenca, realizar estudios de estabilidad de taludes y suelo.
628971.7588	8618744.1702	7.5			
629277.2093	8619228.8636	2.0			
629227.7084	8619742.5610	1.5			
629580.5930	8619905.8540	3.0			
630324.1485	8620597.1920	1.7			
630568.5371	8620147.1271	6.6			
632418.6897	8620476.1587	5.2			
633026.5620	8620333.9053	3.6			
634340.2512	8620359.0428	9.7			
635187.4777	8620379.0940	2.8			
635987.5483	8620133.3529	5.8			
635744.0250	8620256.8833	0.3			
636903.2230	8620538.2041	10.9			
636984.2418	8620783.9462	0.6			
636489.1422	8620863.7990	0.1			
637968.9526	8620800.2376	0.4			
631822.8632	8621775.2539	2.0			
631838.7539	8622138.7193	1.2			
633468.4876	8622054.5002	1.2			
631930.7149	8622888.5751	1.3			
631111.7170	8620449.8382	6.4			
630353.7690	8620296.1477	3.2			

Fuente: Elaboración a partir de datos Tomados en campo

La erosión de laderas producida en la cuenca baja del río Pichari, es generada por la agricultura de la zona, ya que no cuenta con infraestructura de riego 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 precipitaciones 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.

# CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 7.1 CONCLUSIONES

- 1) Mediante el inventario de distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari, se ha identificado y zonificado la distribución de 4 peligros originados por diferentes tipos de remoción en masa, en áreas dispersas dentro del límite del ámbito en el que se realizó esta evaluación.
- 2) Gracias a la metodología empleada se identificaron y zonificaron diferentes fenómenos de geodinámica, externa estos son: Caídas de rocas 2,7 km<sup>2</sup>, Flujos de detritos 3,8 km<sup>2</sup>, Deslizamiento 1,8 km<sup>2</sup> y Erosión de laderas 1,5 km<sup>2</sup>.

Las caídas de rocas se localizan principalmente en laderas escarpadas del complejo metamórfico de granulitas debido al intemperismo (meteorización) y altas pendientes en la quebrada. Los deslizamientos se presentan en el Grupo San José formado por pizarras y lutitas deleznales, aquí la susceptibilidad es media 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.

La erosión de laderas se localiza principalmente en rocas sedimentarias, de pendientes altas a bajas. Teniendo en cuenta que en la cuenca llueve durante todo el año, el agua que precipita discurre sobre la superficie acarreado agua y materiales a la parte baja de la cuenca.

Los flujos de detritos, ocurren principalmente durante épocas de verano donde las precipitaciones se hacen intensas. Acarrear el material que encuentra a su paso para depositarse en la parte baja de las quebradas formando abanicos proluviales.

De acuerdo con la litología observada en campo, la zona de estudio está conformada por rocas del complejo metamórfico Pichari – Cielo Punku (granulitas) 70,47 km<sup>2</sup>, Grupo San José (pizarras y lutitas) 17,51 km<sup>2</sup>, Formación

Sandia (cuarcitas) 3,90 km<sup>2</sup>, Formación Ananea (lutitas) 1,90 km<sup>2</sup> y depósitos cuaternarios 10,88 km<sup>2</sup>.

- 3) Se ha elaborado el mapa de zonificación de la susceptibilidad a la ocurrencia de distribución de zonas de geodinámica externa en la cuenca baja del río Pichari. 3,17 km<sup>2</sup> del área de la cuenca tiene Muy alta susceptibilidad, 1,33 km<sup>2</sup> Alta susceptibilidad; 15,30 km<sup>2</sup> Mediana susceptibilidad; 43,64 km<sup>2</sup> Baja susceptibilidad; 41,23 km<sup>2</sup> Muy baja susceptibilidad. Se disponen de 60,08 km<sup>2</sup> destinadas a la Conservación de Comunidades Nativas; 9,19 km<sup>2</sup> al Uso agropecuario con predominio del cultivo de coca; 9,03 km<sup>2</sup> Uso agropecuario de cultivos tropicales en valles intermontañosos; 1,24 km<sup>2</sup> Uso legal para exploración y explotación de hidrocarburos; 0,35 km<sup>2</sup> Uso agropecuario de cultivos de subsistencia alto andina y ganadería; 3,41 km<sup>2</sup> Tierras de uso urbano. Los sismos y las precipitaciones excepcionales en la zona pueden ser detonantes para que ocurran fenómenos geodinámicos externos.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- 1) Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Pichari, a través de su Secretaría Técnica de Defensa Civil, implementar programas de monitoreo y evaluación, en cumplimiento a las normas de Defensa Civil, como medida de prevención ante la ocurrencia de cualquier tipo de fenómeno geodinámico.
- 2) Adoptar medidas correctivas y de prevención, en las zonas evaluadas como peligrosas tales como: Reforestación con árboles, plantación de especies vegetales en las laderas, construcción de muros de contención, estabilización de bloques rocosos, enmallados y canalización de aguas de escurrimiento.
- 3) Considerar, el Mapa de Zonificación de la Susceptibilidad a los fenómenos geodinámicos externos en la Cuenca baja del río, distrito de Pichari, 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.

- 4) 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.
- 5) Habilitar infraestructura de sistemas de drenajes, ya que el área en estudio presenta precipitaciones inusuales, además se observa una deficiencia en las instalaciones de su entorno.
- 6) Realizar estudios Hidráulico-hidrológico y de suelos, para determinar los parámetros de diseño de las estructuras de cimentación a considerar en la zona.
- 7) Desarrollar entrenamientos a los vecinos para que identifiquen las señales que puedan servir de alarma indicadora cuando un fenómeno geodinámico está por producirse, de tal manera que pueda realizarse la evacuación con los vecinos líderes. Efectuar simulacros preventivos con la participación de las autoridades y la población.
- 8) Reforestar con especies vegetales, debido a que es importante para tratar taludes por que incrementa la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y su tasa de infiltración, produciéndose una reducción del volumen y velocidad de la escorrentía reduciendo la intensidad de los procesos erosivos, además aumenta la resistencia y la estabilidad del suelo en el que se desarrolla y protege la superficie ante la acción antrópica del hombre cuando transita por las laderas con sus animales.

## BIBLIOGRAFIA

- 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.
- DINAPRE – UEER, Instituto Nacional de Defensa Civil; “*Manual Básico para la Estimación de Riesgo*”, Lima, 2006
- 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. N° 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 N° 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 valle del río 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.*
- 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° 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.
- RILDO RODRÍGUEZ; VÍCTOR CARLOTTO Y JOSÉ CÁRDENA, “Los Depósitos Cenozoicos de San Miguel-Ongoy. Borde Occidental de la Cordillera Oriental (Región de Ayacucho): Implicancias Geodinámicas, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 2010.
- 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”. n° 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*